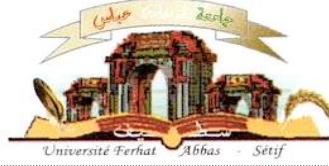


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N°...../SNV/2017

THÈSE

Présentée par

HANNACHI Abdelhakim

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Filière : **AGRONOMIE**

Spécialité : **AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE.**

THÈME

Les politiques publiques du recyclage des eaux usées traitées en agriculture périurbaine : Enquête auprès des acteurs de la filière à Batna (Algérie).

Soutenue publiquement le : **08/01/2018**

DEVANT LE JURY

Président	FENNI Mohammed	Pr. UFA Sétif 1
Directeur	Gharzouli Rachid	Pr. UFA Sétif 1
Co-directeur	DJELLOULI Tabet Yamna	Pr. Univ. du Maine (France)
Examineurs	MEBARKIA Amar	MCA. UFA Sétif 1
	TANDJIR Larbi	Pr. Univ. 20 Août 1955- Skikda
	HEDDAM Salim	MCA. Univ. 20 Août 1955- Skikda
Invité	ELAMAMI Hacib	HDR. INRGREF (Tunisie)

Laboratoire Projets urbain, ville et territoire.

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

(قل اعملوا فسيري الله عملكم ورسوله والمؤمنون)

صدق الله العظيم

إلهي لا يطيب لي الليل إلا بشكرك ولا يطيب لي النهار إلا بطاعتك .. ولا تطيب لي اللحظات إلا بشكرك .. ولا تطيب لي الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب لي الجنة إلا برويتك
"الله جل جلاله"

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبي الرحمة ونور العالمين
"سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم"

إلى أحبتي في الحياة .. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان و التفاني .. إلى
بسمة الحياة وسر الوجود

إلى من كان دماغهم سر نجاحي وحنانهم بلسم جراحي إلى أغلى الحبايب
أمي - والدي - زوجتي

إلى روح المرحوم : بوجنوية عبد الملك، أستاذي و قدوتي

إلى الإخوة و الأخوات

إلى الأصدقاء

إلى أرض الجزائر

Avant-propos

Je profite de cette occasion pour rendre hommage à la mémoire de professeur : **Dr. Boujenouia Abdelmalek**. Ce n'est pas seulement son apport scientifique qui nous manquera infiniment, mais aussi sa générosité, son amour de l'existence, de l'échange et du partage.

Le thème de ce travail a été proposé par le regretté : **Dr. Boujenouia Abdelmalek** en 2010 avec Monsieur **Gharzouli Rachid** de l'Université de Sétif 1. Ce travail aborde des thèmes relatifs à la réutilisation des eaux usées, l'agriculture et l'environnement qui constituent des axes majeurs du développement durable.

Cette thèse a été possible grâce aux stages réalisés au sein du Laboratoire ESO-Université du Maine (Le Mans- France) avec M^{me} **Djellouli Tabet Yamna**, Professeurs des universités (Chef de projet N° 12 MDU 867 (2012) n° 26999RJ).

Je dis avant tout merci au dieu le tout puissant qui m'a donné la vie et m'a aidé à réaliser ce travail. Mes remerciements les plus profonds au Professeurs : monsieur **Gharzouli Rachid** (mon Promoteur) et M^{me} **Djellouli Tabet Yamna** (ma Co-promotrice) pour leur disponibilité et soutien tout au long de la réalisation de ce travail. Je tiens à remercier vivement Pr. **FENNI Mohammed** pour avoir accepté de présider mon jury. Je tiens à remercier aussi vivement Dr. **MEBARKIA Amar**, Pr. **TANDJIR Larbi**, Dr. **HEDDAM Salim** et Dr. **ELAMAMI Hacib** pour avoir examinés et évalués ce travail.

Je remercie beaucoup les personnes qui n'ont toujours cessé de tout me donner tous: **ma mère Luisa, mon père Rachid et ma femme Nihad**. Je remercie aussi mes frères et sœurs et ma petite famille. Ainsi que mes amis qui m'ont m'aidé lors de la réalisation de ce travail surtout: Omar. Enfin je remercie tous les personnes que je connais.

ملخص

يتم جمع مياه الصرف الصحي في مدينة باتنة عبر وادي القرزي El Gourzi . حيث ينتشر بدوره على الأراضي الزراعية المحيطة بالمدينة، أين تستغل مياهها من قبل المزارعين كمياه للري.

تستند الدراسة على إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، على تحقيق مع المزارعين الذين يملكون هذه الأراضي الزراعية. وتؤكد البيانات على فهم أسباب استخدامها من قبل المزارعين. أيضا، يمكن أن يكون هذا المورد عنصرا هاما في استراتيجية إدارة الطلب على مياه الري. ولا سيما في المناطق حيث المناخ الجاف أو شبه الجاف. إمكانيات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة كبيرة، كما هو الحال في منطقة باتنة.

ومع ذلك، ربط هذه العملية مع الممارسات الزراعية الجيدة، ومعالجة مياه الصرف الصحي في المنبع والمصب من مدينة باتنة (محطة معالجة مياه الصرف الصحي) وخطط التأمين لنوعية مياه الصرف الصحي. هذا يمكنه تحسين الإنتاجية الزراعية وتخفيف القيود المفروضة على الموارد المائية التقليدية.

في هذا السياق، فإن وجود معايير محددة لتصريف مياه الصرف الصحي في الزراعة (المرسوم التنفيذي رقم 93-160 من 10 يوليو 1993 والمرسوم التنفيذي رقم 06-141 في 19 نيسان 2006)، وإنشاء لوائح تحديد طريقة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي مع قائمة المحاصيل وشروط الري من مياه الصرف الصحي المعالجة (المرسوم التنفيذي رقم 07-149 الصادر في 20 مايو 2007، والقرار الوزاري من 2 يناير 2012)، هي شرط مسبق لتعزيز مشاريع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة.

صناع القرار، سواء العام أو الخاص، يجب في هذه الحالة تشجيع وتطوير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي ولكن يجب أن تضمن، في موازاة ذلك، الامتثال للمعايير التشغيل والأنظمة المحددة المعمول بها.

لهذا الغرض، إنهم يواجهون الحاجة لإعادة استخدام وحدات التخزين التي في تزايد مستمر لتلبية المطالب المتزايدة. للقيام بذلك، ينبغي النظر في الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي المعالجة الآن كنموذج للشراكة بين القطاعين العام / الخاص وأفضل نهج لتطوير وإدارة فعالة، عقلانية ومستدامة لمياه الصرف الصحي.

ينبغي للسياسات العامة إجراء قياسات أكثر موثوقية في ما يتعلق بمعالجة مياه الصرف الصحي، بما في ذلك من خلال وضع خطة عمل لإزالة المواد السامة من في وادي القرزي التي تتطلب فصل التصريفات الصناعية عن الحضرية في مع الأخذ بعين الاعتبار أن مياه الصرف الصحي المعالجة المتدفقة على طول وادي القرزي El Gourzi تستخدم لري المحاصيل في ضواحي مدينة باتنة.

كلمات البحث: الزراعة، باتنة، مياه الصرف الصحي المعالجة، الري، السياسة العامة.

Résumé

Les eaux usées sont collectées dans la ville de Batna à travers Oued El Gourzi. Il se disperse sur des terres agricoles en aval de la ville, dans la mesure où ses eaux usées sont exploitées par les agriculteurs comme eau d'irrigation.

L'étude de cette réutilisation des eaux usées se fonde sur une enquête auprès des agriculteurs propriétaires de ces parcelles agricoles. Les données recueillies le confirment et permettent de comprendre les raisons de cette utilisation par les agriculteurs. Aussi, cette ressource peut constituer un élément important dans la stratégie de gestion de la demande en eau d'irrigation. En particulier dans les zones où le climat est aride ou semi-aride. Les possibilités de réutilisation des eaux usées en agriculture ne sont pas négligeables, comme c'est le cas dans la région de Batna.

Toutefois, cette exploitation est à associer à de bonnes pratiques agricoles, des traitements des eaux usées en amont et en aval de la ville de Batna (Stations d'épuration) et de plans d'assurance de la qualité des eaux usées. Ceci pourrait améliorer la productivité agricole et alléger les contraintes sur les ressources en eau conventionnelles.

Dans cette optique, la présence de normes des rejets spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) et la constitution de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées avec la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par ces eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012), sont un préalable indispensable à une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole.

Les décideurs, tant du domaine public ou du domaine privé, doivent dans ce cas encourager et développer cette réutilisation mais doivent veiller, en parallèle, au respect des normes d'exploitation et de la réglementation spécifique établies.

À cet effet, ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des volumes en augmentation constante afin de répondre à des demandes toujours plus grandes. Pour ce faire, la gestion intégrée des eaux usées épurées doit être considérée désormais comme un modèle de partenariat public/privé et comme la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace, rationnelle et durable des eaux usées épurées.

Les politiques publiques doivent prendre des mesures plus fiables au regard du traitement des eaux usées, notamment à travers le développement un plan d'actions pour éliminer les substances toxiques de l'Oued El Gourzi en exigeant une séparation des rejets industriels des rejets urbains, en tenant compte du fait que ces eaux épurées s'écoulant le long d'Oued El Gourzi sont utilisées pour l'irrigation des cultures dans la périphérie de la ville de Batna.

Mots clés : Agriculture, Batna, Eaux usées traitées, Irrigation, Politiques publiques.

Abstract

Wastewater is collected in the town of Batna through Wadi El Gourzi, it spreads to agricultural parcels downstream of the city Batna, insofar as its wastewaters are exploited by farmers as irrigation water.

The study of this reuse of wastewater is based on a survey of the farmers who own these agricultural parcels. The data gathered confirm this and provide an understanding of the reasons for this use by farmers. Also, this resource can be an important element in the management strategy of irrigation water demand. Especially in areas where the climate is arid or semi-arid. The possibilities for reuse of wastewater in agriculture are not negligible, as is the case in the Batna region.

However, this operation is to be combined with good agricultural practices, wastewater treatment upstream and downstream of the town of Batna (wastewater treatment plants) and wastewater quality assurance schemes. This could improve agricultural productivity and alleviate constraints on conventional water resources.

To this end, the presence of specific disuse standards for the reuse of wastewater in agriculture (Executive Decree No. 93-160 of 10 July 1993 and Executive Decree No. 06-141 of 19 April 2006) and the constitution of statutory instruments Fixing the method of re-use of waste water with the list of crops and the conditions of their irrigation by these purified waste water (Executive Decree n° 07-149 of 20 May 2007 and the interministerial decree of 2 January 2012) To the promotion of treated waste water reuse projects in the agricultural sector.

In this case, decision-makers, whether in the public domain or in the private domain, must encourage and develop this reuse, but must also ensure compliance with operating standards and specific regulations.

To this end, they are confronted with the need to exploit increasing volumes in order to meet ever-increasing demands. To this end, integrated wastewater management should be seen as a public / private partnership model and as the best approach for the efficient, sustainable and efficient management and management of treated wastewater.

Public policies must take more reliable measures with regard to wastewater treatment, in particular through the development of an action plan to eliminate toxic substances from the El wadi El Gourzi by requiring the separation of industrial discharges from urban wastewater, Taking into account the fact that these purified waters flowing along wadi El Gourzi are used for the irrigation of crops on the outskirts of the town of Batna.

Keywords: Agriculture, Batna, Treated wastewater, Irrigation, Public policies.

Publications

Hannachi A., Gharzouli R., 2017. Environmental Context of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Batna (Algeria). *Int J Waste Resour* 7: 274. doi: 10.4172/2252-5211.1000274.

Hannachi A., Makhzoum I., Guassaa N., 2016. La réutilisation des eaux usées traitées en orge hydroponique. Editions universitaires européennes (Allemagne) : 88 p.

Hannachi A., Amieur S., 2016. Remédier la salinité du sol : Valoriser des déchets liquides. Les éditions du NET (France): 108 p.

Hannachi A., Gharzouli R., Djellouli Tabet Y., Daoud A., 2016. Wastewater reuse in agriculture in the outskirts of the city Batna (Algeria). *J. Fundam. Appl. Sci.*, 2016, 8(3) : pp 919 - 944.

Hannachi A., Khelfi S., Souileh N., 2016. Effet de l'irrigation par des eaux usées traitées (EUT) sur une culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Revue Agriculture* 12 (2016) : pp 41 – 47.

Hannachi A., Bourefis S., Zerkout M., 2016. Essai de valorisation des eaux usées traitées en culture hydroponique. La conférence nationale sur la Pollution de la Mer Méditerranée, Quelles solutions. CNPMM 2016, 01 et 02 juin 2016, Skikda (Algérie).

Hannachi A., Gharzouli R., Djellouli T Y., 2015. Gestion environnementale des eaux usées à Batna (Algérie) : entre législation et réalité. *L'eau, l'Industrie, les Nuisances*, N° 383 (2015) : pp 55 - 61.

Hannachi A., 2015. Etude de l'effet de remédiation des eaux usées traitées sur la salinité du sol. La JME-2015- CNSTE, La conférence nationale sur les Sciences et Technologies de l'Environnement 3-4 juin 2015 - Skikda (Algérie).

Hannachi A ., Gharzouli R., Djellouli T Y., 2014. Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. Larhyss Journal, N°19 (2014) : pp 51- 62.

Hannachi A., Gharzouli R., 2014. Le recyclage des eaux usées, une fonctionnalité à développer dans l’agriculture de la région de Batna (Algérie). Revue études et recherches de développement, N° 1 (2014) : pp 24 - 46.

Hannachi A., Khelfi S., 2013. Etude de l’effet de l’irrigation par des eaux usées traitées biologiquement sur la croissance du blé dur. Le 1er séminaire international : Problématiques agronomiques en régions arides et semi-arides (SIAZA1), Batna du 28-29 au 30 octobre 2013.

Hannachi A ., Gharzouli R., Djellouli T Y., 2013. Gestion et réutilisation des eaux usées en Algérie, un modèle de partenariat public- privée. 2ème Colloque International sur la Gestion Intégrée des Ressources en Eau; GIRE’2013 Batna (Algérie), 22 et 23 Octobre 2013.

Hannachi A., 2013. Utilisation des eaux usées traitées biologiquement en irrigation : cas de la station de Batna. Colloque International sur: « 50 ans de formation et de recherche » Du 22 au 24 Avril 2013. ENSA El Harrach– Alger (Algérie).

Hannachi A., Gharzouli R., 2013. Valorization of sludge wastewater treatment plant from the city of Batna to production of biofertilizers. The 4 th International Workshop on Industrial Biotechnology (IWIB 2013) 10-11 April 2013, Tlemcen (Algeria).

Hannachi A., 2013. Contexte environnementale de la station d’épuration des eaux usées de la ville de Batna : Sources de pollution et possibilité de réhabilitation. Conférence nationale sur la gestion et traitement des déchets ménagers et industrielle GTDMI – Skikda (05 et 06 juin 2013) (Algérie).

Liste des abréviations

- ACM** : Analyse des correspondances multiple.
- IANOR** : Institut Algérien de Normalisation.
- CE** : Conductivité électrique.
- DBO** : Demande biologique en oxygène.
- DCO** : Demande chimique en oxygène.
- DCO/DBO** : Rapport indicative de biodégradabilité.
- DEATB** : Direction de l'environnement et d'aménagement de territoire.
- DREB** : Direction des ressources en eau de Batna.
- DSA** : Direction des services agricole.
- EAC** : Exploitation agricole collective.
- EAI** : Exploitation agricole individuelle
- Epi/m²** : Nombre d'épi par mètre carré.
- FAO** : Organisation de l'agriculture et de l'alimentation.
- GIRE** : Gestion intégrée des ressources en eau.
- Grain/épi** : Nombre de grain par épi.
- MES** : Matière en suspension.
- MO** : Matières organiques.
- MRE** : Ministère des ressources en eau.
- N_{org}** : Azote organique.
- NTK** : Azote kjeldahl comprenant l'azote organique (**N**) et l'azote ammoniacal (**NH₄⁺**) contenus dans l'eau.
- OMS** : Organisation mondiale de la santé.
- ONA** : Office national d'assainissement.
- ONID** : Office national d'irrigation et de drainage.
- P_{tot}** : Phosphore total.
- PMG** : Poids de mille grains.
- SNAT 2025** : Le Schéma National d'Aménagement du Territoire, Algérie.

Liste des tableaux

Tableau 1. La ressource en eau dans les cinq régions hydrographiques	10
Tableau 2. Campagne d'irrigation de la PMH	17
Tableau 3. Les détendus aux fils de l'eau pour l'irrigation à partir des grands barrages	18
Tableau 4. Pays ayants des ressources en eau inférieures à 500 m ³ /habitant par an	23
Tableau 5. Critères de rejets	24
Tableau 6. Critères de qualité pour irrigation	24
Tableau 7. Affectation des terres	46
Tableau 8. Production agricole dans la région de Batna	49
Tableau 9. Volume des déchets ménagers dans la ville de Batna	56
Tableau 10. Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	68
Tableau 11. Charges hydrauliques de la station d'épuration de Batna	72
Tableau 12. Les charges polluantes	73
Tableau 13. Données des bilans d'exploitation mensuelle (Janvier-Octobre)	74
Tableau 14. Caractéristiques des rejets industriels	77
Tableau 15. Normes des rejets des effluents liquides et industriels en Algérie (Décret exécutif n° 93-160 et décret exécutif n° 06-141)	79
Tableau 16. Les stations d'épuration des eaux usées à Batna	82
Tableau 17. Dosage des métaux lourds des eaux usées avant et après la STEP de Batna	90
Tableau 18. Les principaux articles dans les journaux nationaux qui traitent le sujet des eaux usées à Batna	94

Tableau 19. Codes et nombres de classes des variables	105
Tableau 20. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées utilisées	127
Tableau 21. Compositions en éléments chimiques dans les eaux de puits utilisées	127
Tableau 22. Durée du cycle de la culture de blé	129
Tableau 23. Hauteur des plantes et longueur de l'épi (cm)	130
Tableau 24. Les composantes de rendements	131
Tableau 25. Corrélation entre les différents paramètres étudiés	132
Tableau 26. L'analyse de la variance pour la conductivité électrique	138
Tableau 27. Les groupes homogènes ressortis	138

Liste des figures

Figure 1. Carte pluviométrique pour l'Algérie du Nord	8
Figure 2. Demandes en eau totales et par secteur sur le bassin méditerranéen	9
Figure 3. Les bassins hydrographiques de l'Algérie	11
Figure 4. Répartition du taux de comblement annuel des grands barrages dans les bassins	14
Figure 5. Surface aménagée pour l'irrigation	19
Figure 6. Principales filières de traitement pour la réutilisation agricole des eaux résiduaires	22
Figure 7. Projets de réutilisation des eaux usées en Algérie du nord	26
Figure 8. Situation géographique de la région de Batna	33
Figure 9. Régime annuelle de précipitation sur 40 ans (1971-2010)	35
Figure 10. Diagramme Ombrothèrmique de Gaussen de la région de Batna	36
Figure 11. Les infrastructures hydro agricoles dans la région de Batna	37
Figure 12. Aménagement du barrage de Beni Haroun pour l'irrigation de la région de Batna	38
Figure 13. Les ressources en eaux superficielles dans la région de Batna	40
Figure 14. Les ressources en eaux souterraines dans la région de Batna	40
Figure 15. Bassin versant des hauts plateaux constantinois	42
Figure 16. La Capacité d'irrigation dans la région de Batna.	44
Figure 17. Réparation des terres par zone agricole	45
Figure 18. Le foncier agricole dans la région de Batna	47
Figure 19. Les exploitations agricoles dans la région de Batna	48
Figure 20. Statut juridique du foncier agricole à Batna	48
Figure 21. Plan d'aménagement urbain de la ville de Batna.	52
Figure 22. Évolution de la population de la ville de Batna	53
Figure 23. Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie	67
Figure 24. Charges polluantes de la station d'épuration de Batna	73
Figure 25. Valeurs des paramètres et performances du processus	75
Figure 26. Valeurs mensuels de rapport DBO/DCO indicative de biodégradabilité	75
Figure 27. Rendement épuratoire de la station d'épuration de Batna	76

Figure 28. Volume des extraits	76
Figure 29. DBO5 caractéristiques des rejets industriels	78
Figure 30. Caractéristiques de la DCO des rejets industriels	78
Figure 31. Caractéristiques de la MES des rejets industriels	78
Figure 32. Carte de la localisation des stations d'épuration à Batna	83
Figure 33. Densité de la population	84
Figure 34. Limite du bassin versant (Approche numérique par MNT)	86
Figure 35. Les affluents de l'Oued El Gourzi (Approche numérique par MNT)	87
Figure 36. Traitement, évacuation et réutilisation des eaux usées à Batna	88
Figure 37. Chronologie des entretiens avec les acteurs	91
Figure 38. Bulles avec effet 3 D, les réponses des acteurs à grandes taille pour oui ou non	94
Figure 39. Localisation des stations enquêtées.	107
Figure 40. Répartition et nombre d'agriculteurs sur les différentes stations enquêtés	111
Figure 41. Géomorphologie générale	111
Figure 42. Texture des parcelles	112
Figure 43. Surface de la SAU	112
Figure 44. Nature des exploitations	112
Figure 45. Proximité de la ville	113
Figure 46. Nature juridique des exploitations	113
Figure 47. Surfaces irriguées	114
Figure 48. Type d'irrigation	114
Figure 49. équipements hydrauliques	114
Figure 50. Sources des eaux d'irrigation	115
Figure 51. Besoins en eau d'irrigation	115
Figure 52. Les cultures voisines des parcelles	116
Figure 53. Les cultures pratiquées au niveau des exploitations	116
Figure 54. État du travail du sol	116
Figure 55. État du drainage du sol	117
Figure 56. Contraintes lies aux ressources de l'eau	117
Figure 57. Disponibilité de l'eau d'irrigation	118
Figure 58. Aides agricoles	118
Figure 59. La fertilisation des cultures	118

Figure 60. Les ouvrages de stockages	119
Figure 61. Revenue de l'agriculteur	119
Figure 62. Les alternatives à la pénurie d'eau d'irrigation	120
Figure 63. Contraintes lies à la pénurie de l'eau d'irrigation	120
Figure 64. Croisement des facteurs liés à la disponibilité de l'eau d'irrigation	121
Figure 65. Croisement des facteurs liés à l'origine de l'eau d'irrigation	124
Figure 66. Délimitation des groupes des variables sur les axes 1 et 2	133
Figure 67. La variation de la conductivité électrique chez les trois espèces et dans les deux essais	136
Figure 68. La variation de la hauteur de tige chez les trois espèces et dans les deux essais	137

Table des matières

Introduction générale	1
Partie I : L'eau agricole en Algérie : valorisation des eaux usées traitées et cas d'application	
Introduction	4
Chapitre 1 : Évolution de la politique d'irrigation en Algérie	
1. Contraintes climatiques	7
2. L'Algérie et le contexte hydrique mondial	7
3. Rareté mondiale de la ressource en eau	9
4. La gestion des ressources en eau	10
5. Mobilisation des ressources en eau	11
5.1. Les ressources superficielles	11
5.2. Les ressources souterraines	12
5.2.1. Nappes du Nord	12
5.2.2. Nappes du Sahara	12
5.3. Les agences de bassins hydrographiques (ABH)	13
6. Les principaux problèmes hydrauliques	13
6.1. Envasement des barrages	13
6.2. Changements climatiques et ressources en eau	15
6.3. Crise de gouvernance de l'eau	15
6.4. Dégradation de la qualité des eaux	15
7. Évolution de l'irrigation	16
7.1. La stratégie de développement de l'irrigation	16
7.2. Une prise en compte insuffisante de l'agriculture dans la politique de l'eau	17
7.3. L'irrigation dans le monde	18
8. Agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau en Algérie	20
9. La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture	21
9.1. La réutilisation des eaux usées dans les pays voisins	23
9.2. Normes FAO pour la réutilisation des eaux usées	24
10. La réutilisation des eaux usées en Algérie	25
10.1. Situation actuelle (exploitation)	25

10.2. Programme pilote lancé en Algérie (2010/2011)	25
11. Le traitement et la valorisation des eaux usées en Algérie: un enjeu pertinent	27
12. La politique de l'eau, place de l'irrigation	29

Chapitre 2 : Cas d'application, approche pour la région de Batna

1. Présentation de la région d'étude	33
1.1. Climat	34
1.2. Ressources en eau	35
1.2.1. Infrastructures hydro agricoles	36
1.2.2. L'Aménagement du barrage de Beni Haroun	37
1.3. Hydrologie	37
1.3.1. Les Bassin versants	37
1.3.2. Le Bassin versant des hauts plateaux constantinois	41
2. Agriculture	43
2. 1. Systèmes de production agricole	43
2.1.1. La céréaliculture	43
2.1.2. Les cultures fourragères	43
2.1.3. Les cultures industrielles	43
2.1.4. Les cultures maraîchères	44
2.1.5. L'arboriculture fruitière	44
2.2. Potentialités agricole	44
2.2.1. Occupation des terres	45
2.2.2. Répartition des terres utilisées par l'agriculture	46
2.2.3. Les structures foncières	46
2.3. Production agricole	49
2.4. Le développement agricole dans la région de Batna	49
2.4.1. Principes de développement de l'activité agro-sylvo pastorale	50
2.4.2. Objectif de développement de l'activité agro-sylvo pastorale	50
3. Contexte socioéconomique	50
3.1. La ville de Batna	51
3.2. La population de la ville de Batna	52
3.3. La migration et le taux de chômage	53
4. L'eau, la ville et l'agriculture	54

4.1. L'eau agricole	54
4.2. Soutien de l'état	54
4.3. Valorisation des déchets urbains de la ville de Batna	55
4.3.1. Les eaux usées urbaines	55
4.3.2. Valorisation des boues d'épuration et des déchets ménagers	55
5. Les enjeux de l'agriculture périurbaine	56
5.1. L'enjeu économique	57
5.2. Enjeux socioculturelle	58
5.3. Enjeux environnementales	58
5.4. Effet sur l'urbanisation	59
6. Importance de l'agriculture périurbaine	60
7. L'eau à Batna, un facteur limitant de l'agriculture en zone semi-aride	60
Conclusion de la première partie	62

Partie II: Contexte législatif et environnemental

Introduction	63
--------------	----

Chapitre 3 : Étude de l'aspect institutionnel, législatif et environnemental

1. L'Algérie et le Développement durable	65
2. L'Eau dans la Loi Algérienne	65
2.1. Gestion concentrée de l'eau	65
2.2. Gestion des eaux non conventionnelles	65
3. Analyse de l'aspect institutionnel et législatif	66
3.1. Aspect législative	66
3.2. Les cultures autorisées	66
3.3. Les normes de réutilisation des eaux usées	67
3.4. L'aspect institutionnel	68
3.5. Les partenaires privés	69
3.6. Les partenaires publics	69
3.7. Les dispositions financières	69
3.8. L'aspect environnemental	69
3.8.1. L'assainissement	69
3.8.2. La protection des sols	70

4. La lutte contre la pollution des eaux	70
5. La gestion intégrée et la gestion des eaux usées: un même combat	71
6. Étude environnementale de la station d'épuration des eaux usées de Batna	72
6.1. Description de station d'épuration des eaux usées de la ville de Batna	72
6.2. Les performances du processus	74
6.3. La nature des rejets de la ville de Batna	75
6.4. Le rendement épuratoire	76
6.5. Les sources de pollution	76
6.5.1. Les rejets industriels	77
6.5.2. Les normes des rejets en Algérie	78
6.6. La situation actuelle dans la région de Batna	79
6.7. La caractérisation de la pollution industrielle	80
6.7.1. La lutte contre la pollution industrielle	80
6.7.2. La réhabilitation de la station d'épuration de la ville de Batna.	81
6.8. Les recommandations pour la protection de l'environnement	81

Chapitre 4 : Gestion des eaux usées et influence des acteurs à Batna

1. Situation de l'assainissement	82
1.1. Les stations d'épuration	82
1.2. La station d'épuration de la ville de Batna	84
2. Limites de la zone d'étude, Approche par MNT (Modèle Numérique de Terrain)	84
3. Évacuation des eaux usées traitées	88
4. Impacts des eaux usées d'oued El Gourzi	89
4.1. Sur le sol	89
4.2. Sur la nappe	89
4.3. Sur le végétal	90
5. Démarche des entretiens	91
5.1. Résultats des entretiens	92
5.2. Influence des acteurs	93
5.3. Influence des medias	94
6. Des acteurs qui peinent à assumer leur rôle	95
7. La gestion des eaux usées, le jeu des acteurs	96
Conclusion de la deuxième partie	98

Partie III : Contexte socioéconomique et agronomique.

Introduction	101
--------------	-----

Chapitre 5 : La réutilisation des eaux usées en agriculture dans la périphérie de la ville de Batna

1. Matériels et méthodes	104
1.1. Présentation de la région d'étude	104
1.2. Méthodologie du questionnaire	104
1.3. Choix du découpage et de la stratification de la zone d'enquête	106
1.4. Méthode d'échantillonnage	106
1.5. Critères de stratification	109
1.6. Stratification	110
1.7. Analyse des données	110
2. Résultats de l'enquête	110
2.1. Accès à la terre	111
2.2. Superficie exploitée	112
2.2.1. Nature des exploitations	112
2.2.2. La nature juridique des exploitations	113
2.3. Accès à l'eau pour les cultures	113
2.3.1. Types d'irrigation en place	114
2.3.2. Sources d'irrigation	114
2.3.3. Besoins en eau d'irrigation	115
2.4. Analyse des systèmes de cultures et des types d'activités	115
2.5. Disponibilité de l'eau d'irrigation	117
2.6. Performances des exploitations agricoles	118
2.7. Adaptation à la pénurie d'eau d'irrigation.	119
3. Discussion	120

Chapitre 6 : Approche agronomique de la valorisation des eaux usées traitées

1. Effet des eaux usées traitées sur la croissance du Blé dur (<i>Triticum durum</i> L.)	126
1.2. Matériels et Méthodes	126
1.3. Résultats	129
1.4. Discussion	133

2. Valorisation des eaux usées traitées en culture hydroponique biologique.	135
2.1. Matériels et méthodes	135
2.2. Résultats	136
2.3. Discussion	137
Conclusion de la troisième partie	140
Conclusion générale	142
Références bibliographiques	145
Annexes	158

Introduction générale

Dans les zones semi-arides, comme c'est le cas pour la région de Batna, les eaux usées traitées peuvent constituer une source d'eau additionnelle pouvant atténuer le déficit hydrique et constituer une opportunité pour le développement de l'agriculture irriguée.

Ceci est de nature à permettre aux agriculteurs de stabiliser leurs rendements souvent sujets à la menace climatique. Cela par la diversification de leurs systèmes de production en intégrant de nouvelles cultures qui ne pouvaient pas être pratiquées sous le régime pluvial. D'autre part, d'intégrer également de nouvelles activités animales telles que l'élevage bovin laitier et engraissement, contribuant ainsi à l'accroissement de la production du lait et de la viande dans la région.

En effet, l'utilisation des eaux usées n'est pas sans risque, que ce soit pour l'être humain ou animal, plusieurs auteurs ont montré qu'une mauvaise qualité des eaux usées pourrait aboutir la modification de la structure et de la texture du sol qui se traduire par une diminution de sa capacité de stockage d'eau, de sa fertilité et un accroissement possible de la salinité surtout les sols lourds (Amellal, 2007; Arami, 2008). Il en résulte une chute des rendements et à la limite le sol, comme capital productif naturel, pourrait être perdu.

Le bon pratique de la réutilisation des eaux usées en agriculture crée une dynamique socio-économique au sein de la population d'agriculteurs (Lahmami et *al.*, 2013). Sur l'aspect agronomique, un apport scientifique pour rationaliser la réutilisation des eaux usées en domaine agricole (Messaoudi et *al.*, 2015).

L'examen de la littérature sur des résultats relatifs aux essais de cultures réalisés sur la laitue, l'ail et la courgette a montré que l'irrigation avec des eaux usées conduit à une amélioration du rendement compte tenu de leur richesse en éléments fertilisants et en matière organique (Abouelouafa et *al.*, 2002).

Le souci de la réutilisation des eaux usées en agriculture en est toujours de chercher un appui cohérent susceptible de répondre aux besoins des agriculteurs qui habitent un espace

offrant une eau usée réutilisable en agriculture et d'atténuer son effet polluant sur l'environnement (Messaoudi *et al.*, 2015).

Sur ce point, il y a lieu de signaler que les analyses de l'eau effectuées sur Oued El Gourzi ne sont pas rassurantes (Baziz, 2008). Ces analyses font apparaître des doses de DBO₅ (172) et DCO (380) qui sont au-delà des normes requises pour une utilisation saine des eaux usées en agriculture.

En effet, à sa sortie de la station l'eau usée traitée, déjà non conforme aux normes dans plusieurs situations (Khelif, 2010), vient d'être mélangée avec les rejets non traités des petites agglomérations et unités industrielles situées à l'aval de la station. Le parcours de ce mélange le long de l'oued (oxydation et fixation biologique) ne semble pas assainir comme en témoignent les analyses effectuées au niveau de la zone d'irrigation (Tamrabet, 2011).

La question qui se pose est la suivante : Quelle est la politique la plus indiquée qui devrait être adoptée par les pouvoirs publics dans ce contexte ? Faut-il tout simplement interdire les prélèvements de ces eaux sur Oued El Gourzi avec toutes ces conséquences économiques et sociales qui en découlent aussi bien au niveau des exploitations agricoles qu'au niveau de la région dans son ensemble comme déjà signalé ? Ou bien faut-il préserver les acquis actuels en matière d'utilisation dans l'irrigation et procéder à des investissements supplémentaires pour améliorer la qualité de l'eau ?

Plusieurs scénarios sont possibles pour améliorer cette qualité : l'amélioration de la capacité de stockage et de traitement de la station, l'installation de petites unités de traitement au niveau des petites agglomérations ou aussi la plantation de l'Oued par des arbres ayant un pouvoir de purification élevé de ces eaux.

C'est le cas par exemple de la phytoépuration qui a été expérimenté dans certains pays (USA, Maroc) et donner des résultats satisfaisants (El Hachemi, 2012). De nombreux faits d'épuration ont été mis au point, parmi lesquels le lagunage à Microphytes se différencie par sa spontanéité, sa fiabilité et son faible coût d'investissement (Oudra, 1990).

C'est une méthode particulièrement biologique qui met en œuvre des mécanismes résultant d'interactions entre les groupements Bactériennes, Algales et Zooplanctoniques (Angelli, 1979). Cette disposition a été exploitée pour la première fois dans le traitement des

eaux usées en 1901 au Texas (USA) et a des efficacités épuratoires acceptables, surtout du point de vue sanitaire (Jenny Donascimento, 1987).

Nous avançons l'hypothèse à cet égard que, quelque soit l'option de l'amélioration choisie, le coût de l'investissement additionnel serait toujours bien en deçà des bénéfices actuels dégagés par les eaux usées traitées au niveau des exploitations agricoles et au niveau de la région. Ceci est d'autant plus vrai que le traitement des eaux usées est réalisé dans un objectif environnemental.

L'objectif de ce travail est d'apporter des éléments de réponse sur la réutilisation des eaux usées dans la région de Batna. Ceci est effectué à travers quelques connaissances acquises sur la mobilisation des ressources en eau, non conventionnelles, par les agriculteurs de la région de Batna et sur des questions liées à la problématique posée par cette réutilisation.

Différents facteurs interviennent dans la concrétisation des instruments de gestion des eaux usées. À savoir les facteurs politiques, techniques, sociaux, fonciers et financiers qui représentent les centres d'intérêt de cette contribution orientée de manière critique sur les politiques publiques.

Cette thèse est structurée et scindée en trois parties complémentaires comme suit. Dans la première partie, une synthèse bibliographique qui constituée de deux chapitres, le premier chapitre aborde des éléments explicatifs sur la politique de l'eau agricole en Algérie. Le deuxième chapitre traite les potentialités agricoles et la situation de l'agriculture périurbaine dans la région de Batna.

Quant à la deuxième partie, elle est constituée, à son tour, de deux chapitres, le premier vise à connaître l'organisation de la gestion des eaux usées et d'assainissement à Batna, d'estimer les quantités traitées, flux entrants et sortants. Le deuxième chapitre mettant en exergue des contraintes liées à l'environnement et l'analyse de la contribution des acteurs locaux.

La troisième partie est constituée de deux chapitres, le premier aborde les résultats obtenus et ses implications sur la politique de l'utilisation des eaux usées, par une évaluation des performances des exploitations agricoles qui réutilisent les eaux usées au regard des orientations politiques retenues. Dans le deuxième chapitre, une approche expérimentale sur la valorisation agricole des eaux usées traitées.

Partie I : L'eau agricole en Algérie, valorisation des eaux usées traitées et cas d'application.

Introduction

Après l'indépendance, l'Algérie a axé ses efforts sur le développement du secteur secondaire (Transformation), laissant de côté celui du secteur primaire (Agriculture et infrastructures hydrauliques). À ceci s'ajoute la richesse en pétrole de l'Algérie qui lui confère également un caractère particulier et explique le faible développement agricole avec un taux d'irrigation très faible observé depuis 1962 (Fernandez et Verdier, 2004).

L'Algérie est un pays où les précipitations sont non seulement faibles, mais irrégulières. À l'exception des eaux fossiles des nappes profondes du Sahara, les ressources hydrauliques naturelles de l'Algérie dépendent essentiellement de la pluviométrie qui est très inégalement répartie sur le territoire et caractérisée par de fortes irrégularités intra-annuelles et interannuelles (Benblidia et Thivet, 2010). Les cultures en secs dominantL'irrigation pas très développée, en dehors du système oasienAugmentation de la population d'où augmentation des besoins d'où augmentation des surfaces cultivéesDiminution des précipitations d'où recours à l'irrigation Eau peu disponible d'où recours anarchique aux eaux usées.

Les volumes des précipitations sont très variables dans le temps : concentration sur quelques mois dans le Nord et quelques jours par an dans le Sud. Des années de fortes pluies peuvent être suivies par des périodes de sécheresse sévère. Des fluctuations aussi marquées vont affecter, d'une année à l'autre, le volume des ressources renouvelables disponible (écoulements superficiels et alimentation des nappes souterraines). Les grandes différences dans la répartition des précipitations à travers le territoire national se retrouvent dans celle des ressources hydrauliques renouvelables.

Toutes les défaillances traduisent une maîtrise insuffisante dans la gestion des ressources hydraulique. Une politique de gestion de la demande en eau qui permettrait de contrôler, réduire et ajuster les consommations à ce qui est nécessaire. La nécessité de développer une politique de l'eau qui prenne en considération la rareté de la ressource en eau

conventionnel pour l'irrigation est souvent sollicité par les responsables en charge du secteur de l'eau, surtout en ce qui concerne la réutilisation des eaux usées en agriculture.

Les quantités des eaux usées sont fortement liées au facteur de développement démographique. Le volume important des eaux usées, déversées quotidiennement dans les oueds, continue à constituer une menace de pollution à travers le territoire de la région de Batna. Le potentiel d'eau usée doit être considéré comme une ressource non négligeable à mettre en valeur dans un cadre de réutilisation contrôlée (El Guamri et Belghyti, 2007). L'augmentation de la cadence des réalisations des stations d'épuration s'impose pour faire profiter aux agriculteurs de leur réutilisation.

L'augmentation de la demande de l'eau pour l'irrigation, et la rareté de ce dernier dans la région d'étude, fait que le recours aux eaux usées traitées devient une alternative important. Les principaux problèmes du recyclage des eaux usées sont les exigences de la qualité des eaux épurées. Le recyclage de l'eau pour des applications agricoles est surtout utilisé dans les régions arides, c'est le cas de la région de Batna qui montre une insuffisance importante des ressources en eau pour le secteur agricole vu une précipitation annuelle de moins de 400 mm.

L'espace périurbain non bâti se compose de milieux très variés : naturels, forestiers ou agricoles (Fleury et Donadieu, 1997). En réaction à un « éloignement » de l'agriculture du niveau local, on voit de plus en plus apparaître des politiques et stratégies ou, à tout le moins, une réflexion visant à redéfinir le rôle de l'agriculture, à encourager des pratiques plus près des préoccupations des consommateurs (Dumoulin et Marois, 2003). L'agriculture périurbaine constitue en Algérie un sujet d'actualité du point de vue de la conception mais la pratique elle-même est déjà connue depuis longtemps sur les périphéries des villes.

L'agriculture périurbaine existe certainement depuis que les villes existent car sa fonction première était d'approvisionner les villes en produits frais (Tolron, 2001). L'agriculture périurbaine est particulièrement importante pour l'approvisionnement de la ville en produits périssables comme les légumes, la laitue et les produits qui occupent un grand volume et dont le transport coûte cher (Dongmo et *al.*, 2005).

Mais cette agriculture fait désormais face à une modification profonde de sa fonction sociale et environnementale et, de ce fait, de son mode de fonctionnement (Tolron, 2001). Les besoins en foncier pour répondre à la demande socioéconomique urbaine ont rendu bien

difficile l'exercice de l'activité agricole et ont conduit à un recul de l'agriculture dans les zones périurbaines (Boudjenouia et *al.*, 2008). L'agriculture périurbaine joue désormais un rôle-clé dans l'approvisionnement des grandes métropoles (Margiotta, 1997).

L'objectif de cette première partie est l'évaluation conceptuelle et théorique des potentialités pour la promotion de projet de réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole, ainsi que leur effet sur le développement de l'agriculture périurbaine dans la région de Batna.

Le premier chapitre porte sur la politique de l'eau destinée à l'agriculture, en Algérie. Nous mettrons en évidence la place de l'hydraulique agricole, au sens large, dans les programmes de développement de l'agriculture : mobilisation des ressources en eau (eau de surface et eau souterraines,) traitement des eaux usées, développement des périmètres irrigués.

Le premier chapitre porte sur la politique de l'eau agricole en Algérie, en essayons de mettre en évidence la place de l'irrigation dans les politiques de l'État en matière de mobilisation des ressources en eau, et l'état actuel de la réutilisation des eaux usées au profit du secteur de l'agriculture.

Dans le deuxième chapitre, une analyse des potentialités de la région d'étude, en mettant l'accent sur les modes de réutilisation des eaux usées traitées qui subissent un traitement à la station d'épuration de Batna, située à près de la ville de Batna, qui sont déjà exploitées par les agriculteurs de la région. L'objectif de ce chapitre est d'analyser la situation des demandes de la filière de réutilisation des eaux usées dans le secteur agricole.

Dans cette partie, nous expliquerons aussi dans quelle mesure l'agriculture périurbaine pourra être intégrée dans les processus de planification agricole de la région. Un diagnostic des différents facteurs socio-économiques, environnementaux et agricoles, ayant un impact sur le développement durable de l'agriculture sera établi.

Chapitre 1 : Évolution de la politique d'irrigation en Algérie.

1. Contraintes climatiques

Le climat en Algérie est de type méditerranéen qui se caractérise par deux période : l'une froide et humide l'autre chaude et sèche. De la durée de la période sèche et surtout son intensité, dépendent les besoins en eaux pour combler le déficit qui en découle.

La pluviométrie se concentre dans la partie septentrionale (littorale et sublittorale) surtout le nord du pays, elle est estimée selon l'Agence National des Ressources en Eau (ANRH) à 94,3 milliards m^3 dont 82 milliards m^3 (87 %) s'évaporent et seulement un huitième soit 12,4 milliards m^3 , constitue le débit annuel de l'ensemble des cours d'eau. Une petite fraction de 3 milliards m^3 s'infiltré pour recharger les nappes souterraines. La pluviométrie varie beaucoup sur le territoire, allant de 1000 mm sur les hauts reliefs de l'est à moins de 100 mm au nord du Sahara (ANRH, 2016).

La moyenne annuelle nationale est de 450 mm, cependant des écarts significatifs existants entre l'est et l'ouest (Figure 1). Les précipitations moyennes annuelles augmentent de l'ouest vers l'est (Seltzer, 1946). Ainsi l'oranaise recevrait en moyenne 300 mm, l'algéroise autour de 400 mm et le constantinois 600 mm par an, tandis que les étendues sahariennes en reçoivent moins de 100 mm (ANRH, 2016). On peut retenir que la pluviométrie à l'échelle nationale fluctue entre 600 mm à l'est, 400 mm au centre, 300 mm à l'ouest et 100 mm au sud des plateaux (ANRH, 2016).

2. L'Algérie et le contexte hydrique mondial

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m^3 par habitant et par an comme dotation en eau potable (PNUD, 2009).

Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m^3 , elle n'était plus que de 720 m^3 en 1990, 680 m^3 en 1995, 630 m^3 en 1998 et elle ne sera que de 430 m^3 en 2020. La disponibilité en eau potable en Algérie en m^3 /habitant/an dépassera légèrement le seuil des 400 m^3 /ha (PNUD, 2009). Ceci est dû essentiellement de l'augmentation de la population et la stagnation de la réalisation des ouvrages agricoles. Les demandes en eau sur le bassin méditerranéen sont illustrées dans la figure 2.

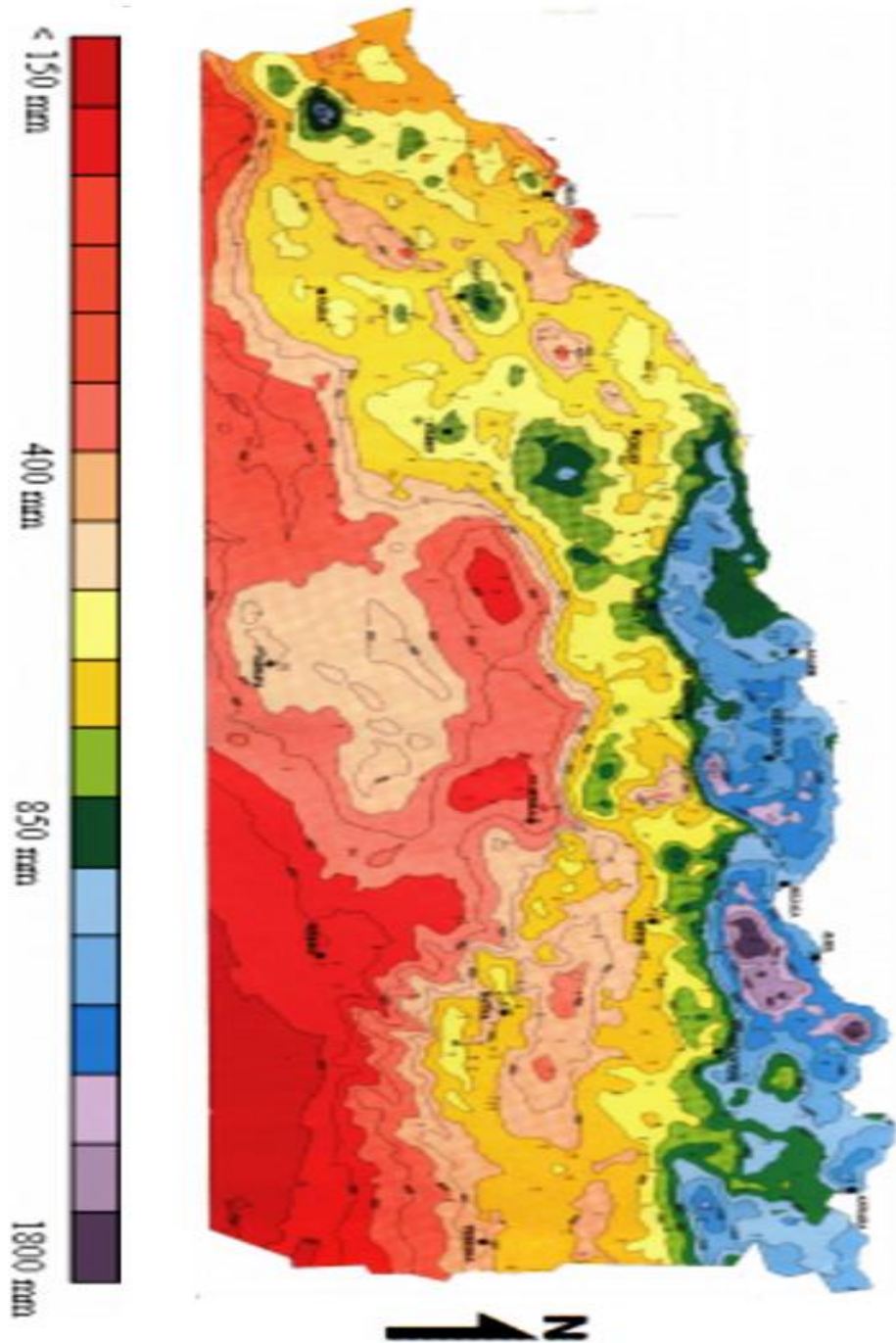


Figure 1. Carte pluviométrique pour l'Algérie du Nord (ANRH, 1993).

Sur tous les continents, les besoins quotidiens en eau suscitent une concurrence toujours plus vive entre les villes, les agriculteurs, les industries, les fournisseurs d'énergie et les écosystèmes. En l'absence de gestion adaptée, le prix à payer peut être élevé non seulement du point de vue financier, mais aussi en termes d'opportunités manquées, d'atteintes à la santé et de dommages causés à l'environnement. Faute de profondes réformes et d'améliorations notables de la gestion de l'eau, d'ici à 2050 la situation risque fort d'empirer, les ressources disponibles devenant plus incertaines (Leflaive et al., 2012).

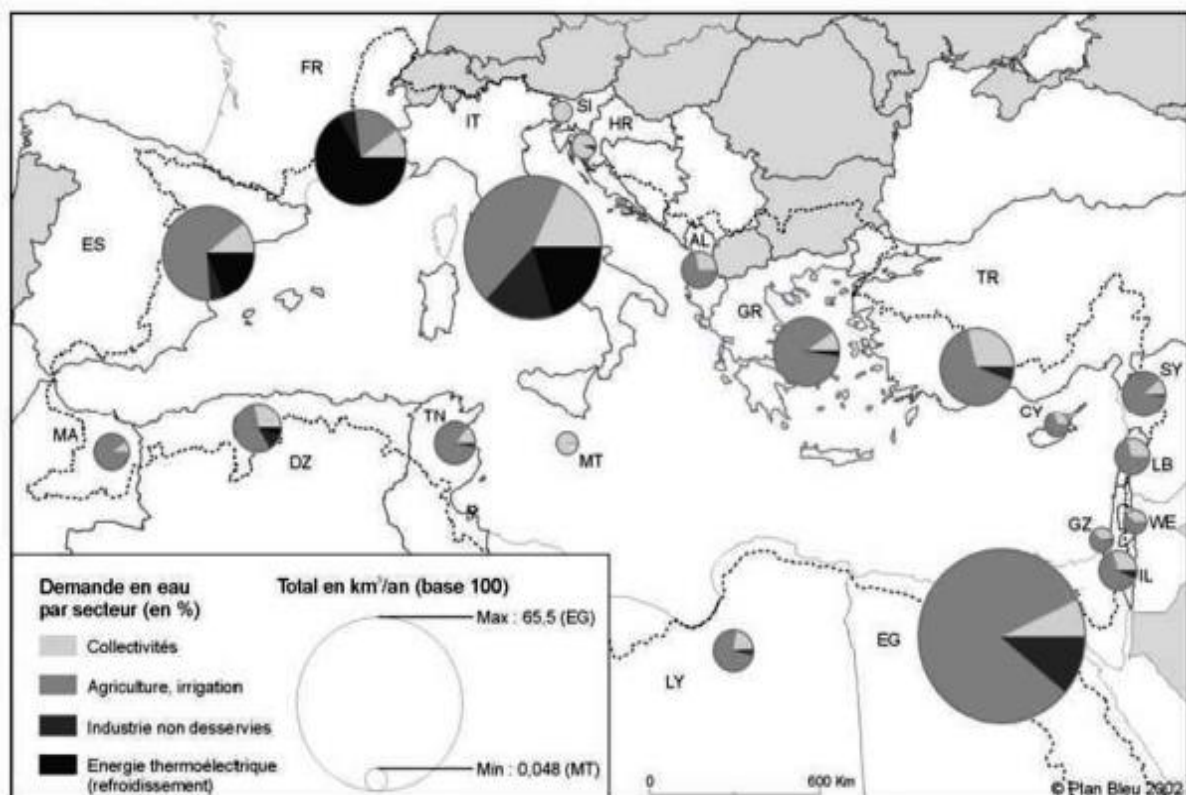


Figure 2. Demandes en eau totales et par secteur sur le bassin méditerranéen (Source : Margat et Treyer, 2004).

3. Rareté mondiale de la ressource en eau

Au niveau de la planète, l'eau se trouve à 97,2 % sous sa forme salée dans les mers et les océans. L'eau douce facilement disponible est rare. Elle ne représente que 0,003 % des ressources globales. Le reste de l'eau douce non disponible se trouve soit au niveau des calottes glaciaires, soit dans les nappes souterraines profondes ou encore le cycle de l'eau.

Par ailleurs, avec les changements climatiques liés à l'effet de serre, la répartition de l'eau dans le temps et dans l'espace semble subir des modifications, ce qui augmente la disparité entre les régions du globe. Dans un contexte général de concurrence de plus en plus vive sur les différents usages de l'eau, l'irrigation, activité aujourd'hui indispensable à la sécurité alimentaire de nombreux pays, est un secteur extrêmement consommateur d'eau (Benchokroun, 2008).

4. La gestion des ressources hydriques

Dès 1996, pour faire face aux problèmes de maques d'eau, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir la « Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont les Agences de Bassin et les Comités de Bassin hydrographiques (Tableau 1) (Bouchedja , 2012).

Tableau 1. La ressource en eau dans les cinq régions hydrographiques (en milliard de m³ (Bouchedja, 2012).

Régions hydrographiques	Eaux superficielles	Eaux Souterraines	Total
Oranie - Chott Chergui	1	0.6	1.6
Cheliff - Zahrez	1.5	0.33	1.83
Algérois - Hodna - Soummam	3.4	0.74	4.14
Constantinois - Seybouse - Mellegue	3.7	0.43	4.43
Sahara	0.2	5	(il s'agit de la nappe albienne)

Le territoire algérien a été subdivisé en cinq grands hydrographiques (Figure 3) créant dans chacun d'entre eux des organismes de gestion des bassins: Agences de Bassin Hydrographique et Comités de Bassin Hydrographique. La gestion unitaire à l'échelle du Bassin Hydrographique est assurée par les Agences de Bassin Hydrographiques. (Bouchedja , 2012).



Figure 3. Les bassins hydrographiques de l'Algérie (Bouchedja, 2012).

5. Mobilisation des ressources en eau

Les conséquences générées par la diminution des quantités d'eau disponibles et par l'augmentation des besoins, tels que présentés par les estimations à moyen et long terme sur les demandes à venir, ont conduit les pouvoirs publics à prendre les mesures adéquates afin de rattraper le retard accumulé en matière de mobilisation des ressources en eau.

5.1. Les ressources superficielles

La mobilisation des eaux de surface nécessite la réalisation de nombreux ouvrages hydrauliques. Durant la période coloniale, la plupart des barrages réalisés se concentrent dans l'oranaïs et sont destinés à l'irrigation des plaines fertiles de cette région. Si leur nombre était de 13 actuellement, avec la politique hydraulique de l'Etat, leur nombre est de 70, répartis à travers le territoire national, avec une capacité de stockage de 7,4 milliards de m³ d'eau.

Afin de développer la capacité de retenue des eaux de surface, de nombreux ouvrages ont été construits. Alors qu'en 1962, il n'existait que treize barrages permettant de stocker 450 millions de m³ d'eau destinée essentiellement à l'irrigation des plaines agricoles de l'Ouest du pays, on en dénombre actuellement 70 pour une capacité globale de 7,4 milliards de m³ d'eau. A la fin des réalisations du programme en cours, ils devraient être 84 en 2016, pour une capacité de stockage évaluée à 8,4 milliards de m³.

5.2. Les ressources souterraines

Les volumes exploités avoisinent 80 % des ressources potentielles renouvelables ; le reliquat concerne le potentiel des réservoirs karstiques du Constantinois ainsi que celui du Chott Chergui (Hautes plaines de l'Ouest) aux ressources limitées mais sûres (MRE, 2016).

Les réserves des nappes sahariennes sont énormes mais les apports d'eau à partir de l'Atlas saharien ne contribuent à leur renouvellement que dans une faible proportion. Le caractère « non renouvelable » de cette ressource et les contraintes physiques et géologiques qui caractérisent ces systèmes, en font un patrimoine fragile, nécessitant une gestion rationnelle pour sa durabilité (MRE, 2016).

Les prélèvements (1,6 hm³ par forages et 85 hm³ par foggaras) représentent le 1/3 des ressources renouvelables, estimées à 5 hm³ (4 hm³ dans le Continental Intercalaire et 1 hm³ dans le Complexe Terminal) (MRE, 2016).

Les nouvelles simulations réalisées dans le cadre du SASS (Système Aquifère du Sahara Septentrional), ont permis de préciser les débits additionnels susceptibles d'être prélevés dans les zones actuellement en exploitation ou nouvellement identifiées, soit au total un volume exploitable de 6,11 hm³ par an (MRE, 2016).

5.2.1. Nappes du Nord

Les ressources en eau souterraine contenues dans les nappes du Nord du pays sont estimées à près de 2 Milliards de m³/an. Ces nappes sont alimentées essentiellement par les

précipitations dont la répartition demeure irrégulière à la fois dans le temps et dans l'espace (MRE, 2016).

5.2.2. Nappes du Sahara

Le Sud du pays se caractérise par l'existence de ressources en eau souterraine considérables provenant des nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT). Les réserves exploitables sans risque de déséquilibre hydrodynamique sont estimées à 5 milliards de m³/an. L'exploitation atteint actuellement 1.6 milliards de m³ par forages et 85 millions de m³ par foggaras. La particularité de cette ressource : c'est une ressource non renouvelable (MRE, 2016).

5.3. Les agences de bassins hydrographiques (ABH)

Les agences de bassins hydrographiques sont des établissements publics, à caractère industriel et commercial (EPIC), dont le statut - type est défini par le décret exécutif du 26 août 1996. L'agence est constituée d'un comité de bassin et d'un conseil d'administration. le comité de bassin est composé de : 24 membres des représentants de l'administration collectivités locales différents usagés. Le conseil d'administration est composé de 13 membres des représentants de : l'administration collectivités locales différents usagés (ABHS, 2016).

6. Les principaux problèmes hydrauliques

La rareté grandissante des ressources en eau qui résulte de la diminution des quantités disponibles par habitant, la dégradation de la quantité et les objectifs de développement économique et social imposent donc l'élaboration et la définition d'une stratégie de gestion de l'eau à moyen et à long terme (Rmeni, 2010). Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années de sécheresse qui ont touché l'ensemble du territoire, ont montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau (Rmeni, 2010).

Cette ressource vitale est menacée dans sa qualité et dans sa quantité. Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m³ d'ici l'an 2025 (Rmeni, 2010).

6.1. Envasement des barrages

En Algérie, les 52 grands barrages reçoivent 32 millions de m³ de matériau solide annuellement. La répartition des barrages sur les cinq bassins hydrographiques indiquent clairement que les barrages de la région de Chéllif – Zahrez sont les barrages les plus menacés

par le phénomène de l'envasement, puisque le taux de sédimentation annuel est de 0,75 % (Remini et Hallouche, 2003).

Ceci est dû à la forte érosion des bassins versants de la région, favorisé par la nature des sols et l'absence de boisement. Même pour les petits barrages, le taux de comblement évalué en 2002 dans le bassin hydrographique Chellif –Zahrez est de 16 % de la capacité totale, il est beaucoup plus grand par rapport à celui des autres régions (Figure 4) (Remini et Hallouche, 2003).

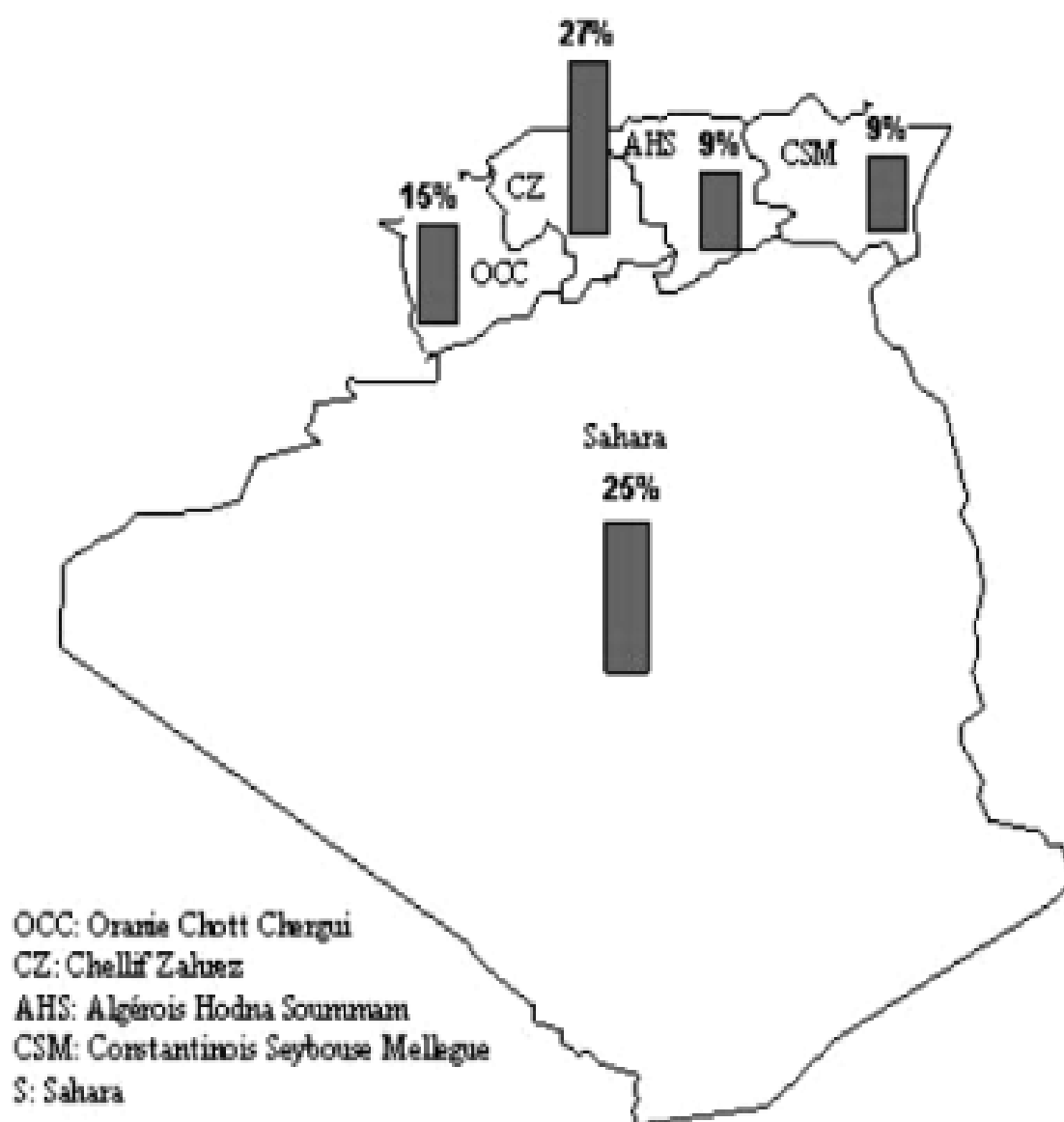


Figure 4. Répartition du taux de comblement annuel des grands barrages dans les bassins hydrographiques (Remini et Hallouche, 2003).

6.2. Changements climatiques et ressources en eau

Les changements climatiques ont depuis longtemps cessé d'être une curiosité scientifique. Ils constituent la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle environnementaux (Nichane et Khelil, 2015). L'eau, l'une des matières premières les plus importantes en Algérie. Du fait de son importance, il est indispensable de connaître sa sensibilité aux changements climatiques, en Algérie (Nichane et Khelil, 2015).

En Algérie, la vulnérabilité aux changements climatiques s'exprime à travers plusieurs aspects : explosion démographique, diminution probable des écoulements des eaux, la rareté des ressources, la dégradation des infrastructures hydrauliques, les menaces aux zones humides...etc. Face à cette situation, l'Algérie a pris des mesures quantitatives traduit par la constriction des barrages pour la conservation des eaux souterraines, et qualitatives par une gamme législatifs adaptatives dans le cadre d'une gestion durable de cette précieuse ressource pour l'avenir (Nichane et Khelil, 2015).

6.3. Crise de gouvernance de l'eau

Les approches sectorielles à la gestion des ressources en eau ont prévalu par le passé et règnent encore. Ceci aboutit à une gestion et à une mise en valeur non coordonnées et fragmentées de la ressource (Larbi, 2012). D'ailleurs, la gestion de l'eau se fait habituellement par les institutions du sommet à la base, des institutions dont la légitimité et l'efficacité ont été de plus en plus remises en question (Larbi, 2012).

Ainsi, une gouvernance insuffisante aggrave la concurrence accrue pour une ressource finie. La GIRE (Gestion Intégrées des Ressources en Eau) apporte une coordination et une collaboration parmi les différents secteurs, en plus d'une gestion locale rentable (Larbi, 2012).

Cette gestion intégrée de l'eau s'organise à plusieurs niveaux d'espace et implique des partenaires avec des problématiques et des priorités différentes. Qu'il s'agit de préserver l'eau pour l'irrigation, d'aménager un bassin versant, de réduire le recourt systématique aux eaux souterraines, il est clair que n'importe quelle stratégie pour développer une solution durable pérenne et évolutive même partielle pour cette problématique doit être basée sur une approche intégrée qui considère les relations de cause à effet et qui évalue de manière systématique les diverses solutions (Larbi, 2012).

6.4. Dégradation de la qualité des eaux

La pollution des ressources en eau prend des proportions inquiétantes, notamment dans le nord où se trouve la plus grande partie de ces ressources (FAO, 2005). Au plan de la qualité, sur l'ensemble des eaux inventoriées par les études, 44 % seraient de bonne qualité, 44 pour cent de qualité satisfaisante et 12 % de qualité médiocre (FAO, 2005).

Les eaux utilisées en irrigation sont, en général, de qualité assez moyenne et minéralisées (FAO, 2005). Le développement de l'agriculture entraîne elle-même des dégradations fâcheuses de la qualité de l'eau destinée aux autres usages (pollution par les nitrates des nappes d'eau douce utilisées pour la boisson humaine) (FAO, 2005).

À son tour, l'usage de l'eau par les populations provoque une pollution non seulement biologique, mais aussi, et de plus en plus souvent, physico-chimique. Les cartes de qualité des eaux publiées par l'ANRH (Agence National des Ressources Hydrauliques) montrent que des tronçons importants de cours d'eau dans les bassins de Tafna, Macta, Chélif, Soummam et Seybousse sont pollués (FAO, 2005).

Le bassin du Chélif où résident deux millions d'habitants est ainsi exposé à une pollution qui risque de remettre en cause l'alimentation en eau potable de la quasi-totalité des agglomérations desservies par les nappes de la vallée (FAO, 2005).

7. Évolution de l'irrigation

Le potentiel d'irrigation algérien varie selon les sources et les méthodes d'estimation. La seule utilisation des eaux renouvelables ne permettrait qu'un potentiel d'irrigation de 510 300 ha à partir des bassins méditerranéens et du Sahara (FAO, 1997). Cependant, les superficies réellement irriguées sont supérieures à ce chiffre depuis le début des années 2000. Le plan de Constantine (1959-1963) de la période coloniale, indiquait un potentiel de 1,3 millions d'ha, et un rapport plus récent indique que 2,2 millions d'ha sont irrigables en ne considérant que la nature des sols dont 137 000 ha dans les régions Sahariennes (FAO, 2005). Mais seuls 1,3 millions ha sont aptes à l'irrigation sans travaux d'épierrage, de drainage ou de lessivage (MRE, 2008).

7.1. La stratégie de développement de l'irrigation

La gestion des périmètres irrigués s'améliore peu à peu, en particulier après leur prise en charge par l'ONID (Office Nationale de l'Irrigation et de Drainage) (Benblidia, 2011). Cependant, l'extension des surfaces irriguées en PMH (Petites et Moyennes Hydrauliques) bien qu'encourageante pour le développement tend à provoquer un accroissement des forages individuels et une surexploitation dangereuse de certaines

nappes souterraines (Tableau 2). En dépit d'une tarification faible de l'eau destinée à l'irrigation (Benblidia, 2011).

Deux types d'exploitations agricoles existent en irrigué: les grands périmètres irrigués (GPI) relevant de l'État et gérés par l'ONID. L'eau destinée à l'irrigation de ces terres provient des barrages et des forages dans le nord du pays. Dans le sud, l'irrigation est assurée à partir des forages profonds de l'immense nappe albienne intercalaire (Benblidia, 2011).

Les cultures pratiquées dans les GPI sont l'arboriculture (64,6 %), le maraîchage (28,5%), les cultures industrielles (6,1%) et le reste en céréales et fourrages. La petite et moyenne hydraulique (PMH) est constituée de petits périmètres et d'aires d'irrigation dont le statut de productions est dans l'ensemble privé (Benblidia, 2011).

Tableau 2. Campagne d'irrigation de la PMH (MRE, 2016).

Petite et moyenne hydraulique	NOMBRE	Ressource (hm ³)	Superficie (ha)
Forages	48 642	–	401 324
Puits	139 720	–	277 040
Sources	5 412	–	30 309
Retenues Collinaires	326	38,60	8 422
Petits Barrages	70	182,40	11 277
Prises au fil de l'eau	7 047	–	76 337
Autres	1 516	–	84 327
TOTAL	–	221	889 036

7.2. Une prise en compte insuffisante de l'agriculture dans la politique de l'eau

Bien qu'elle soit le premier poste consommateur d'eau, avec près de 65% des prélèvements au niveau national, l'agriculture irriguée n'a pas l'importance qu'elle devrait avoir dans les stratégies nationales sur l'eau (Tableau 3). Elle ne figure pas au rang de dossier prioritaire dans le programme quinquennal 2009-2014, priorité étant clairement donnée aux

ouvrages de mobilisation de l'eau et à l'alimentation en eau potable. Certains axes de développement relatifs à l'irrigation sont néanmoins énoncés : le développement de la réutilisation des eaux usées, les techniques d'économies d'eau et la lutte contre les forages illégaux et clandestins (Benblidia et Thivet, 2010).

L'agriculture irriguée n'occupe actuellement que 5 à 7% des superficies cultivées, mais joue un rôle économique important dans la mesure où elle représente près de 50% de la valeur ajoutée agricole du pays. Les superficies irriguées se subdivisent en grands périmètres irrigués (GPI) dominés par des barrages, aménagés par l'Etat et gérés par les offices de périmètres irrigués, et en petite et moyenne hydraulique (PMH) relevant du secteur privé et utilisant en grande partie des ressources n eau souterraines (Benblidia et Thivet, 2010).

La part du secteur public est faible : les GPI représentent environ 15% des superficies irrigables, soit près de 120 000 ha sur 700 000 à 800 000 ha. Le secteur privé est donc à l'origine d'une part essentielle de la production agricole irriguée. Toutefois, cette production reste faible au regard des besoins du pays du fait, principalement, du manque d'eau disponible. L'Algérie, qui figure parmi les dix principaux pays importateurs mondiaux de produits alimentaires, reste en situation de forte dépendance vis-à-vis du marché international (Benblidia et Thivet, 2010).

Tableau 3. Mobilisation des ressources en eau pour l'irrigation à partir des grands barrages (MRE, 2016).

WILAYAS	Barrages	Volume alloué (Hm ³)
Tipaza	Boukourdane	0,5
Médéa	Ladrat	3,0
Khenchela	Babar	5,0
Tiaret	Dahmouni	2,5
Batna	Koudiat Medouar	2,00
Total		13

7.3. L'irrigation dans le monde

Dans de nombreux pays, la disponibilité en eau pour l'agriculture est déjà limitée et incertaine, et la situation n'ira qu'en empirant. 44 % de l'eau soutirée dans les pays de l'OCDE est dédiée à l'agriculture, mais cette part dépasse 60 % pour 8 pays de cette même organisation faisant un grand usage des cultures irriguées (FAO, 2011).

Dans les pays du BRIC (Brésil, Fédération de Russie, Inde et Chine), 74 % des prélèvements en eau vont à l'agriculture (cela va de 20 % dans la Fédération de Russie à 87 % en Inde). Dans les pays les moins avancés (PMA), ce chiffre dépasse 90 % (FAO, 2011).

Dans le monde, les rendements des cultures irriguées sont environ 2,7 fois plus élevés que ceux de l'agriculture en sec, ce qui peut laisser penser que l'irrigation continuera de jouer un rôle important dans la production alimentaire (Figure 5).

Les zones équipées de systèmes d'irrigation sont passées de 170 millions d'ha en 1970 à 304 millions d'ha en 2008, et il existe encore des possibilités d'expansion, notamment en Afrique subsaharienne et en Amérique du Sud, là où il y a suffisamment d'eau (FAO, 2011).

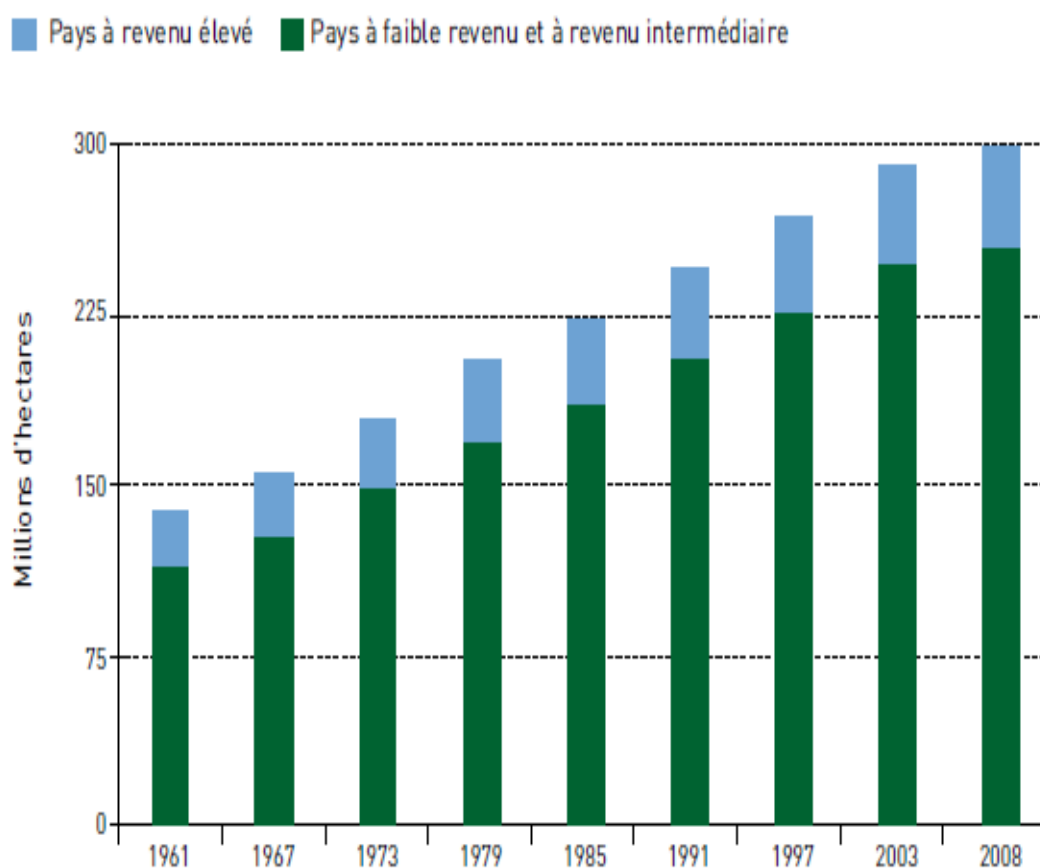


Figure 5. Surface aménagée pour l'irrigation (FAO, 2011).

Bien qu'il soit encore possible d'augmenter la zone exploitée, quelque 5 à 7 millions d'hectares (0,6 %) de terres agricoles sont perdues chaque année à cause de l'accélération de la dégradation des terres et de l'urbanisation, qui réduisent le nombre de fermes à mesure que l'exode rural s'intensifie (FAO, 2011).

L'accroissement de la population implique que la surface des terres cultivées par personne diminue elle aussi rapidement : de 0,4 ha en 1961 à 0,2 ha en 2005. L'agriculture pluviale est le système de production agricole prédominant dans le monde mais c'est aussi celui que pratiquent la majorité des ruraux pauvres (FAO, 2011).

Les vastes étendues de production céréalière tempérée de l'hémisphère Nord continueront à approvisionner les marchés mondiaux et pourraient même remonter plus au nord grâce au réchauffement mondial. En revanche, dans les zones tropicales et subtropicales arides, la production pluviale souffre des précipitations erratiques (FAO, 2011).

Une humidité des sols fluctuante pendant la campagne agricole réduit l'absorption des éléments nutritifs et, en conséquence, les rendements (FAO, 2011). Si l'on y ajoute la faible fertilité des sols et la pauvreté des sols tropicaux en matière organique, les rendements dans les systèmes pluviaux de nombreux pays à faible revenu dépassent péniblement la moitié des rendements que l'on pourrait espérer (FAO, 2011).

Bien qu'une gestion améliorée de la terre et des éléments nutritifs puisse améliorer les rendements, elle n'aura guère d'effet durable si le risque des précipitations erratiques n'est pas éliminé (FAO, 2011).

Les ruraux pauvres qui exploitent des terres marginales et n'ont qu'un accès limité aux semences améliorées, aux engrais et à l'information restent vulnérables (FAO, 2011).

8. Agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau en Algérie

Il est créé sous la dénomination d'agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau, par abréviation « AGIRE » et désignée ci-après « l'agence nationale » un établissement public à caractère industriel et commercial régi par les lois et règlements en vigueur (MRE, 2016).

L'agence nationale est placée sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau. Dans le cadre de la politique nationale de développement, l'agence nationale est chargée de réaliser, au niveau national, toutes actions concourant à une gestion intégrée des ressources en eau. A ce titre, l'agence nationale a pour missions :

- de réaliser toutes enquêtes, études et recherches liées au développement de la gestion intégrée des ressources en eau ;
- de développer et coordonner le système de gestion intégrée de l'information sur l'eau à l'échelle nationale ;

- de contribuer à l'élaboration, à l'évaluation et à l'actualisation des plans à moyen et long terme de développement sectoriel à l'échelle nationale ;
- de contribuer à la gestion des actions d'incitation à l'économie de l'eau et à la préservation de la qualité des ressources en eau (MRE, 2016).

9. La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture

La réutilisation des eaux usées brutes en agriculture, est devenue une réalité. Selon Hartani (1998), 8% des terres irriguées, notamment en petite et moyenne hydraulique, reçoivent des eaux usées non traitées. Cette pratique ne cesse de se développer en aval des centres urbains, des grandes et petites agglomérations (Tamrabet et *al.*, 2007).

De ce fait de gros efforts sont à déployer à tous les niveaux aussi bien techniques, institutionnels, que règlementaires, pour améliorer le niveau d'utilisation avec le minimum de risques (MRE, 2001 ; Hartani, 2004).

La confrontation besoins-ressources en eau, à l'horizon 2013, fait apparaître un déficit important qui sera comblé par l'introduction des eaux usées traitées des périmètres agricole (MRE, 2001 ; Hartani, 2004).

Le Ministère des Ressources en Eau (MRE) s'est engagé sur plusieurs projets (Lehtihet, 2005). En effet, elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) ainsi que des oligoéléments (fer, cuivre, manganèse, zinc, etc.) qui sont bénéfiques pour les cultures, et qui peuvent augmenter significativement le rendement (Asano, 1998). Les MES (Matières En Suspension) contribuent également à la fertilisation des sols car elles sont riches en matière organique (Asano, 1998).

L'utilisation d'eaux usées à la place de l'engrais de synthèse coûteux et économiquement intéressante pour les agriculteurs. De plus, l'arrosage avec des eaux usées constitue une sorte de fertilisation, c'est-à-dire l'application combinée d'eau et de fertilisants via le système d'irrigation (Asano, 1998).

La fertilisation permet un apport fractionné et à faible dose des engrais ; en cela elle est bénéfique pour l'environnement car elle évite la pollution des sols et les dépendances aux fertilisants, qui sont des phénomènes qui apparaissent avec une fertilisation classique (Asano, 1998). La figure 6 résume les principales filières de traitement pour la réutilisation agricole des eaux résiduaires urbaines.

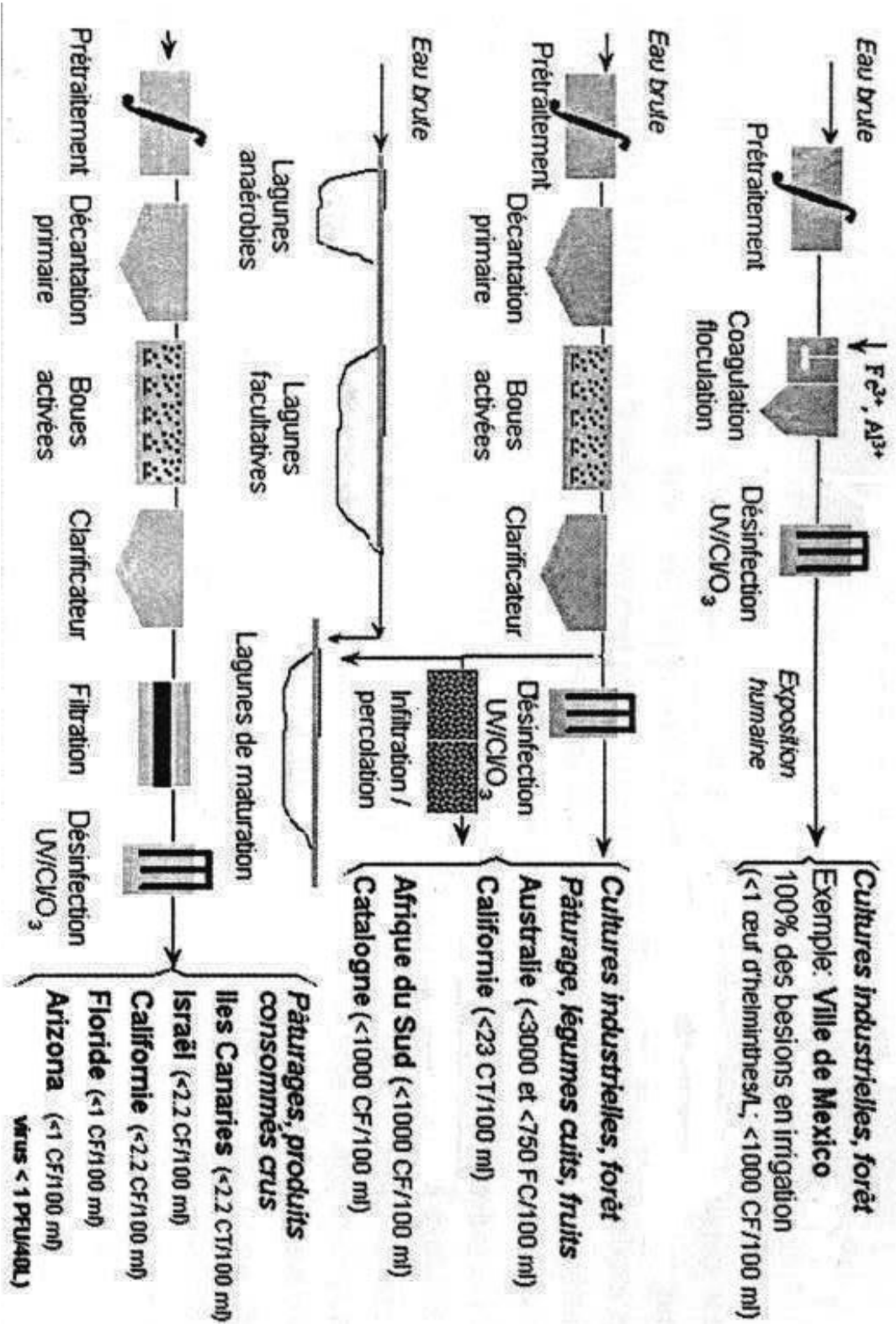


Figure 6. Principales filières de traitement pour la réutilisation agricole des eaux résiduaires urbaines (Ecosse, 2001).

Le bénéfice d'une REUE (Réutilisation des Eaux Usées Epurées) peut donc être double :

- Au niveau économique, car en plus d'une préservation quantitative de la ressource, les agriculteurs font des économies d'engrais ;
- Au niveau écologique, car en plus de la diminution des rejets d'eaux usées dans le milieu, la pollution agricole diminue (Baumont et *al.*, 2004).

9.1. La réutilisation des eaux usées au Nord d'Afrique

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue sur le pourtour du bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie (Tableau 4) (Puil, 1998). C'est aussi l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée (Puil, 1998).

En Tunisie : Une approche graduelle et prudente en matière de développement de la réutilisation des eaux usées a été adoptée en Tunisie depuis le début des années 60 (Bahri, 1998).

Les différentes cultures irriguées à partir de ces eaux sont les fourrages, les arbres fruitiers, les céréales, le coton et le tabac, et devait atteindre 20 à 30 000 ha dans les années suivantes (El Beche, 1995).

Au Maroc : Les eaux usées appréciées en tant que ressources en eau et comme source de fertilisation sont réutilisées pour l'irrigation depuis longtemps à l'aval de certaines grandes agglomérations continentales (El-Beche, 1995).

Tableau 4. Pays ayants des ressources en eau inférieures à 500 m³/habitant par an (Source : FAO. L'irrigation en Afrique en chiffres : Enquête AQUASTAT 2005).

Pays	Ressources en eau renouvelables internes par habitant et par an (m ³)		Ressources en eau renouvelables totales par habitant et par an (m ³)	
	1994	2004	1994	2004
Algérie	411	348	427	361
Egypte	30	25	964	749
Lybie	129	106	129	106
Tunisie	476	422	521	462

9.2. Normes FAO pour la réutilisation des eaux usées

La réutilisation de l'eau usée urbaine n'est pas un nouveau concept (FAO, 2003). Avec l'augmentation de la demande en eau, liée à l'augmentation de la population et à l'amélioration du niveau de vie, la réutilisation de l'eau usée acquiert un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaires en eau (FAO, 2003).

Les critères de qualité de l'eau usée traitée et les directives de son utilisation sont les bases essentielles d'une installation réussie de tout projet de recyclage d'eau usée traitée (Tableau 5) (FAO, 2003).

Tableau 5. Critères de rejets (FAO, 2003).

Critère	Valeur
PH	$5.5 \leq \text{PH} \leq 8.5$
DCO ₅	150 mg/l
MES	35 mg/l

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en eau, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées en vue de la protection de l'environnement et de la santé publique (Tableau 6) (FAO, 2003).

Tableau 6. Critères de qualité pour irrigation (FAO, 2003)

Critères	Qualité
Salinité.	Faible salinité.
Alcalinité.	Modérée (moins de Sodium Na).
Toxicité spécifique des ions.	Contrôle de Sodium(Na), le Chlore (Cl) et le Bore
Eliment, traces et métaux lourds.	Contrôle de Cadmium (Cd), le Cuivre (Cu), le Molybdène
Fertilisants dans les eaux usées	Potentiel fertilisant.

10. La réutilisation des eaux usées en Algérie

Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 750 millions de m³ et dépassera 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020. Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration (MRE, 2014).

10.1. Situation actuelle (exploitation)

Nombre de station d'épuration : 102 (52 STEP+ 50 lagunes). Capacité installée actuelle : 570 hm³/an (1999 : 28 STEP pour une capacité de traitement de 98 millions de m³/jour) (MRE, 2014).

Situation du programme en cours de réalisation : Nombre de station d'épuration: 176 (87 STEP+ 89 lagunes) Capacité installée : 355 hm³/an.

La capacité totale installée après l'achèvement de ce programme est de 925 millions de m³/an, c'est-à-dire l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité.

Les STEP sont gérées pendant 02 ans par les constructeurs puis par l'ONA avec un programme de formation pour garantir une continuité de service. Les STEP et lagunes sont dotées de laboratoires, pour assurer un suivi quotidien de la qualité des eaux à l'entrée et à la sortie des ouvrages ainsi que la qualité des boues (MRE, 2014).

Les laboratoires (DBO₅, DCO et MES) sont assistés par le laboratoire central de l'office national de l'assainissement (ONA) qui assure les analyses des métaux lourds sur les eaux et les boues des STEP (MRE, 2014).

10.2. Programme pilote lancé en Algérie (2010/2011)

Site 1 : Irrigation du périmètre de Hennaya (Tlemcen) : STEP : Ain El Hout (Tlemcen) ; Superficie projetée : 920 ha.

Site 2 : Irrigation du périmètre de M'Leta (Oran) : STEP : d'Oran ; Superficie projetée : 8 100 ha. Superficie à lancer : 600 ha à El kerma (dont 350 ha superficie hors périmètre). Superficie pilote : 350 ha.

Site 3 : Irrigation du périmètre de Témacine (Ouargla) : STEP : Lagune de Témacine ; Superficie totale projetée : 780 ha.

Site 4 : Irrigation du périmètre de Bordj Bou Arreridj : STEP : de Bordj Bou Arreridj ; Superficie projetée : 250 ha. Superficie équipée : 200 ha. Nombre de bornes d'irrigation : 21.

Bassin de régulation d'eau : 2 500 m³. Station de refoulement d'eau de la STEP vers le Bassin, dénivelée de 28 m.

Site 5 : Irrigation du périmètre de Sétif : STEP : de Sétif (Sétif) ; Superficie projetée : 800 ha (400 ha Arboriculture et 400 ha maraichage). Superficie équipée : 800 ha. Manque de station de refoulement.

Site 6 : Irrigation du périmètre de Hamma Bouziane (Constantine) : STEP : de Constantine. Superficie projetée : 400 ha.

Site 7 : Irrigation du périmètre de Mascara : STEP : Mascara. Superficie projetée : 600 ha. Lagune : Ghris. Superficie projetée : 150 ha. Lagune : El Hachem. Superficie projetée : 150 ha. Superficie totale engagée dans ce programme pilote: 12 000 ha (Figure 7) (MRE, 2014).

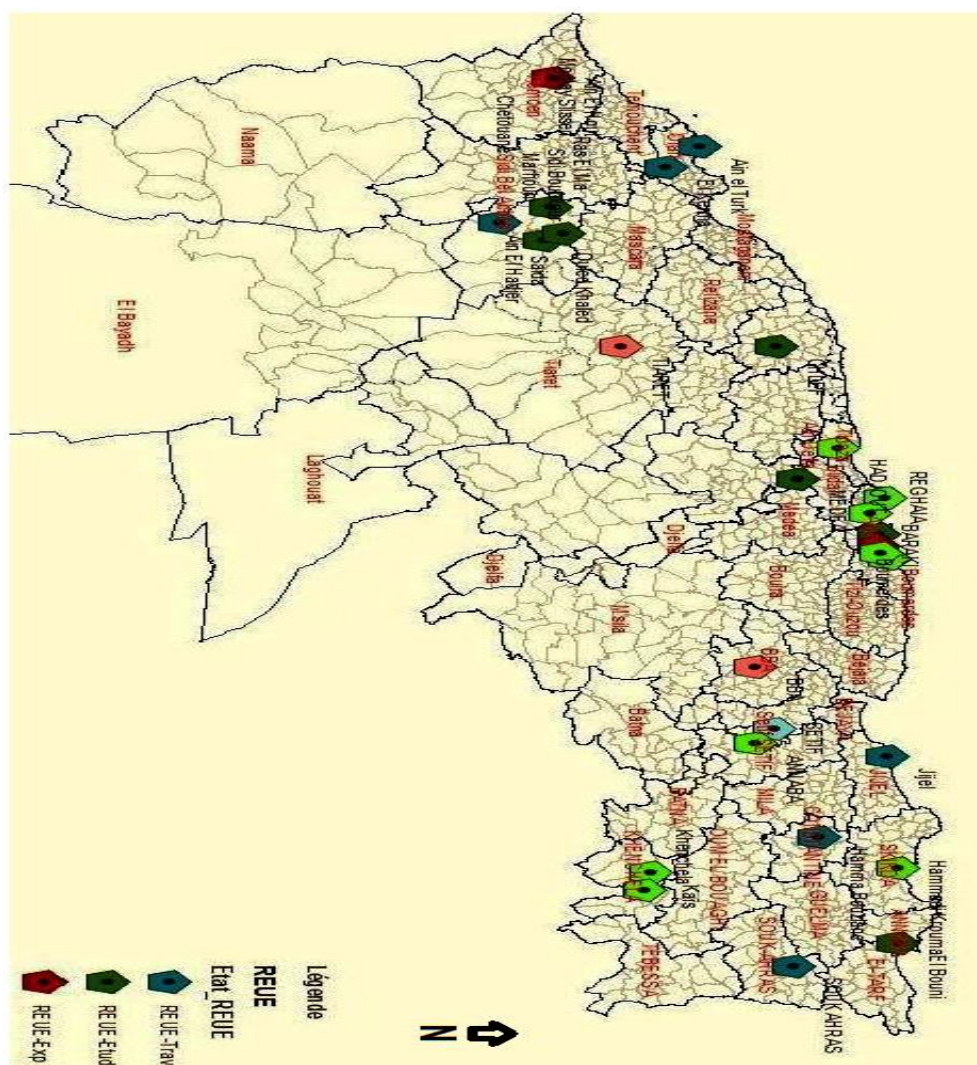


Figure 7. Projets de réutilisation des eaux usées en Algérie du nord (MRE, 2016).

11. Le traitement et la valorisation des eaux usées en Algérie: un enjeu pertinent

En Algérie, les eaux usées représenteront un volume très appréciable de près de deux (2) milliards de m³, si la demande en eau est totalement satisfaite à cet horizon. Un tel volume, après épuration, pour des considérations écologiques ou de protection des ressources en eau, sera très apprécié quant à son utilisation par l'agriculture ou l'industrie (MRE, 2014).

La stratégie du Ministère des Ressources en eau dans le domaine de l'épuration est basée sur protection de la ressource hydrique, l'éradication des fosses septiques, le confort et le bien-être des citoyens, la protection du littoral conformément à la Convention de Barcelone et la réutilisation des eaux usées épurées, notamment à des fins agricoles (MRE, 2014).

Actuellement, 134 stations d'épuration (STEP et lagunes) sont en fonctionnement, avec une capacité installée estimée à douze (12) millions d'équivalent habitant (EQH), soit 800 Hm³/an.

Ainsi, d'une part, la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles est devenue l'un des axes principaux de la stratégie du secteur des ressources en eau en Algérie. D'autre part, l'assainissement en Algérie a toujours été considéré comme faisant partie des missions relevant du domaine de l'hydraulique et sa gestion indissociable de celle de l'alimentation en eau potable (MRE, 2014).

Mais, en tant parent pauvre, l'assainissement a peu bénéficié et des investissements du secteur des ressources en eau et de la manne financière réservée à l'eau potable. En effet, durant les trois premières décennies postindépendance, les systèmes d'assainissement hérités de la période coloniale, sont restés en l'état (MRE, 2014).

C'est-à-dire que tous les égouts débouchaient sur les oueds pour finir à la mer. Cette manière de faire a engendré la pollution des eaux de surface (les oueds sont devenus des émissaires d'eaux usées), souterraines (certaines nappes phréatiques sont impropres à la consommation) et celles du littoral (les alentours des grandes agglomérations côtières comme Alger, Oran ou Annaba ou industrielles comme l'axe Arzew-Bethioua-Mostaganem et Skikda) (MRE, 2014).

Cette situation a changé par la suite avec la création du Ministère des Ressources en eau (2000) qui a permis la dissociation de la gestion de l'assainissement et celle de l'alimentation en eau potable. Une direction de la gestion de l'assainissement et de la

protection de l'environnement au sein de ce ministère a été créée. Cette dernière a permis une meilleure prise en charge de l'assainissement et une prise de conscience de l'urgence en matière de réalisation et de rénovation des réseaux d'assainissement et d'infrastructures d'épuration des eaux usées (MRE, 2014).

A partir de ce moment, la mobilisation de l'eau potable, sa distribution, l'assainissement et la mobilisation de la ressource au profit de tous les secteurs, y compris l'agriculture, ont été considérés pris comme les principaux grands axes de la nouvelle stratégie élaborée par le ministre des Ressources en eau (MRE, 2014).

Un vaste programme de projets a été lancé durant la période 2000-2010, avec comme objectif essentiel l'amélioration du taux de collecte des eaux usées.

La raison étant que l'Algérie, pays semi-aride dans sa partie nord et la plus peuplée, faisait face à des sécheresses périodiques et persistantes parfois, a poussé les décideurs, face à la rareté de l'eau et pour rendre l'eau disponible, à planifier des investissements dans ce sens de l'ordre de 25 milliards de dollars durant cette décennie.

Ces projets d'importance nationale consistaient en la remise à niveau et l'extension du réseau national d'assainissement ainsi que la protection des villes contre les inondations et l'épuration des eaux usées par la réalisation de stations d'épuration à travers le territoire national.

Cependant, la disponibilité de l'eau n'était pas le seul défi de l'Algérie puisque la distribution posait aussi problème avec pas moins de 30% de l'eau perdue à cause de l'état défectueux des réseaux, de la mauvaise gestion et du déficit en stations d'épuration.

Pour rappel, l'Algérie ne comptait, en 1999, que 45 stations d'épuration, réalisées depuis l'indépendance dont 12 seulement en service en 2000 avec une capacité de traitement qui ne dépassait pas 90 millions d'eau usée traitée (MRE, 2014).

Cette prise de conscience de l'urgence en matière de réalisation et de rénovation des réseaux d'assainissement et d'infrastructures d'épuration des eaux usées a d'ailleurs nécessité en 2004 un conseil des ministres réservé exclusivement à l'assainissement pour prendre en charge sérieusement ce problème.

Ainsi, il a été décidé le lancement de 158 projets de réalisation d'infrastructures d'épuration, tous programmes confondus, pour un montant global dépassant les 200 milliards de dinars (MRE, 2014).

Ces projets ont aboutis à la réception de 134 stations d'épuration d'une capacité globale estimée à 800 Hm³/an (12 millions d'EQH) sur un volume d'eau rejeté estimé à 1,4 milliard m³/an. La plupart du volume épuré est réutilisée pour l'irrigation (MRE, 2014).

A l'avenir (2015-2020), 66 autres stations seront réceptionnées pour porter le nombre de stations d'épuration en exploitation à 200 dont 12 réservées à la protection du littoral. A titre d'exemple, la station d'El-Karma dans la wilaya d'Oran dont les eaux traitées permettra l'irrigation agricole de la plaine de Melata située au sud de la wilaya, sur une superficie de 8.100 hectares. Les superficies agricoles irriguées de cette wilaya atteindront les 15.000 ha contre 6.365 ha actuellement.

Dans la wilaya de Tlemcen, ces eaux permettront l'irrigation du périmètre de Hennaya (912 ha) à partir de la station d'épuration (STEP) d'Ain-El-Hout-Chétouane.

A Constantine, le périmètre d'irrigation de Hamma Bouziane (327 ha) le sera à partir de la STEP du même nom.

Alors que le périmètre de Dahmouni (1214 ha) dans la wilaya de Tiaret le sera à partir de la STEP en aval du chef-lieu de wilaya. Tandis que l'irrigation du périmètre de Bordj Bou Arreridj (350 ha) le sera à partir de la STEP de la ville (MRE, 2014).

12. La politique de l'eau, place de l'irrigation

L'Algérie est entrée dans le troisième millénaire avec une dotation en eau insuffisante (moins de 500 m³/hab/an) (Touati, 2010). Cette situation constitue un frein au développement socioéconomique. Par ailleurs, le pays est scindé en 3 grandes régions climatiques, le Sud peu ou pas du tout arrosé, l'Ouest moyennement et l'Est suffisamment arrosé avec des nuances pour chacune de ces zones (Touati, 2010).

De ce fait, la répartition des barrages s'est beaucoup plus concentrée, durant la période coloniale dans la région Ouest dans le but de compenser le déficit pluviométrique (Touati, 2010).

L'Algérie s'est peu souciée de ce déficit durant les deux premières décennies qui ont suivi l'indépendance puisque seuls trois barrages ont été achevés durant cette période (Touati, 2010). Il fallait qu'une assez longue période de sécheresse se déclare, dans les années 1980, pour qu'enfin on s'intéresse au secteur de l'hydraulique (Touati, 2010).

Il faudrait disposer entre 15 et 20 milliards de m³ par an, en réservant 70% à l'agriculture, pour parvenir à une sécurité alimentaire satisfaisante. C'est un défi titanesque lorsqu'on sait qu'on mobilise à peine au plus 5 milliards de m³ d'eau par an (PNUD, 2009).

La pression exercée sur ces ressources ne cessera de s'amplifier sous les effets conjugués de la croissance démographique et des politiques appliquées vis-à-vis des activités consommatrices d'eau (PNUD, 2009).

La sécheresse intense et persistante, observée en Algérie durant les 30 dernières années et caractérisée par un déficit pluviométrique évalué à 30% (50% durant l'année 2001- 2002), a eu un impact négatif sur les régimes d'écoulement des cours d'eau, entraînant des conséquences graves sur l'ensemble des activités socio-économiques du pays (PNUD, 2009).

L'aggravation des sécheresses conjuguée à la surexploitation des nappes phréatiques a entraîné la minéralisation des zones non saturées des nappes aquifères profondes, dans les régions semi-arides comme le plateau d'Oran et les hautes plaines occidentales. Le taux moyen d'utilisation des nappes phréatiques est de 79% dans la région Nord, il peut parfois atteindre et dépasser les 90% dans certaines zones (PNUD, 2009).

Vu le programme très important de développement de l'hydraulique agricole (objectif -1000000 ha), le Gouvernement Algérien a entamé un processus de révision des modalités d'intervention en milieu rural qui préconise une implication plus grande des acteurs locaux par le biais de la participation des bénéficiaires et de la décentralisation des différentes étapes de préparation, de mise en œuvre et de gestion des investissements consentis (PNUD, 2009).

Le programme national de développement agricole et rural (PNDRA), le programme national des concessions agricoles, sont aussi concernées par les appuis et accompagnement en matière de petite et moyenne hydraulique et ont opté pour les mêmes dispositifs (aides aux agriculteurs, utilisations de techniques d'irrigation économes d'eau, vulgarisation) (Messahel et Benhafid, 2004).

Compte tenu de la situation de stress hydrique, les pouvoirs publics ont vu dans cette opportunité un moyen de réduire ou du moins de préserver les ressources en eaux traditionnelles tout en accroissant la production agricole (MRE, 2014).

L'objectif déclaré des autorités est de comptabiliser 239 stations d'épuration des eaux usées (STEP) en 2014 correspondant à une capacité de 1,2 milliards de m³ par an d'eaux épurées. Le recours croissant à cette ressource d'eau non conventionnelle constitue une

incitation supplémentaire pour améliorer les capacités d'épuration des eaux usées et augmenter le taux de raccordement des particuliers au réseau d'assainissement (MRE, 2014).

L'Unesco estimait en 2010 que 50% des pays en voie de développement étaient exposés à des sources d'eau polluées (Labarrthe et Jumelet Sok, 2013). Le changement climatique, la croissance démographique et l'urbanisation des populations ne font que complexifier la recherche d'un équilibre entre offre et demande d'eau traitée (Labarrthe et Jumelet Sok, 2013). Parmi les pratiques les plus répandues actuellement dans le monde entier, celle de la réutilisation des eaux usées en agriculture qui consomme plus de 80% des ressources hydriques exploitées (Habib et El Rhazi, 2007).

Cette réutilisation en agriculture semble la solution pour compenser le besoin en eau pour l'irrigation en raison de la rareté croissante de l'eau. Aussi, la richesse en éléments fertilisants tels que l'azote, le phosphore et le potassium, nécessaires pour le développement des plantes et aussi pour la fertilisation du sol, permet d'économiser l'achat des engrais et d'augmenter la production agricole (Habib et El Rhazi, 2007).

La réutilisation des eaux usées en est encore au stade des expériences pilotes. La ressource potentielle est très importante, car les STEP en exploitation ou en cours de réhabilitation ont une capacité de traitement intéressante. La mise en œuvre de la réutilisation des eaux usées se heurte cependant à des difficultés juridiques et elle pose des risques sanitaires qui doivent être évalués (MRE, 2014).

En principe, la réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. C'est dans ce sens qu'aujourd'hui, en Algérie, la stratégie nationale du développement durable se matérialise particulièrement à travers un plan qui réunit les trois dimensions socio-économico-environnementale (MRE, 2012).

Le réseau national d'assainissement totalise 27000 kilomètres de longueur. Le taux de recouvrement est, hors populations éparses, de 85%. Le volume global d'eaux usées rejetées annuellement est évalué à près de 600 millions de m³, dont 550 millions pour les seules agglomérations du nord. Ce chiffre passerait à près de 1150 millions de m³ à l'horizon 2020 (MRE, 2012).

En principe, la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit être destinée en priorité aux zones déficitaires en eau conventionnelle (MRE, 2012).

Quoique, parmi les stations d'épuration exploitées par l'ONA (Office Nationale

d'Assainissement) à travers les 43 wilayas qui en sont pourvues, quelques-unes seulement sont planifiées actuellement pour agricole (MRE, 2012).

Ainsi, à fin 2011, le volume réutilisé est estimé à dix-sept (17) millions de m³/an, irriguant environ 10.000 hectares de terres agricoles (MRE, 2012). Ce potentiel d'exploitation des eaux usées épurées à des fins agricoles évoluera d'une manière significative jusqu'à atteindre 200 millions de m³, tandis que le nombre de stations concernées s'élèvera 25 à l'horizon 2014 (MRE, 2012).

Néanmoins, actuellement, le nombre de stations d'épurations, en cours de réalisation ou en cours d'étude, gérées par l'ONA et concernées par les projets de réutilisation des eaux usées épurées, s'élève à douze (12) et peut irriguer plus de 8.000 hectares de terres agricoles (MRE, 2012).

Un autre plan d'action entre ONA et ONID (Office National d'Irrigation et de Drainage) est en cours d'étude, pour définir les possibilités réelles d'une éventuelle réutilisation des eaux usées épurées des stations d'épurations exploitées par l'ONA pour l'irrigation des Grands Périmètres d'Irrigation (GPI) gérés par l'ONID au niveau de cinq (05) bassins hydrographiques nationaux (MRE, 2012).

Chapitre 2 : Cas d'application, approche pour la région de Batna.

1. Présentation de la région d'étude

Située au nord-est de l'Algérie, la wilaya de Batna est limitée au nord par les wilayas de Sétif et d'Oum El Bouaghi, à l'ouest par la wilaya de M'sila, à l'est par les wilayas de Khenchela et de Oum El Bouaghi et au sud par la wilaya de Biskra. Elle s'étend sur 90 km du nord au sud et sur 180 km d'est en ouest (Figure 8).

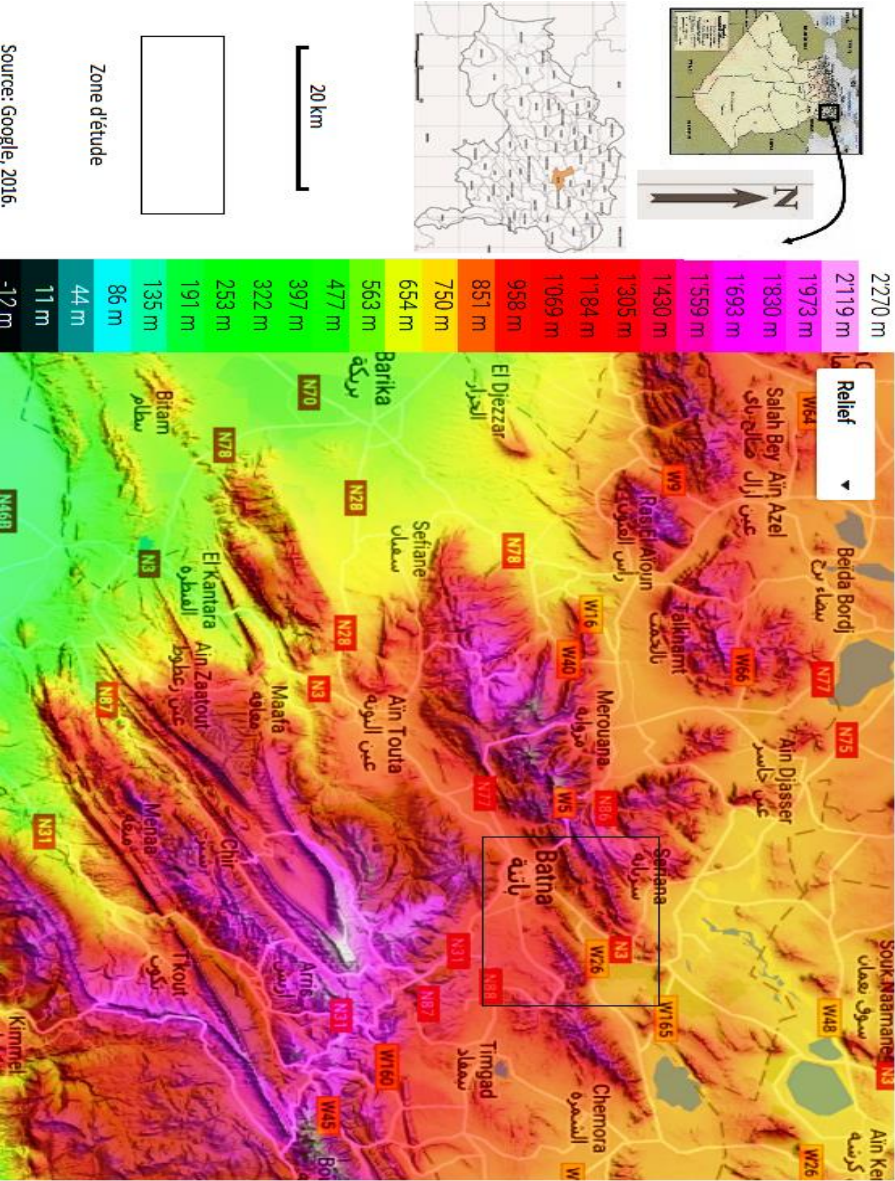


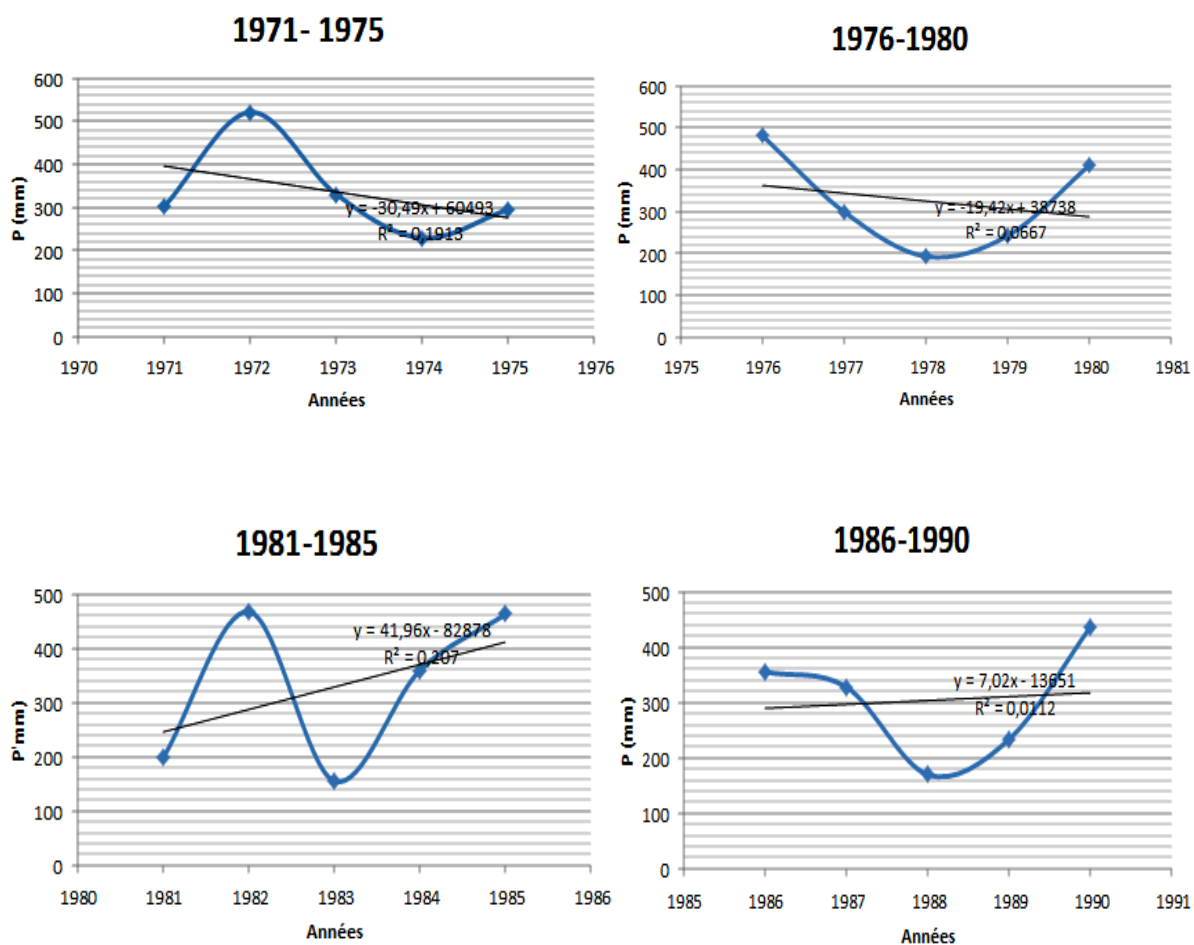
Figure 8. Situation géographique de la région de Batna.

La région de Batna couvre alors une superficie d'environ 12.028, 24 km². Le relief de la région de Batna se compose essentiellement de hautes plaines du massif montagneux de l'Aurès et d'une portion de la cuvette du Hodna (Dekhinet et *al.*, 2007). La forme montagneuse traverse la région de l'est et de l'ouest. On note aussi la présence d'une zone de plaines sur la partie nord, et entre les chaînes montagneuses.

1.1. Climat

Pour l'étude des caractéristiques climatiques, nous avons exploités les données relevées pour une période qui s'étale de 1971 à 2010. D'après la série pluviométrique (1971-2010), on a remarqué une variation de précipitation d'une année à une autre.

La figure ci-dessous montre la lame de pluies annuelles enregistrée dans la région de Batna (1971-2010). Sur le plan climatique, les principales caractéristiques du climat de la région de Batna sont montrées une déficience de la pluviométrie, un particulier des zones semi-arides (Figure 9).



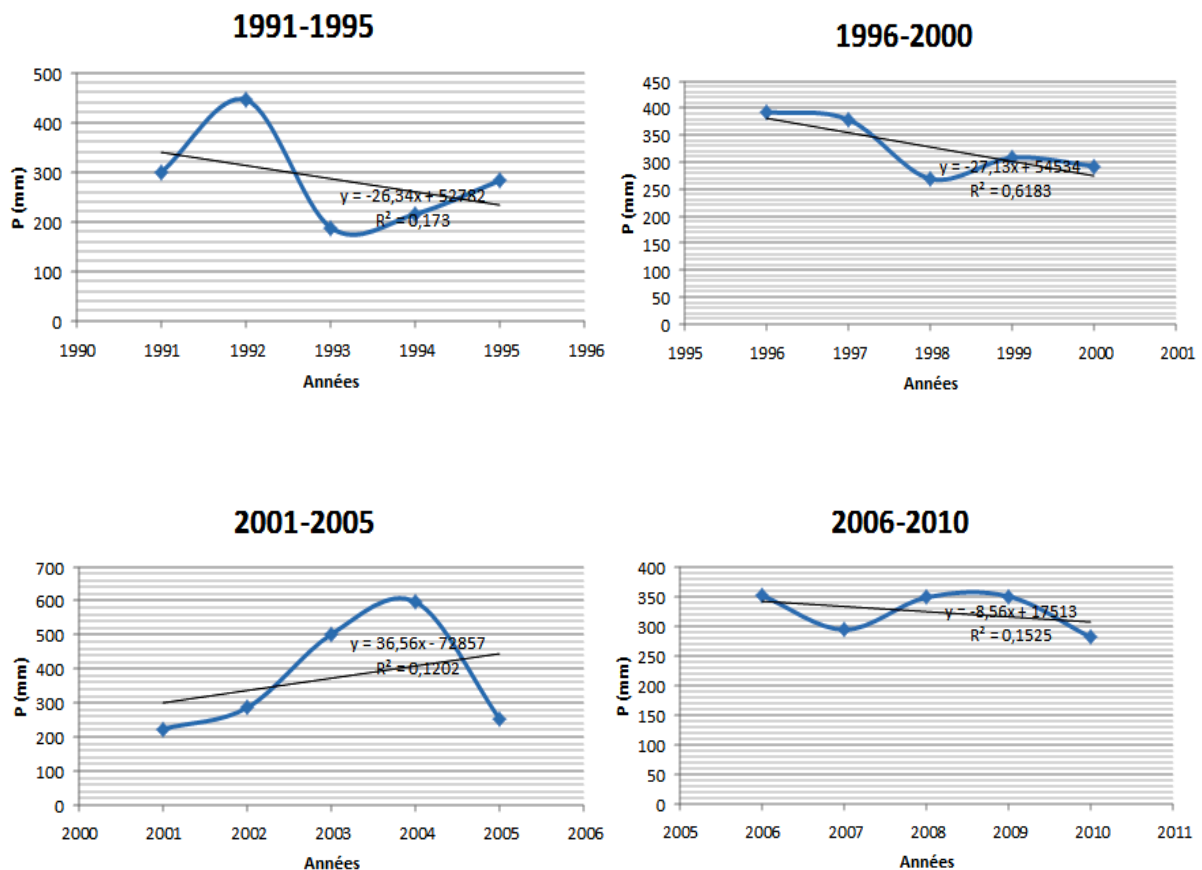


Figure 9. Régime annuelle de précipitation sur 40 ans (1971-2010).

Un diagramme Ombrothèrmique est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des éléments du climat d'une région du point de vue précipitation et température pendant une période donnée et permet de préciser et de mettre en évidence la durée de la période sèche.

La sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P) exprimée en mm est inférieur au double de la température moyenne exprimé en degrés Celsius ($P \leq 2T$). À cet effet, nous pouvons constater, que la région de Batna subit une période sèche de cinq (5) mois qui s'étale de début juin à octobre et qui culmine au mois de juillet (Figure 10).

1.2. Ressources en eau

L'exploitation des eaux souterraines présentées par la direction des ressources en eau de Batna est plus importante que celle des eaux superficielles en dépit de l'existence de trois bassins versants: bassin constantinois, du Hodna et celui des Aurès N'memcha (DREB, 2012).

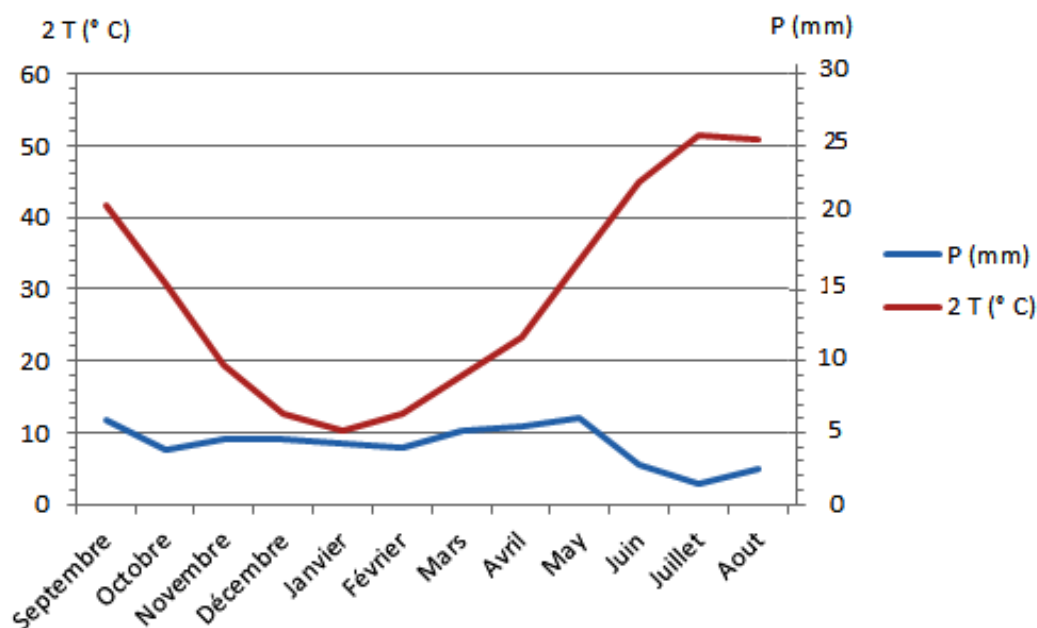


Figure 10. Diagramme Ombrothèrmique de Gaussen de la région de Batna.

La mobilisation d'une partie de ces eaux est assurée essentiellement par un seul barrage, Koudiat Medaouer d'une capacité de 74 hm³ et par 12 retenues collinaires de moindre importance d'une capacité de 5, 97 hm³. Les eaux captées par le barrage sont destinées à l'alimentation en eau potable (AEP), celles captées par les retenues collinaires sont destinées à l'irrigation (DREB, 2012).

Mais pour satisfaire les 422 877 hectares de superficie agricole utile, la wilaya de Batna a recours aux forages ; ils sont au nombre de 580 dont 30 sont abandonnés (DREB, 2012).

1.2.1. Infrastructures hydro agricoles

- Forages : 2.040 pour un débit de 12 230 l/s
- Puits : 6.293 pour un débit de 7 074 l/s
- Sources : 250 pour un débit de 450 l/s
- Retenues collinaires : 12 pour un volume régularisable de 2 000 000 m³ (Capacité : 5 828 000 m³)
- Barrages : 01 Irrigation de trois (03) futurs périmètres d'une superficie totale de 23.090 Ha à partir des transferts des eaux du barrage de Béni-Haroune (wilaya de Mila)
- Bassins d'accumulation : 3 080 pour une capacité de 335 180 m³

- Seguias : 500 km
- Mares : 26 pour une capacité de 650 000 m³ (Figure 11) (DSA, 2014).

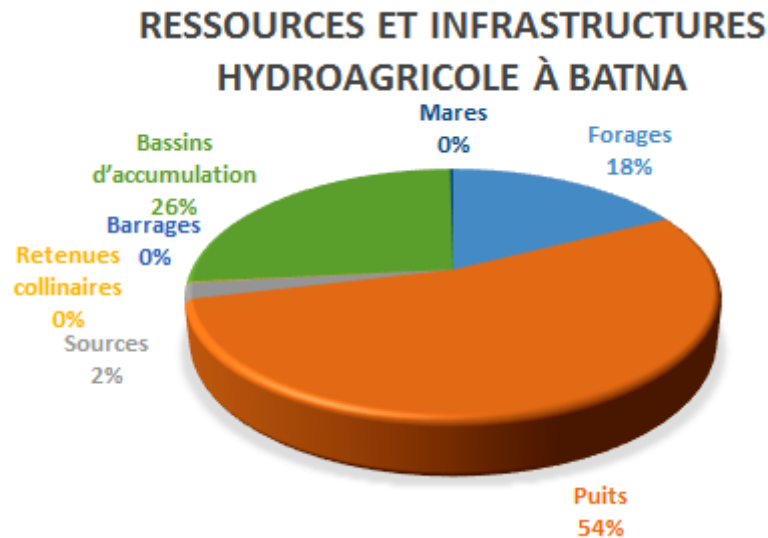


Figure 11. Les infrastructures hydro agricoles dans la région de Batna.

(Source : DSA, 2014)

1.2.2. L'Aménagement du barrage de Beni Haroun

Atout maître pour les Aurès (Batna), l'aménagement du barrage de Beni Haroun est le principal système de la région. Il permettra d'assurer un volume annuel de 504 millions de m³, 242 millions de m³ pour l'A.E.P de 4 620 000 habitants et 262 millions de m³ pour l'irrigation de 30 000 hectares (y a compris la région Batna) (Figure 12) (MRE, 2012).

1.3. Hydrologie

L'ensemble de la wilaya de Batna est réparti sur trois grands bassins versants, selon la répartition faite par l'ANRH (Agence national des ressources hydriques).

1.3.1. Les Bassin versants

- Le Bassin du Constantinois situé au Nord et Nord Est qui s'étend sur une superficie de 4 037 km² dans le territoire de la Wilaya (DREB, 2012).
- Le Bassin versant du Hodna situé à l'Ouest qui s'étend dans les limites de la Wilaya sur une surface de 4 394 km².

- Le Bassin des Aurès Nememcha qui occupe la partie Sud et Sud Est de la Wilaya sur une superficie de 5 611 km².

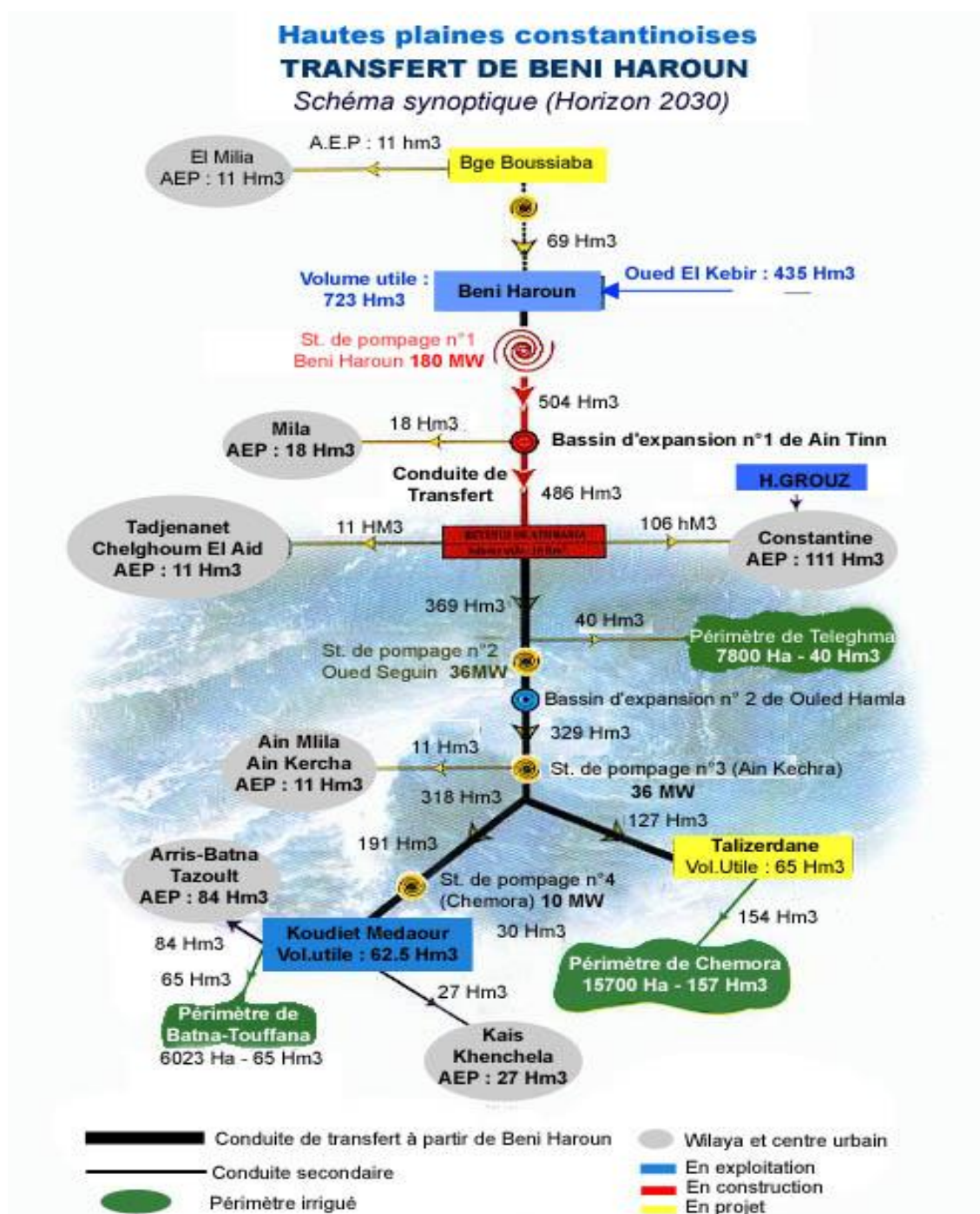


Figure 12. Aménagement du barrage de Beni Haroun pour l’irrigation de la région de Batna.
(Source : MRE, 2014).

A cet effet, l'analyse des potentialités en eau de surface est donc effectuée selon ces 3 grandes régions hydrographiques de la wilaya.

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

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

La partie Ouest de la Wilaya est caractérisée par la présence du Chott El Hodna, point d'arrivée de certains Oueds qui se dirigent vers le Sud-Ouest, en particulier l'Oued de Barika et celui de Bitam (DREB, 2014).

Cependant, le réseau hydrographique qui concerne les versants des régions du Chott El Hodna et des hauts plaines Constantinois est presque, totalement compris dans les limites de la Wilaya et les eaux de surface drainées par le réseau hydrographique de ces deux bassins versants ne peuvent être utilisées que dans la Wilaya de Batna où le cas échéant se perdent dans les Chotts.

Pour les autres cours d'eau qui s'écoulent en direction du Sud et toujours à partir du massif des Aurès, ils ont leurs exutoire dans le Chott Melrhir en dehors des limites de la Wilaya ; et sont, en procédant d'Ouest en Est; l'Oued el Haï, Oued Labioud, Oued Abdi et Oued Arab (Figure 13) (DREB, 2014).

Les écoulements qui se produisent dans cette partie alimentent les zones productives en aval (Piémonts Sud des Aurès, Wilaya de Biskra).

Tout le réseau hydrographique est étroitement lié aux précipitations ainsi qu'il est surmonté par une atmosphère à très fort pouvoir évaporant (DREB, 2014).

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

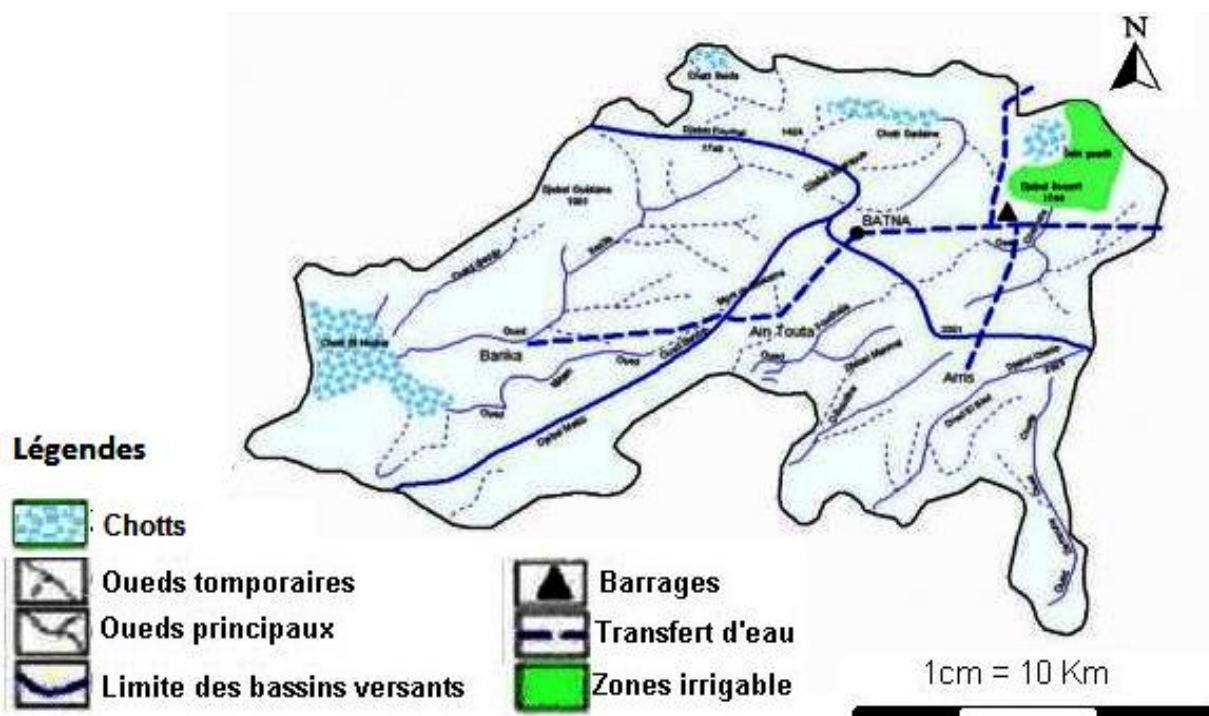


Figure 13. Les ressources en eaux superficielles dans la région de Batna (ANDI, 2012).

Cependant nous attirons l'attention sur la vulnérabilité des ressources en eau dans les trois régions qui constituent la Wilaya, que ce soit les eaux superficielles ou les eaux renouvelables des nappes souterraines (Figure 14) (DREB, 2014).

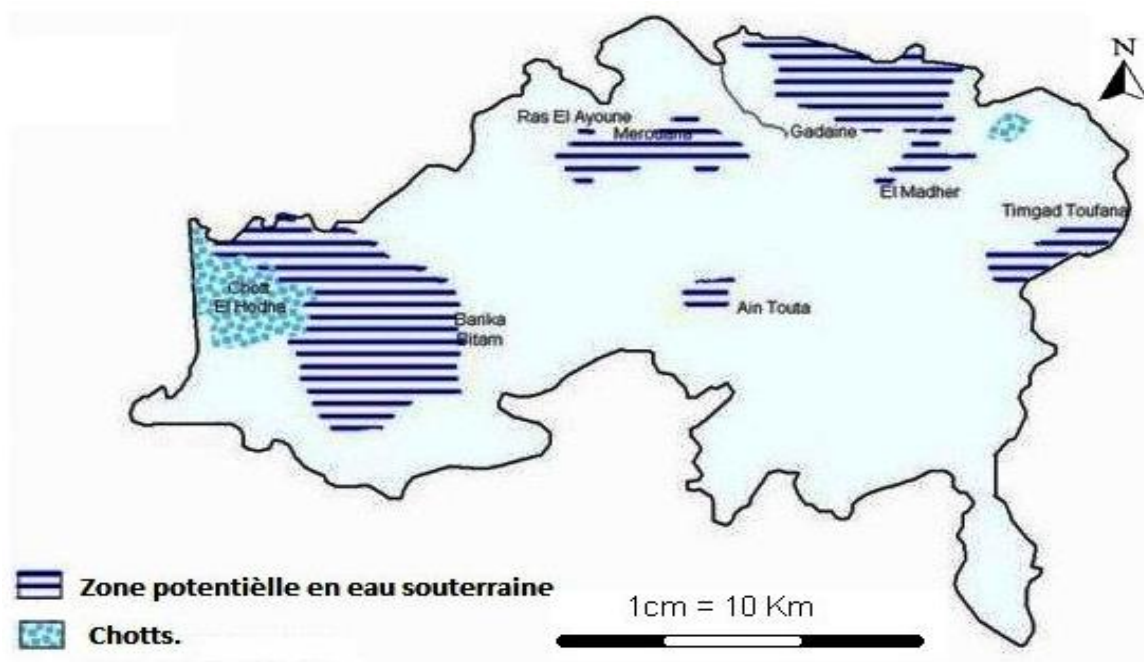


Figure 14. Les ressources en eaux souterraines dans la région de Batna (ANDI, 2012).

1.3.2. Le Bassin versant des hautes plaines constantinoises

Les Hauts plaines constantinoises de l'est situé dans les étages bioclimatiques semi-arides à arides (200 à 400 mm/an de précipitation) et renfermant de grandes dépressions continentales salées appelées chotts et sebkhas (Ferhat, 2013).

Les hautes plaines constantinoises composent un domaine de transition entre l'atlas tellien et l'atlas saharien. Les bassins sédimentaires présentent la spécificité de subsidence des formations. Par voie de conséquence la lithologie mésozoïque est assez hétérogène à composition calcaro-marneuse intercalée de grès et à tectonique plastique et cassante de grande envergure. La sédimentation tertiaire y est également très puissante, à remplissage bien spécifique au milieu (Ferhat, 2013).

Morphologiquement, les plaines d'altitude moyenne 940 m présentent la particularité d'une organisation en cuvettes à plans d'eaux salées et à réseau hydrographique mal organisé. En période pluvieuse, les sebkhas et les chotts écoulent le surplus en eau les uns vers les autres, tels des vases communicants, le long de la ligne des effondrements mésozoïques (Ferhat, 2013).

Ce système hydrographique est alimenté par la mise en crue des Oueds et semble soutenu par la nappe superficielle de la couverture mio-plio-quadernaire et les émergences karstiques.

L'existence des plans d'eau salée est la conséquence d'un climat semi-aride à aride, à pluviosité faible, entre 250 et 350 mm/an, concentrée entre le mois de Février et le mois de Mars, parfois capricieuse pouvant atteindre un minimum de 150 mm/an ou un maximum de 500 mm/ an.

Pourtant, dans cette région à faible pluviosité, émergent de la couverture de plusieurs sources froides de la nappe superficielle et quelques sources karstiques froides et chaudes ; véritable paradoxe entre la ressource renouvelable et la ressource souterraine. Géologiquement, les hautes plaines constantinoises appartiennent à l'avant-fossé (Ferhat, 2013).

La structuration des formations confère à ce domaine le caractère original de synclinaux élevés entre les grandes structures anticlinales. Dans l'ensemble, les hautes plaines constantinoises se présentent en large couloir topographique E-W, composé de plusieurs dépressions (Benazzouz, 1986).

Les hautes plaines sud constantinoises séparent ainsi, l'Atlas tellien qui les domine faiblement de l'Atlas saharien qui se soulève fortement dans l'Aurès signifiant le cœur de l'atlas saharien. Parsemées de chaînes de montagnes qui s'élèvent entre 1100 et 1700 m, l'altitude des hautes plaines atteint de 800 à 1000m. Les montagnes qui couvrent le cinquième de la surface cloisonnent les dépressions fermées avec leurs sebkhas (Ferhat, 2013).

D'un point de vue géomorphologique, l'évolution orohydrographique de ce vaste bassin étroitement liée aux cycles d'érosion succédés depuis le Plio-Quaternaire, a abouti à la formation de plusieurs bassins E-W drainés par des cours d'eau à régime endoréique, et de petites dépressions comblées d'eau salée. Dans cette région, à climat typiquement semi-aride, les terrains quaternaires contiennent fréquemment des croûtes calcaires (Ferhat, 2013).

Les plaines sud constantinoises présentent la particularité d'un réseau hydrographique en relaye ; tels que le chott Gadaïne relié plus au Nord au chott Tinnsilt (à proximité de sebkhet Ez Zemoul) par un bras de chotts, et Garaat Ank Djemel reliée à proximité nord à Garaat Maghzel (Figure 15) (Ferhat, 2013).

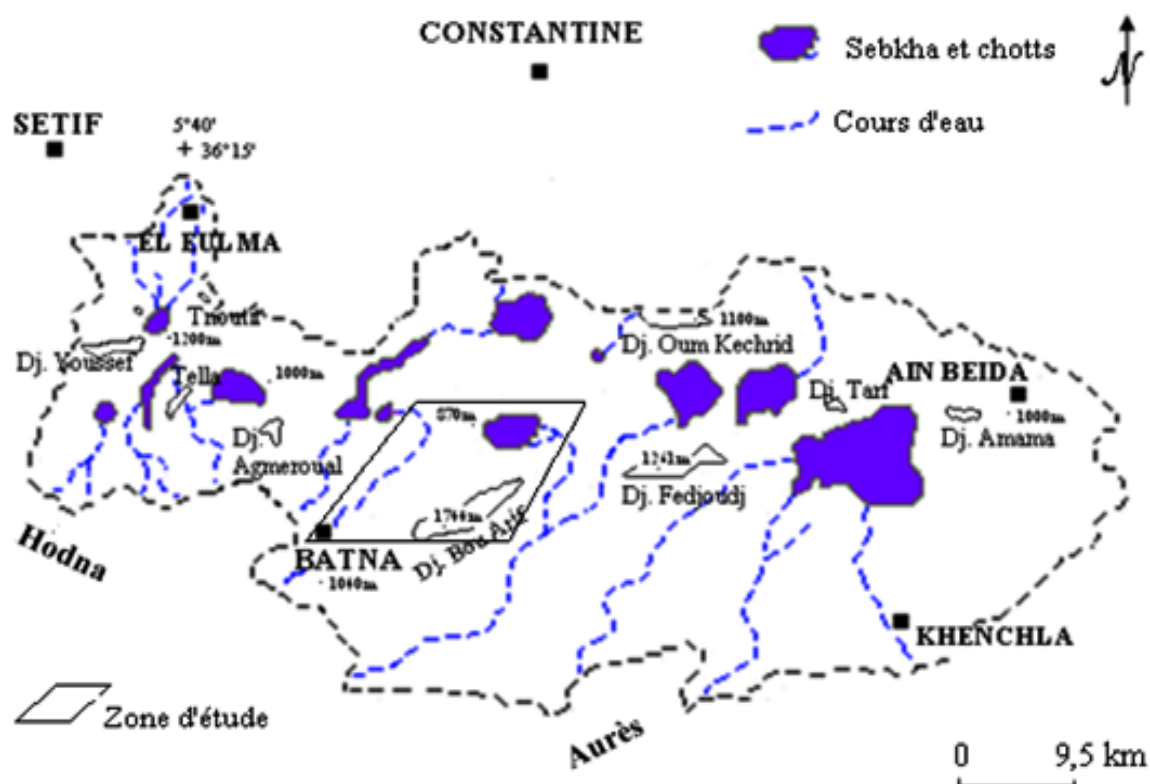


Figure 15. Bassin versant des hauts plaines Constantinois (Ferhat, 2013).

2. Agriculture

La surface agricole totale est de 744026 hectares, parmi laquelle on trouve seulement 422677 hectares comme surface agricole utile (SAU). La jachère occupe annuellement une superficie d'environ 254000 hectares de la SAU (DSA, 2009).

2. 1. Systèmes de production agricole

Les surfaces irriguées occupent moins de 30700 hectares, et elle concerne les fourrages vertes, les cultures maraîchères, les cultures industrielles, et environ 70% d'arboriculture fruitière. En générale les cultures pratiquées au niveau de la région de Batna sont : les céréales d'hiver, les fourrages, les cultures industrielles, les cultures maraîchères et l'arboriculture fruitière (Figure 16).

2.1.1. La céréaliculture

La céréaliculture pratiquée dans la région de Batna est caractérisée par une faible production. La pression exercée par les facteurs du milieu, notamment l'irrégularité des pluies et leurs insuffisances dans la plupart des cas, les mauvaises pratiques culturales sont des facteurs qui agissent directement sur les rendements.

Les cultures plantées sont principalement les céréales d'hiver avec une surface d'environ 115997 hectares. On compte le Blé dur avec une surface de 47166 hectares, le Blé tendre : 7969 hectares, Orge : 59483 hectares et l'Avoine : 1379 hectares. Ces cultures sont concentrées en zones de plaines dans les régions de : Timgad, Chemora, Boulihilat, Ain yagot, Seriana, Lazro et Zana (DSA, 2009).

2.1.2. Les cultures fourragères

Les légumineuses fourragères occupent une superficie de 30966 hectares ; le développement des fourrages basés sur des légumineuses locales permet à la région d'assurer certaines productions. La surface de fourrages irrigués est de 19735 hectares alors qu'une surface de 11231 hectares est consacrée aux fourrages en vert.

Les régions de production des fourrages sont : Fourrages sec : Djerma, Zana, Seriana, Ain jasser, Maadher, Ras ayoun et Ouled fadel. Fourrages vertes : Barika, Bitam, Fesdis, Ouled amar, Djerma, Boumia, Seriana, Hassi, Ain jasser et Zana (DSA, 2009).

2.1.3. Les cultures industrielles

Ce sont des cultures à faible importance avec une surface de 681 hectares, parmi lesquelles : Tomate industrielle : 160 hectares ; Tabac : 721 hectares. On les trouve dans les régions de plaines : Belzma, Ras ayoun, Zana et Lazro (DSA, 2009).

2.1.4. Les cultures maraîchères

La superficie occupée est de 6289 hectares ; la plus importante c'est la pomme de terre avec une surface de 1457 hectares. On les trouve dans les régions de : Bomia, Ksar belazma, Ouled amar, Ouled salam, Timgad, Ain Jaser et Hassi (DSA, 2009).

2.1.5. L'arboriculture fruitière

Les cultures fruitières sont présentes dans toutes les régions de Batna, leurs productions varient d'une zone à l'autre ; les cultures fruitières (à pépins ou à noyaux) occupent une superficie d'environ 14441 hectares.

Pour ce qui concerne les cultures fruitières à noyaux, ce sont les abricotiers qui occupent la plus grande superficie avec 4231hectares. Quant aux cultures fruitières à pépins, c'est le pommier qui prédomine avec 3253 hectares. L'olivier occupe une surface d'environ 4888 hectares.

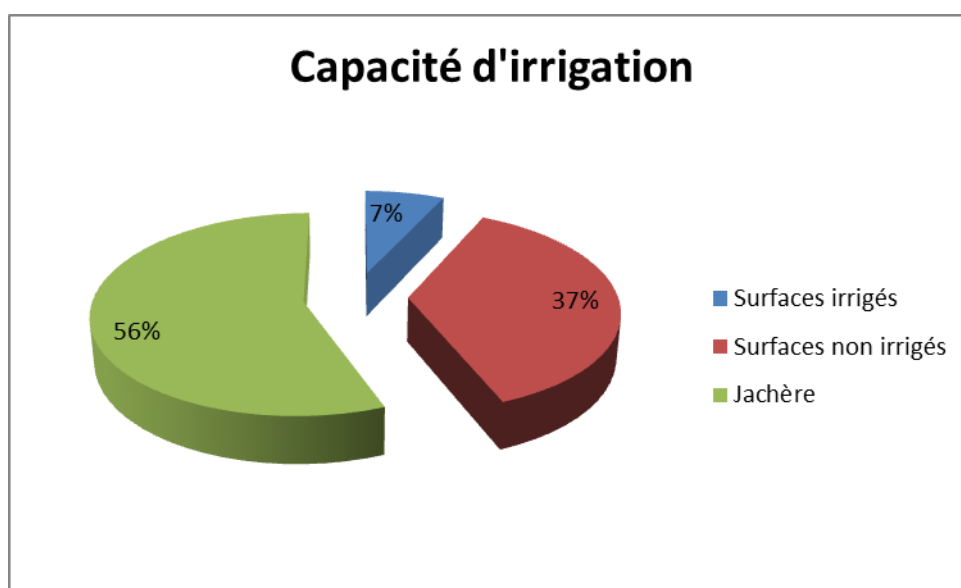


Figure 16. La Capacité d'irrigation dans la région de Batna.

(Source : DSA, 2009)

2.2. Potentialités agricole

La région de Batna est à vocation agro-sylvo pastorale avec une prédominance de la céréaliculture qui est la principale spéculation effectuée dans la wilaya. La superficie qui lui

est affectée est de 149 800 Ha de la SAU totale de la wilaya. L'élevage ovin est conjugué avec l'apiculture et l'aviculture. L'industrie n'occupe que 6% de la population active et reste quelque peu marginal (DSA, 2013).

Mais il n'en demeure pas moins que des opportunités existent et restent à développer notamment dans les industries agro-alimentaires. Au niveau du secteur agricole, il est intéressant de s'orienter vers la revalorisation de l'arboriculture: (abricotiers, oliviers, pommiers). Il est à signaler que l'aviculture est devenue d'envergure nationale puisqu'elle participe avec un taux appréciable à la production nationale (DSA, 2013).

2.2.1. Occupation des terres

Le stock de terre disponible conditionne en partie la croissance agricole; toutes les données relatives au potentiel agricole de l'Algérie, s'accordent à souligner l'état limité des ressources en terre, et le caractère avancé de la dégradation de certains milieux physiques (Bessaoud et Tounsi, 1995). La région de Batna est essentiellement montagneuse, les terres agricoles n'occupent qu'une très faible part de la superficie totale du territoire (DSA, 2013).

Ces terres se trouvent insuffisamment en plaine; les terres en forte pente, donc exposées à une forte érosion hydrique (Figure 17). Par ailleurs, elles sont souvent, soit trop lourdes, donc difficiles à travailler, soit trop légères, donc fortement soumises à l'érosion éolienne et hydrique (Bédrani et *al.*, 1997).

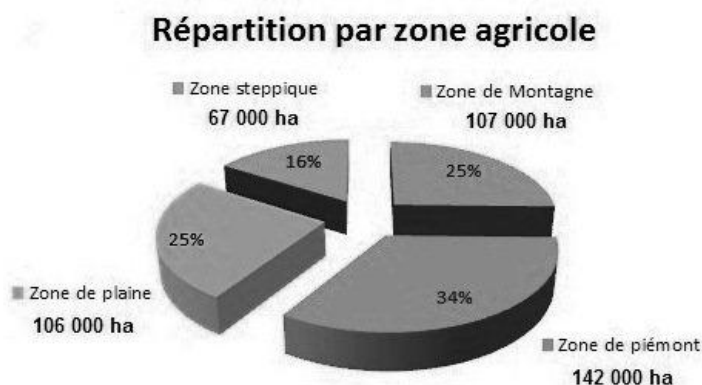


Figure 17. Répartition des terres par zone agricole (Source: DSA, 2013).

Ajoutés à ces agressions naturelles, les sols de qualité médiocre (Griesbach, 1993), ont subi au cours de ces derniers siècles, les agressions du milieu humain et de techniques de culture (dry farming en particulier), qui ont d'une part, très largement entamé leur capital humique, et d'autre part, fragilisé certains écosystèmes (Bessaoud et Tounsi, 1995).

La frontière agricole a été atteinte dans la région de Batna, la désertification d'une part, et l'élevage pastoral d'autre part, ont fait reculer les limites maximales de production, et ont de ce fait, gagné des zones fragiles et marginales (DSA, 2013) (Tableau 7).

Tableau 7. Affectation des terres.

Types	Superficies (ha)	%
S.A.U	422.677	35,11
Bois et Forêts	290.038	24,09
Parcours et Pacages	237.426	19,72
Terres Alfatières	3.000	0,25
Terres Improductives	250.735	20,83
Total	1.203.876	100

(Source : DSA, 2013)

2.2.2. Répartition des terres utilisées par l'agriculture

Sur les 1221 883 ha de terres utilisées par l'agriculture, 786 706 ha sont considérés comme terres inutiles, 12 500 ha sont en cours de mise en valeur, et le reste (422 677 ha) constitue la superficie agricole utile (DSA, 2013) (Figure 18).

La SAU par habitant a baissé de 60% en 30 années; en 1990, l'Algérie ne disposait plus que de 0.30 ha par habitant, contre 0.73 ha en 1962 (Bessaoud, 1994). Au-delà de ce ratio, il faut mettre l'accent sur la mauvaise structure de ce potentiel productif; les zones agricoles à potentialités naturelles favorables, ne couvrent qu'une faible portion du surface agricole utile (SAU) (Bessaoud, 1994).

2.2.3. Les structures foncières

Les structures foncières actuelles, sont marquées par l'existence d'une pléthore de micro exploitation de moins de cinq (5) ha. En effet, en matière de taille des exploitations, l'agriculture reste largement dominée par la petite exploitation; où 72% des exploitations ont une taille inférieure à 10 ha, dont 55,7% de moins de 05 ha, sans compter les éleveurs sans terre (Bédrani, 2002).

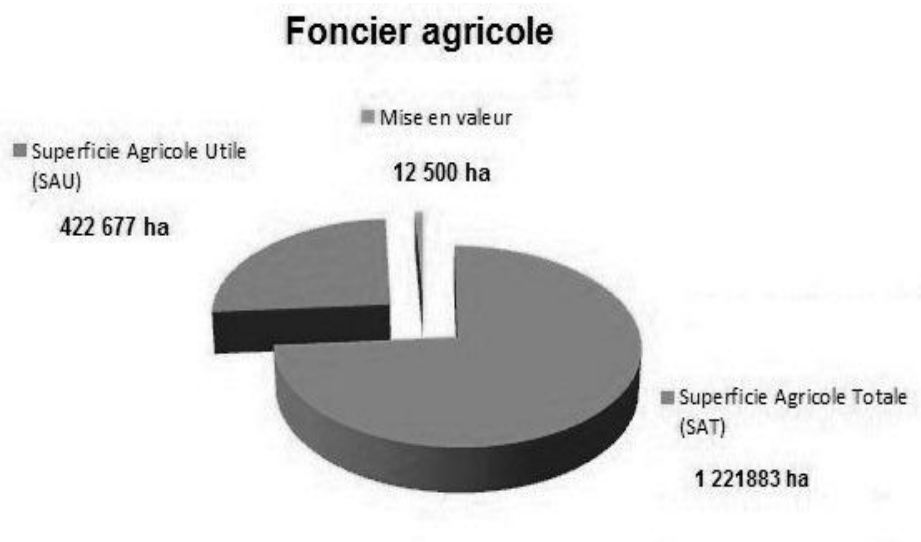


Figure 18. Le foncier agricole dans la région de Batna (Source: DSA, 2013).

Le recensement général de l'agriculture 2001 dénombre 1 023 799 exploitations pour plus de 08 millions de SAU, avec une surface moyenne d'exploitation de 8,3 ha (Sadki, 2003).

Alors, que le nombre d'exploitations agricoles, ne dépassait pas 653 000 exploitations en 1960, et 899 545 exploitations en 1972-1973 (Bédrani, 2002). La réduction des assises foncières, est le résultat de l'effet combiné, des politiques foncières successives, ainsi que des partages successoraux.

La quasi-totalité des exploitations du secteur productif agricole dans la région de Batna est aujourd'hui à gestion privée, malgré la diversité des formes de propriété (DSA, 2013) (Figure 19). Les productions céréalières en sec et l'élevage extensif de ruminants prédominent.

Au cours des dernières années, les productions ayant eu la plus forte croissance sont celles aux valeurs ajoutées les plus élevées: fruits, maraîchage. Les cultures industrielles restent marginales (sauf l'huile d'olive). Les céréales continuent à stagner dans l'ensemble et à enregistrer de fortes variations interannuelles (DSA, 2013).

Les réformes agraires en Algérie, ont limité la grosse propriété foncière, et ont entraîné une diminution de la concentration des exploitations, dont les conséquences sur l'occupation du sol, et la dynamique humaine et animale, sont importantes (Baci, 1999).

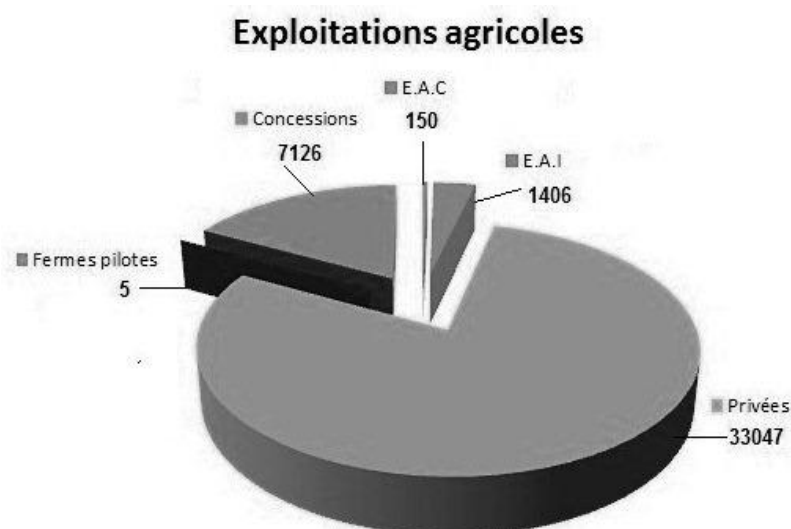


Figure 19. Les exploitations agricoles dans la région de Batna (Source: DSA, 2013).

EAC : Exploitation agricole collective, EAI : Exploitation agricole individuelle, Ferme pilote : Exploitation agricole propriétaire de l'état.

Les partages successoraux de leur part, ont de plus en plus morcelé et partagé les terres entre les héritiers (Figure 20). La tendance est même à une diminution de la taille des exploitations, par suite de la fragmentation inévitable des terres à chaque génération (Laour et Abdelguerfi, 1997).

Statut juridique du foncier agricole

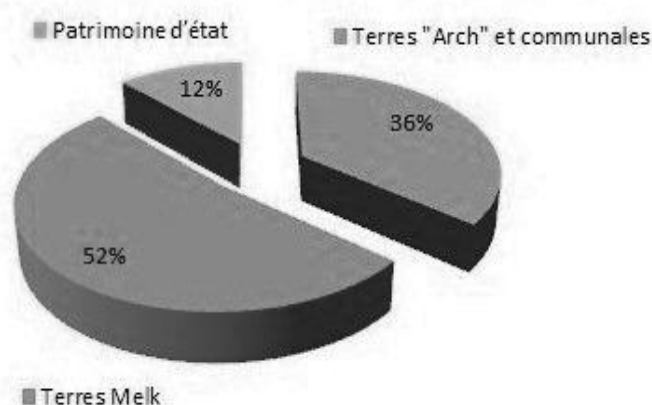


Figure 20. Statut juridique du foncier agricole à Batna (DSA, 2013).

Terre « Arch » : propriété d'une tribu, Terre « Melk » : propriété privé.

2.3. Production agricole

Présenté par la direction des services agricole de Batna, l'agriculture dans la région de Batna est caractérisée par une production agricole plus ou moins satisfaisante, sauf la céréaliculture qui est sous régime pluvial. La filière arboricole est le plus important, avec 5 000 quintaux il y a dix ans, elle est passée à un million deux cent mille quintaux (1 217 718 Qi en 2011), soit au troisième rang à l'échelle nationale (DSA, 2013).

L'oléiculture est une filière qui prend de plus en plus d'ampleur au niveau de la wilaya de Batna, ce qui constituera une branche socio-économique d'impact avéré (Tableau 8). À ce titre, un grand programme de réalisation d'huileries et conserveries, en plus de la relance de production de plants oléicoles avec des techniques plus modernes (DSA, 2013).

Tableau 8. Production agricole dans la région de Batna.

Cultures	Superficie (ha)	Production (Qx)
Céréales	149 800	1 859 895
Fourrages	37 424	2 723 984
Cultures Industrielles	664	45 140
Cultures Maraichères	8 713	1 200 353
Viticulture	87	7 680
Arboriculture fruitière	8 378	1 217 718
Oléiculture	3742	124 958
Pomiculture	192	11 752

Source : DSA, 2013

2.4. Le développement agricole dans la région de Batna

En Algérie, le secteur agricole continue de jouer un rôle important dans l'économie, mais un rôle secondaire par rapport aux secteurs pétrolier et industriel, employant une grande partie de la population active, et participant à une continuité sociale et culturelle (DSA, 2013).

Dans la région de Batna, il y a lieu de souligner l'impact positif de la mise en œuvre du Plan National de Développement Agricole et Rural (PNDAR) sur, notamment, l'extension de

la Surface Agricole Utile (SAU), le développement des systèmes d'irrigation, la préservation des parcours steppiques, le développement forestier et la création de nombreux emplois permanents au niveau des zones rurales (DSA, 2013).

2.4.1. Principes de développement de l'activité agro-sylvo pastorale

Les principes sur lesquels repose la politique de développement du secteur tiennent compte de l'objectif de durabilité des territoires, de leur dynamisme avec la mise en exergue des filières dominantes, des vocations et des produits du terroir. La valorisation du secteur tient compte également des principes de durabilité économique (agriculture durable), de l'adhésion sociale et de la rentabilité économique (DSA, 2013).

Les grands objectifs visent essentiellement : la professionnalisation du secteur (activité et acteurs), la participation pour au moins 30 % de l'emploi dans la wilaya, le développement économique de l'activité agro-sylvo pastorale (création de biens et de richesses.) et la valorisation du produit du secteur (Transformation, Conditionnement) (DSA, 2013).

2.4.2. Objectif de développement de l'activité agro-sylvo pastorale

Utilisation rationnelle de l'espace par la valorisation optimale des ressources des zones existantes, suivant leurs spécificités et leurs vocations. Pour les zones de montagne: arboriculture (pépins rustiques), activité de valorisation des produits agricoles locaux, les zones de piémonts: arboriculture intensive, grandes cultures (céréales – fourrages), élevage bovin semi intensif, cultures maraîchères, valorisation de la production (DSA, 2013).

Pour les zone des plaines: céréales en intensif avec irrigation d'appoint, fourrages en intensif, élevage en intensif, cultures maraîchères, grande hydraulique agricole (grands périmètres), agro-alimentaire (valorisation, transformations) (DSA, 2013).

Pour la zone de steppe: élevage ovin, caprin et camelin, intensification et valorisation des parcours, développement agro-pastoral intégré, oléiculture, petites unités d'élevage mixte, valorisation des produits animaux (DSA, 2013).

3. Contexte socioéconomique

La wilaya de Batna est la wilaya des hauts plaines algériens ; elle est située sur la partie Est de l'Algérie, c'est une wilaya qui est à vocation agricole où l'élevage ovin est prédominant (ANDI, 2012).

Le SNAT 2025 (Le SNAT 2025 : Le Schéma National d'Aménagement du Territoire, Algérie) la classe dans la région programme pour lui trouver et lui consolider des

complémentarités en termes d'aménagement du territoire (ANDI, 2012). Dans l'armature urbaine du pays, la wilaya de Batna est consacrée comme ville relais des hauts plateaux avec des liaisons avec les territoires du Sud-Est (ANDI, 2012).

Le développement de l'industrie dans la wilaya de Batna a permis la création de 03 zones industrielles et 07 zones d'activités, qui s'étendent sur des superficies totales respectives de 524 ha 70 ares et 65 centiares et de 145 ha 321 ares et 291 centiares (ANDI, 2012).

La wilaya de Batna recèle de potentialités économiques viables, à même d'attirer les investisseurs à réaliser d'importants projets pour le développement de l'économie nationale.

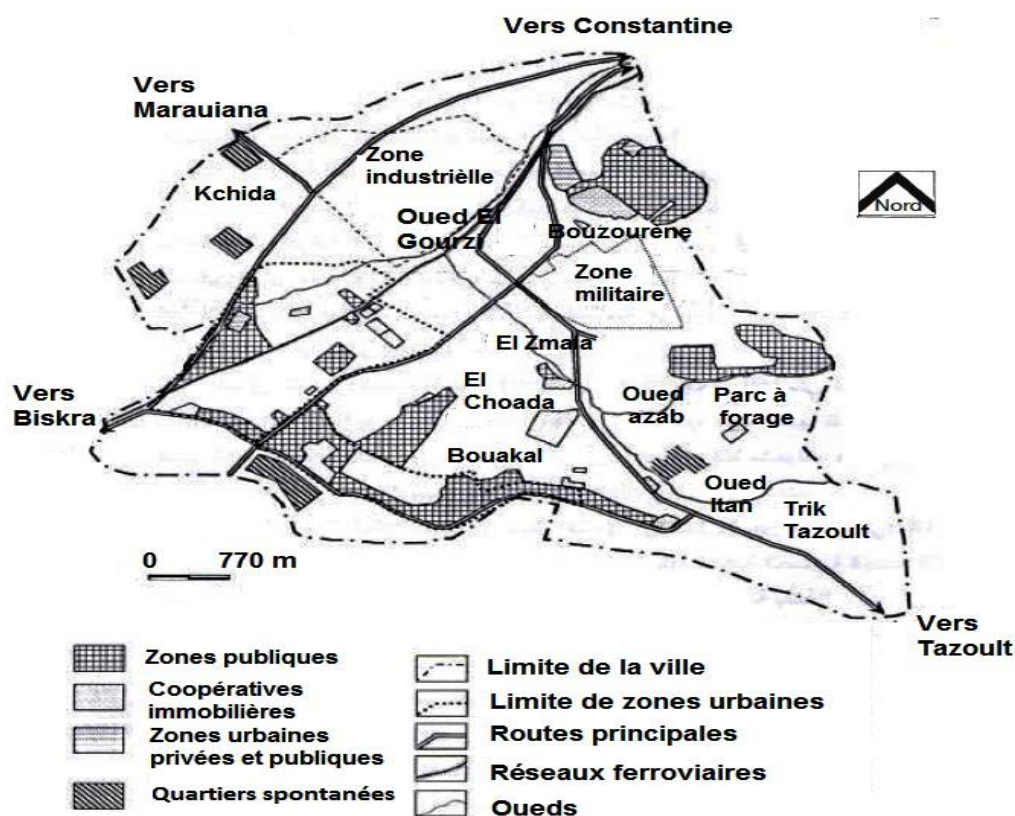
3.1. La ville de Batna

La ville dans l'Algérie est prisonnière de sa propre stratégie de développement. Le déséquilibre démo-territorial et la congestion sont autant des explications du dysfonctionnement de l'armature urbaine. Les problèmes de localisation et d'articulations spatiales se posent avec force, l'essor non contrôlé de la structure urbaine de la ville de Batna, devient un obstacle pour le développement de l'aménagement et l'occupation urbaine (Kalla et al., 2011).

La ville de Batna, construite durant la période coloniale, est devenue aujourd'hui l'une des plus importantes grandes villes de l'intérieur algérien. L'espace urbain témoigne d'une réception de deux types de flux différents : les flux régionaux, étant donné que la ville se situe sur le chemin du mouvement économique entre le Nord et le Sud-Est de l'Algérie, et des flux locaux exercés par la population du massif de l'Aurès, et elle est devenue une grande ville habitée par plus de 290 milles personnes (Figure 21). Le paysage rural n'est pas reconnu par la ville comme infrastructure essentielle (Boudjenouia et al., 2008).

La planification urbaine à Batna, décidée par les seuls élus, reste peu efficace en matière de protection du foncier agricole (Boudjenouia et al., 2008). Paradoxalement, les dispositifs juridiques de protection existent mais ils ne sont pas mis en œuvre (Boudjenouia et al., 2008).

La ville de Batna a connu une phase d'urbanisation très importante et complexe qui se manifeste par la multiplication des petits centres urbains à la périphérie, et qui ont changé la configuration et l'armature du système urbain. Il s'agit d'un phénomène lié à la crise des campagnes qui libèrent sans cesse une masse très importante des ruraux déracinés de leur nature et de leurs ressources (Anoun, 2012).



Source: Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la ville de Batna 1998

Figure 21. Plan d'aménagement urbain de la ville de Batna.

3.2. La population de la ville de Batna

De par sa situation géographique, qui lui confère une position stratégique, et un riche passé historique, la ville de Batna a connu un intérêt particulier pour son développement socio-économique. De ce fait elle est devenue une ville d'importance nationale avec toutes les contraintes que connaissent les grandes villes d'Algérie (Kalla et al., 2011).

Ainsi, cet effet de polarisation a engendré une importante croissance démographique basée sur des données socio-économiques (population, densité de population et leur répartition sur les différents secteurs de la ville, les équipements). Ce qui nécessite l'identification des caractéristiques générales de l'infrastructure qui se compose du réseau de voirie, et du réseau de transport collectif urbain (Kalla et al., 2011).

A Batna, la population est de l'ordre de 299 230 habitants, étendue à 350 000 habitants en intégrant les communes périphériques (Figure 22) (Kalla et al., 2011). Par contraste, les grandes agglomérations du Nord, notamment européennes, ont mis souvent plus d'un siècle pour atteindre leur niveau actuel de population (Ramonet, 1996).

Les formes successives des villes au cours de leur croissance relèvent d'une interaction continue entre des forces socio-économiques et des forces politiques, souvent soucieuses de réorganiser l'espace urbain selon un autre projet social (Fleury et Donnadiou, 1997).

Avec le développement des transports, d'abord collectifs puis individuels, l'étalement urbain a pris une dimension telle qu'il a provoqué l'apparition de malaises sociaux inédits, qui font revendiquer l'amélioration de la qualité de vie (Fleury et Donadiou, 1997).

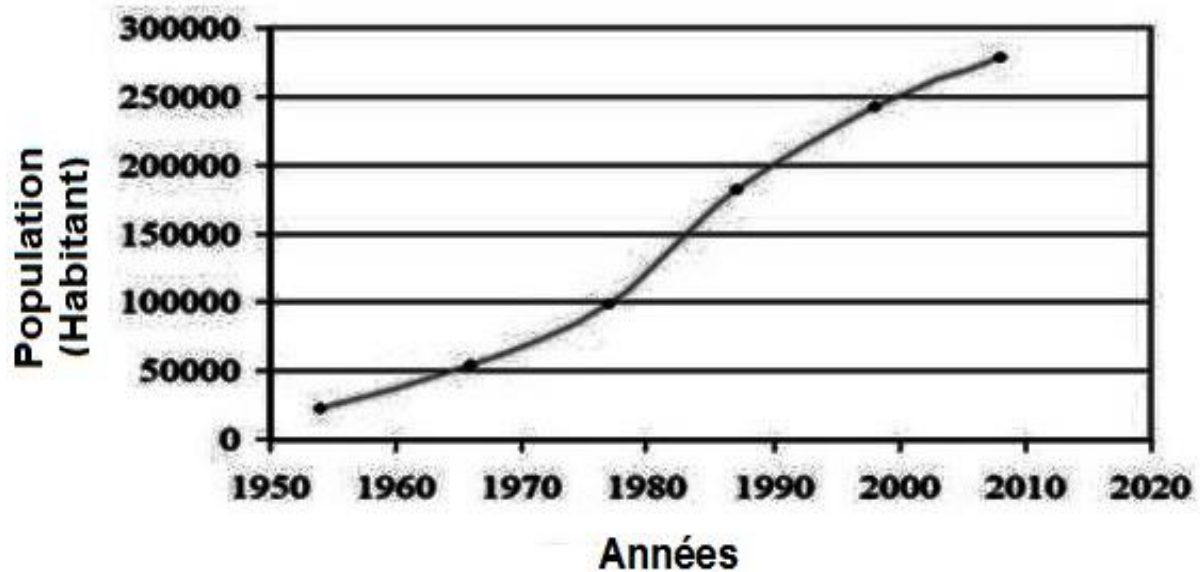


Figure 22. Évolution de la population de la ville de Batna (Source: Kalla et al., 2009).

3.3. La migration et le taux de chômage

Le fait d'habiter près de la ville permet de mieux percevoir les changements d'état d'esprit, ce qui les conduit à une plus grande vigilance (Fleury et Donadiou, 1997). À Batna, la politique sociale vise à atténuer les manifestations de la tragédie nationale, en plus des allocations financières énormes pour la reprise économique et pour soutenir la croissance (Anoun, 2012).

L'état de saturation urbaine atteint par champ d'études a contribué à la stabilité relative des taux de croissance de la population (Anoun, 2012). La migration est définie comme suit: la transition d'ailleurs dans le but d'obtenir une vie meilleure, cela a été l'un des principaux éléments liés à l'évolution démographique, de la taille de la population et l'évolution de leurs caractéristiques démographiques, sociales et économiques (Anoun, 2012).

L'immigration à la ville, a toujours été positive, ce qui signifie que la ville de Batna a connu la migration de la population des zones rurales et de montagne du territoire des Aurès (Anoun, 2012). Parmi les crises qui affectent les communautés urbaines, en particulier la crise du chômage, pas effectué par la manifestation du dommage de la vie urbaine (Anoun, 2012).

Le taux de chômage dans la ville de Batna est de 9.17 % en 1987, et de 46.42 % en 1998. Si nous essayons d'expliquer cette poussée pour les chômeurs, nous rappelons quelques raisons, entre autre la transformation économique du pays qui a entraîné des conséquences sur le niveau économique, la migration des populations rurales à la ville, le phénomène de l'urbanisation spontanée et le déséquilibre entre offre et demande d'emploi (Anoun, 2012).

4. L'eau, la ville et l'agriculture

Le développement agricole a été lié dans la wilaya de Batna d'une façon fluctuante, avec le Plan national du développement agricole et rural (PNDAR) depuis l'an 2000. Ce démarrage est conditionné par la participation de l'institution financière d'une part et d'autre part, à l'intégration des lois pour les principaux acteurs en plus de quelques objectifs comme la gestion de l'eau et le foncier agricole à 60 % indivisible (Melk, Arch ou communal).

4.1. L'eau agricole

La difficulté d'accéder aux ressources hydriques surtout de part de leur rareté, est résolu temporairement par l'obtention d'autorisation de forage et de puits pour l'irrigation, cela est dû à la présence d'un seul barrage dans la région (Koudiat El Medaouer).

Un arsenal de mesures a été mis en place par les autorités publiques et les responsables de l'agriculture de la wilaya pour donner une impulsion à un programme d'investissement et de développement de l'irrigation.

4.2. Soutien de l'état

Un schéma directeur en zone agricole et para-agricole a pour objectif, la structuration de l'espace agropastoral en zones homogènes, est confirmé par la délimitation des zones hydrogéologiques et la réglementation du foncier agricole et la disponibilité de l'eau pour l'irrigation.

Le rôle joué par les pouvoirs publics au niveau local a permis l'obtention d'un financement consistant, facilitant du coup l'extension de la superficie agricole exploitée, le désenclavement des populations rurales et aussi et surtout le développement et la diversification de la production.

Partant de cette situation et afin de garantir une continuité, une durabilité et une efficacité pour le développement économique de la wilaya, les autorités de cette dernière, ont mis en place une stratégie appropriée au rythme du développement qui s'appuie sur le secteur agricole en sa qualité de moteur de développement. Cette stratégie réserve à l'agriculture le rôle de principal créateur de richesses qui doit agir par effet induit sur les secteurs en amont, en aval et autour de lui.

Le secteur de l'agriculture redéploie ses dispositifs tant en soutien financier qu'en direction des autres domaines. Le déficit enregistré en électricité agricole, en irrigation, amenée d'eau et en matière de désenclavement sera pris en charge au fur et à mesure de la concrétisation des nouveaux projets afin de renforcer la production agricole.

Le renouvellement des instances de la chambre d'agriculture et sa restructuration a permis aux pouvoirs publics de tracer un programme de professionnalisation de l'agriculture où chaque filière devra s'ouvrir sur son environnement immédiat.

4.3. Valorisation des déchets urbains de la ville de Batna

Devant la rareté de la ressource en eau conventionnelle dans la région de Batna, on ne peut plus se permettre de tourner le dos à la possibilité de réutiliser l'énorme quantité d'eaux usées qu'il rejette dans la nature (MRE, 2003).

C'est donc à l'enracinement d'une nouvelle culture de l'eau, qu'il faut s'atteler pour espérer l'émergence d'une mentalité et d'un comportement nouveaux, en outre, l'impact positif sur l'environnement est de réduire la pollution (MRE, 2003).

Le recyclage des milliers de tonnes de déchets ménagers par an, qui se jettent souvent dans les excréments publics, ou qui sont brûlés dans les centres d'incinération, a un intérêt économique. Cela permet de créer des opportunités d'investissement pour la fabrication (engrais biologique), contrairement à ce qui se passe aujourd'hui, où la négligence de ces déchets a alourdi les pertes publiques.

4.3.1. Les eaux usées urbaines

La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture périurbaine autour de la ville de Batna permet non seulement de pallier le déficit hydrique et préserver l'environnement urbain, mais aussi améliorer les rendements des cultures et apporter des bénéfices financiers.

4.3.2. Valorisation des boues d'épuration et des déchets ménagers

La propagation de la pollution dans les milieux urbains de la ville de Batna, a récemment connu une forte augmentation en raison des de la croissance démographique continue au niveau de la ville. En outre, Cela s'ajoute à la pollution chimique de l'eau et du sol due à l'utilisation excessive des produits chimiques dans l'agriculture et le problème de la qualité des produits agricoles et leur impact sur la santé publique.

Compte tenu de ces données, le développement d'une unité de récupération et de recyclage des déchets ménagers et les restes des espaces verts de la ville de Batna, aurait pour valeur de développer un engrais biologique qui peut être mélangé avec de la boue extraite de la station d'épuration des eaux usées, de façon à obtenir la qualité d'un engrais biologique de grande efficacité.

Ce produit peut remplacer les engrais chimiques par le biais de commercialisation aux producteurs de plants, les paysans et à des coûts beaucoup plus bas (Tableau 9).

Tableau 9. Volume des déchets ménagers dans la ville de Batna.

Les données de statistiques	Unité	1998	2008	2010
La quantité de déchets ménagers	tonnes / jour	183,5	210	223
Nombre de centres D'enfouissement technique	Nombre	00	00	01

(Source: DEATB, 2013)

5. Les enjeux de l'agriculture périurbaine

C'est sur ces aspects de proximité et d'influence économique de la ville que peut reposer la définition de la zone périurbaine (Tolron, 2001). L'idéologie de la population dans la région de Batna, repose sur des comportements alimentaires spécifiques, ces comportements traduits par l'utilisation des produits agricoles à des fins aussi bien alimentaires que thérapeutiques.

A titre d'exemple, l'olivier est l'arbre qui a toujours bénéficié d'une attention particulière de la part des paysans et surtout des paysans montagnards, l'oléiculture, qui est une activité ancestrale, constitue un moyen de satisfaction des besoins alimentaires et un patrimoine culturel, l'huile d'olive y est un produit de haute qualité gustative, nutritionnelle et sanitaire.

Pour la région de Batna, l'oléiculture est une filière qui prend de plus en plus d'ampleur, leur réalisation en milieu périurbaine constituera un revenu supplémentaire aux agriculteurs en plus du fait de constituer un marché d'emploi et une bande de protection contre la pollution atmosphérique et la désertification et par là une branche socio-économique d'impact avéré.

La réalisation d'huileries et conserveries vient d'éclairer l'intérêt économique, en plus de la relance de production de plants oléicoles avec les techniques des plus modernes. Le périurbain est à considérer dans son sens littéral, comme l'espace situé autour des villes et donc à la fois soumis à leur influence et susceptible d'être significativement touché par les processus enclenchés par cette proximité (Tolron, 2001).

5.1. L'enjeu économique

La première manifestation physique de son organisation a été autrefois la construction des halles, lieu de mise en rapport des producteurs, nécessairement périurbains, et des distributeurs ou transformateurs (Fleury et Donadieu, 1997). Les légumes verts comme la laitue et le céleri sont à courte durée de conservation, les consommateurs apprécient leur état frais.

Le voisinage de la ville a représenté de longues dates pour les agriculteurs des opportunités de marché, qu'ils saisissent en développant les productions attendues (Fleury et Donadieu, 1997).

D'autres produits jouent aussi un rôle important sur l'alimentation (viande, œufs, produits de l'aquaculture,...) ou la création d'emploi (produits de l'agroforesterie, peaux et fourrures, plantes d'appartements, fruits) (Margiotta, 1997). Constitutifs pendant longtemps de l'agriculture de proximité des villes, puis déclinant avec la croissance du « Global Food System », les circuits courts de commercialisation de produits agricoles connaissent aujourd'hui une forte diversification, notamment dans le périurbain (Aubry et Chiffolleau, 2009).

Maintenant, l'approvisionnement des villes s'est réorganisé sur des filières établies à une autre échelle (Fleury et Donadieu, 1997). Les faibles coûts de commercialisation, la proximité des marchés de consommation, la bonne circulation de l'information entre opérateurs, l'accès à des sources de matière organique diversifiée et bon marché et l'implication de professionnels, sont les principaux aspects positifs qui ont facilité le développement de l'agriculture périurbaine (Margiotta, 1997). Ces avantages impliquent son

maintien dans le temps, surtout dans les situations où le transport vers les zones rurales est difficile (Margiotta, 1997).

5.2. Enjeux socioculturelle

L'urbanisation rapide associée à la stagnation économique, le sous-développement des transports et l'inefficacité du système de commercialisation des produits agricoles ont augmenté l'importance de l'agriculture périurbaine sur l'emploi et la sécurité alimentaire (Dongmo et *al.*, 2005).

Cette prise de conscience est le reflet d'une demande sociale de plus en plus forte pour une agriculture répondant aux besoins des citadins, une agriculture « près » des gens, permettant d'offrir un cadre et une qualité de vie agréables et favorisant la pratique d'activités de loisirs diverses: auto cueillette, vente directe, tables champêtres, fermes équestres, gîtes à la ferme, entre autres (Dumoulin et Marois, 2003).

Il importe toutefois de noter la contribution de l'agriculture périurbaine qui se développe de plus en plus et qui permet de résoudre un certain nombre de problèmes sociaux (Assogba Miguel, 1999). Ceux-ci ont d'autant plus de difficultés à défendre leurs intérêts que les organisations paysannes semblent peu s'intéresser à la promotion de l'agriculture périurbaine (Broutin, 2006).

Pour les consommateurs urbains et les élus de la ville de Batna, la préservation de ces espaces agricoles doit être un enjeu important, car elle permet l'amélioration du paysage urbain et leur effet positif sur l'état psychique et sanitaire de la population, en plus de la possibilité d'assurer une continuité socioculturelle d'une population historiquement à vocation agricole.

Ainsi, encourage-t-on la diversification des activités agricoles qui se traduit par une « tertiarisation » de l'agriculture périurbaine, c'est-à-dire une agriculture apparaissant comme un service répondant à une demande des urbains (Dumoulin et Marois, 2003).

5.3. Enjeux environnementales

Pendant longtemps, les liens entre santé et qualité de l'air ont été difficiles à établir, l'environnement urbain est devenu un enjeu de la santé publique partagé par tous. Le vent souffle le plus souvent du sud, ramenant avec lui la poussière de plus d'une quarantaine de stations de concassage (carrières) autour de la ville de Batna.

Il est possible de réduire à un taux respectable la pollution avec des investissements moins coûteux, c'est surtout au niveau des stations de concassage qu'un grand travail doit se faire, car c'est la source principale de la poussière.

Il y a des petites solutions mais très efficaces qui ne demandent pas de grands investissements. Clôturer la ville avec des arbres, souvent des espèces fruitières, comme l'olivier et l'abricotier.

Le double avantage de la plantation d'arbres fruitiers autour de la ville de Batna, à un effet positif sur le développement de l'agriculture périurbaine, et un effet environnemental pour la lutte contre la pollution atmosphérique.

5.4. Effet sur l'urbanisation

La conversion des terres agricoles, généralement de grande qualité, en terres non agricoles, est principalement le résultat du développement urbain aux dépens de l'agriculture (Boudjenouia et *al.*, 2008).

La croissance urbaine récente, rapide et diffuse, bouleverse ses structures traditionnelles ; elle subit de nombreux inconvénients de son voisinage urbain et éprouve de multiples difficultés de fonctionnement (vandalisme des cultures, conflits de voisinage souvent liés à des problèmes environnementaux tels que la dégradation de matériels, la destruction des réseaux d'irrigation, le pâturage illicite, le piétinement de parcelles, la circulation de véhicules, etc.) (Boudjenouia et *al.*, 2008).

L'élaboration de plans d'aménagement réservant des terrains non constructibles à l'agriculture ou à l'élevage est rarement envisagée par les acteurs locaux, y compris par les agriculteurs (Broutin, 2006).

Ainsi observe-t-on au niveau de la couronne périurbaine des agglomérations diverses formes de compétition inégale entre les besoins liés à la pression d'urbanisation et le devenir incertain des espaces ruraux (Prod'homme, 1997).

Le pouvoir urbain cherche maintenant à y remédier et veut notamment se servir des parties non construites de l'espace péri-urbain, qui sont souvent étendues dans les formes modernes de la croissance urbaine (villes nouvelles ou rurbanisation) (Fleury et Donadieu, 1997).

Pour assurer le développement durable dans la région de Batna, qui fait partie des dimensions de la croissance organisée, un plan de développement et de planification qui

intègre l'agriculture urbaine dans la planification urbaine devrait être développé comme un outil améliorant d'autres outils de planification.

Ajoutons à cela le besoin urgent de l'adoption d'une charte de développement agricole qui favorise le partenariat pour atteindre les principes généraux de la politique foncière et d'assurer la poursuite et la réalisation d'un développement social, territorial et agricole.

6. Importance de l'agriculture périurbaine

Ce type d'agriculture embrasse plusieurs domaines à savoir: la production végétale, animale, halieutique qui nourrit les migrants ruraux, les défilés, les diplômés sans emploi, et autres salariés à faible revenu (Assogba Miguel, 1999).

Cette agriculture est confrontée à d'énormes difficultés qui entravent sa promotion: le manque de disponibilité foncière en raison de l'urbanisation sans cesse croissante et la faible technicité due au faible niveau d'encadrement (Assogba Miguel, 1999).

L'agriculture périurbaine n'est pas d'apparition récente, on peut supposer qu'elle existe depuis qu'existe la ville (Tolron, 2001). Ce qui semble avoir changé en revanche, dans la période contemporaine où la circulation des marchandises s'est généralisée, c'est que les ceintures vertes ont perdu leur exclusivité pour l'approvisionnement des urbains en produits frais (Tolron, 2001).

Pour la recherche, de nombreuses pistes restent à approfondir : depuis la meilleure connaissance des pratiques et des performances technico-économiques selon les types de circuits courts et de combinaisons entre circuits, jusqu'au renouvellement éventuel des liens sociaux agriculteurs-urbains qu'ils peuvent générer, en passant par la question débattue de leurs impacts environnementaux, tout un ensemble de thèmes de recherche est à construire à partir des études empiriques disponibles (Aubry et Chiffolleau, 2009). De telles recherches sont nécessairement à concevoir de façon pluridisciplinaire et en liaison étroite avec les partenaires du développement (Aubry et Chiffolleau, 2009).

7. L'eau à Batna, un facteur limitant de l'agriculture en zone semi-aride

La question des déchets ne se limite pas aux rejets solides d'une ville. Les déchets liquides ou les eaux usées, sont également l'objet d'enjeux en termes d'élimination des risques, ainsi que de valorisation. Une économie circulaire est possible sur la base de la réutilisation d'eaux usées.

L'épuration de l'eau usée et sa réutilisation pour l'irrigation offre un potentiel attrayant, en particulier dans les zones arides et semi-arides. Il s'agit en effet, d'une source potentielle d'eau et d'engrais additionnels, « *renouvelables et fiables* » (FAO, 2003).

Cette approche porte sur la réutilisation des eaux usées au profit du secteur de l'agriculture périurbaine dans la région de Batna. Les eaux usées traitées à la station d'épuration de Batna sont déjà exploitées par les agriculteurs de la région. Les besoins en ressource en eau d'irrigation pour la région de Batna sont de l'ordre de 52 millions de m³, or l'affectation est de 50,9 millions m³, la réutilisation des eaux usées est de l'ordre de 23 millions m³ (Hartani, 2004). Le ratio d'eau usée réutilisée par rapport à l'eau captée dans le milieu est de 45,19 % dans la région de Batna (Hartani, 2004).

Conclusion de la première partie

Cette partie n'est pas tant de discuter la notion de la réutilisation des eaux usées en agriculture en elle-même, mais de montrer en quoi son usage dans la région de Batna reflète une vision pour faire face à la problématique de l'eau agricole. Cet examen dégagera une réflexion sur le rapport entre offres et besoins en eau pour l'agriculture. Si cette attache apparaît tout au long de cette partie, il se démontre dans toute sa mesure quant aux politiques futures sur les ressources eau, en particulier comme formalité d'une régénération obligatoire des instruments de la gestion de l'eau agricole.

L'utilisation agricole des eaux usées est l'une des clés majeures d'un développement durable des régions arides et semi-arides. La mise en action des politiques qui impliquent des collaborations entre les agriculteurs et les pouvoirs publics est apparue souhaitable de mettre en place de nouvelles formes de lutte contre la pénurie de l'eau.

La réutilisation des eaux usées en agriculture est une forme de valorisation d'un potentiel en eau très important. Cette valorisation dans une région semi-aride, comme le cas d'application de la région de Batna, permet de soulager le remède aux eaux conventionnelles et essentiellement les eaux souterraines surexploitées (le nombre très élevé des forages dans la région de Batna). Pour le contexte socioéconomique, la réutilisation des eaux usées en agriculture est plus avantageux que celle des eaux conventionnelles, ces derniers sont très rares dans la région de Batna vu l'absence quasi total des périmètres aménagées pour l'irrigation. L'agriculture autour de la ville de Batna, prend la forme d'une agriculture familiale, la production agricole est caractérisée par leur particularité vivrière pour les habitants des périphéries. La valorisation des rejets domestique de la ville de Batna apparue une solution facile pour les agriculteurs de la périphérie pour garantir une revenue minimum.

L'encadrement de cette réutilisation des eaux usées en agriculture devient une nécessité pour les pouvoirs publics. Le traitement des eaux usées par la station d'épuration doit aboutir des eaux de qualité pour l'irrigation. L'intégration d'une politique de l'eau qui prenne en considération la particularité de cette région semi-aride est une approche à développer. Dans les prochains chapitres en va voir une analyse profonde des aspects législatifs, environnementale et socioéconomique de réutilisation des eaux usées en agriculture dans la région de Batna.

Partie II: Contexte législatif et environnemental.

Introduction

L'eau est l'élément naturel sur lequel repose tout développement socio-économique, toute protection et toute préservation d'un environnement. Aussi, dans un espace donné, les choix opérés peuvent faire de cette substance un vivier ou un milieu de rejets. Si bien que cette substance apparait, aujourd'hui plus que jamais, au centre de la problématique du concept de développement durable (Hadeff et Hadeff, 2001).

Particulièrement lorsqu'elle est insuffisante à l'échelle d'un espace où, d'autant plus, la demande en eau est sans cesse croissante et diversifiée dont les rejets ne sont pas traités. Une telle situation incite à une refonte des trajectoires de développement sur le plan des usages de l'eau, tout en cherchant à ne pas la gaspiller, ni à la mettre en péril.

Dans ce sens, le cas de l'espace nord algérien, le plus peuplé, est un exemple significatif. En effet, dans cette partie du pays, même si beaucoup d'efforts sont consentis sur le plan de la mobilisation de cette denrée, de sa distribution, de sa protection et de sa conservation, il y a un manque de rigueur dans sa gestion et des carences apparaissent un peu partout. Or, la gestion constitue l'un des principaux maillons du développement durable.

Elle exige, en premier lieu, une rationalisation de la consommation pour répondre aux besoins actuels afin de ne pas hypothéquer ceux des générations futures (Godard, 2005 ; Mebarki, 2010). Ainsi, le choix de l'option de l'irrigation, pour couvrir la demande en produits agricoles et pouvoir atteindre l'objectif d'autosuffisance, fait du secteur agricole le plus gros consommateur de cette ressource.

En particulier, avec la diminution des apports pluviométriques, les agriculteurs sont contraints à l'exploitation des eaux usées, notamment ceux des hautes plaines de l'intérieur du pays.

Toutefois, l'épuration de ces eaux et leur utilisation en irrigation, aussi attrayante qu'elle soit, comme option dans les zones arides et semi-arides et en tant que source d'eau et de fertilisation (FAO, 2003) présente des risques pour la santé et l'environnement (Braatz et Kandiah, 2013).

Par conséquent, il est nécessaire de trouver des moyens fiables et respectueux de l'environnement pour traiter, épurer et ensuite pouvoir utiliser ces eaux (Braatz et Kandiah, 2013).

Dans cette optique, à travers l'exemple du territoire de la région de Batna, le volume important des eaux usées industrielles et domestiques, déversées dans les oueds, constitue une véritable menace de pollution et induit des risques potentiels sur la santé des populations. Cette situation est préoccupante dans la mesure où, déjà, des irrigations avec ces eaux sont opérées en différents points par les agriculteurs.

Elle l'est d'autant plus que la station d'épuration des eaux usées en place est incapable de traiter l'ensemble des rejets. Conçue pour 200.000 habitants mais avec l'expansion tout azimut de la ville de Batna (principal pourvoyeur de ces rejets), la population dépasse actuellement les 300.000 habitants (ONA, 2012).

Dans cette partie, l'objectif se réfère à la compréhension de l'effet structurant de la législation sur la réutilisation des eaux usées en agriculture et ensuite analyser le contexte environnemental de la station d'épuration des eaux usées au niveau de la ville de Batna.

Le premier chapitre est consacré à une vision de la gestion des eaux usées épurées en Algérie, dans un premier temps, en insistant sur l'approvisionnement du secteur agricole par ces eaux et leur utilisation en irrigation qui prend de plus en plus de l'ampleur, dans un second temps.

Pour ce faire, un cadre d'analyse théorique de la gouvernance et du partenariat est construit en mettant l'accent sur le couplage entre les dimensions institutionnelles et législatives.

Une étude investigatrice au niveau de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Batna mettant en évidence le problème de la pollution industrielle des eaux usées et leur impact sur le fonctionnement de la station d'épuration.

Sur le plan méthodologique, la station d'épuration est considérée comme une solution nécessaire et indispensable dont l'objectif est de minimiser l'ensemble des impacts de ces eaux sur l'environnement et pas uniquement comme une machine épurant de la pollution.

Le deuxième chapitre porte sur la réutilisation des eaux usées au profit du secteur de l'agriculture dans la région de Batna (est Algérien).

L'objectif est de comprendre cette pratique au niveau de la région de Batna et d'analyser l'effet des acteurs sur la gestion des eaux usées et sur l'agriculture au niveau local. Il y a une possibilité de résumer en quelques dimensions importantes la plus grande variabilité de matrice de données.

On peut alors présenter variables (Questions) et facteurs (acteurs) dans un même espace de dispersion et connaître la quantité d'informations expliquées par ces quelques axes. On rend compte ainsi du maximum de corrélation entre les descripteurs et on dégage les relations essentielles entre les acteurs.

Chapitre 3 : Étude de l'aspect institutionnel, législatif et environnemental.

1. L'Algérie et le Développement durable

La sécheresse étant une donnée incontournable du climat algérien, sa présence est permanente sur une grande partie du pays. Le secteur de l'agriculture est le secteur d'activité le plus exposé à la variabilité du climat et considérant le rôle vital qu'il doit jouer dans la réalisation des objectifs de sécurité alimentaire du pays, la mise en place d'un réseau d'alerte précoce à la sécheresse en vue d'atténuer les risques climatiques est devenue une nécessité vitale (CDD, 2011).

La protection de l'environnement, s'est traduite dans les faits par le développement du cadre législatif et réglementaire, le renforcement des capacités institutionnelles et l'introduction d'instruments économiques et financiers et la mobilisation d'investissements importants, à travers le démarrage des premiers chantiers de l'environnement, pour enrayer la dégradation de l'environnement, voire renverser certaines tendances négatives observées (CDD, 2011).

2. L'Eau dans la Loi Algérienne

Le code des eaux, promulgué en 2005, définit l'eau comme bien de la collectivité nationale. Selon ce texte le premier principe sur lequel se fonde l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau, est le droit à l'accès à l'eau et à l'assainissement pour satisfaire les besoins fondamentaux de la population, dans le respect de l'équité en matière de services publics (MRE, 2013).

2.1. Gestion de l'eau

La gestion institutionnelle de l'eau est constituée de 48 Directions de l'hydraulique de Wilaya (DHW) organisées en services et en subdivisions territoriales. Les DHW assurent le contrôle de l'exploitation du domaine public hydraulique au moyen de la police des eaux ainsi que le contrôle de l'application de la législation, de la réglementation et des normes

2.2. Gestion des eaux non conventionnelles (Désalinisation et eaux usées traitées)

La mise en place d'un réseau multisectoriel (agriculture, santé, hydraulique, environnement, intérieur, etc...) pour la prise en charge de la problématique de l'utilisation des eaux non conventionnelles pour l'irrigation et la création d'une banque de données

capitalisant l'ensemble des expériences nationales et internationales en la matière. L'implication de tous les partenaires de la manière la plus complète et la plus transparente de sorte que chacun trouve son intérêt (ONA, 2014).

L'application du code des eaux et de la loi relative au prétraitement des eaux industrielles avant leur déversement dans des stations d'épuration et les oueds. D'assurer un suivi régulier et durable de la qualité des eaux usées épurées. D'encourager le mouvement associatif en vue de la création d'associations d'agriculteurs utilisateurs des eaux usées épurées (ONA, 2014).

3. Analyse de l'aspect institutionnel et législatif

Un code de normes algériennes et d'un guide technique pour les bonnes pratiques de la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles sont en cours d'approbation par l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR).

C'est le minimum requis dans la mesure où la réutilisation des eaux usées exige des précautions et une coordination étroite entre les différentes structures impliquées dans les opérations de réutilisation à tous les niveaux (MRE, 2012).

3.1. Aspect législative

C'est le Décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne n° 35 du 23 mai 2007 qui est venu fixer les modalités d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation, sous forme de concession, avec le cahier des charges-type y afférant.

Ce décret règle tous les processus d'utilisation des eaux usées épurées par les stations, où il y a obligation à tout concessionnaire d'effectuer une demande exclusivement au Wali de la zone concernée et signer une convention avec la station d'épuration.

Le contrôle technique, la gestion des périmètres irrigués et le contrôle sanitaire ainsi que la qualité de l'eau épurée et des produits agricoles sont assurés par les directions territoriales de chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : ressources en eau, agriculture, santé, environnement et commerce (figure 23).

3.2. Les cultures autorisées

Une autre réglementation a été mise en œuvre matérialisée par l'arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 qui précise la liste des cultures pouvant être irriguées par les eaux usées épurées.

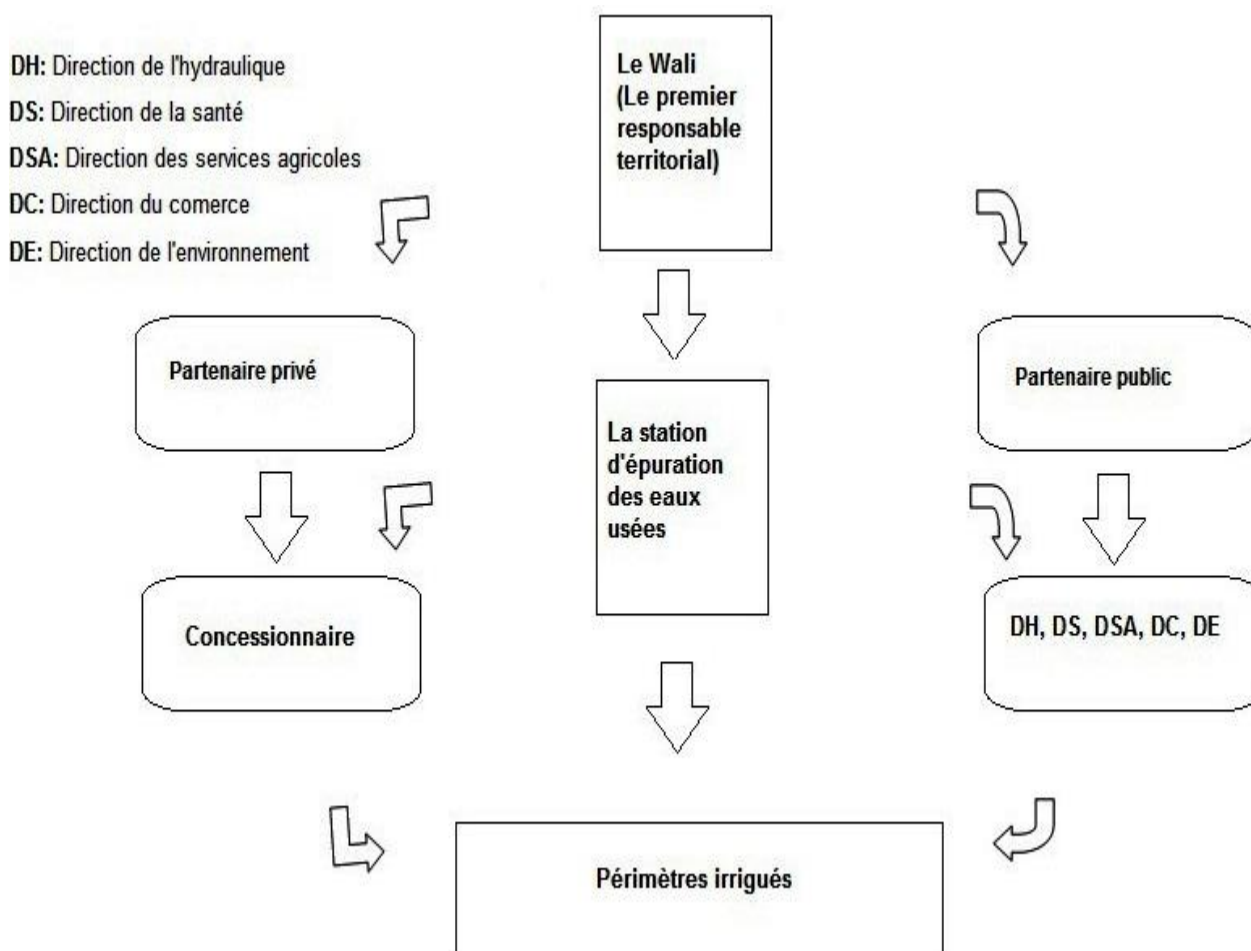


Figure 23. Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie.

Ce texte a été promulgué conjointement par les ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée (Tableau 10).

3.3. Les normes de réutilisation des eaux usées

L'irrigation avec ces eaux épurées en cultures maraîchères consommés crus est interdite. De même, les parcelles dans cette situation, ne doivent porter aucune autre culture que celle figurant sur la liste indiquée.

Tableau 10. Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Groupes de cultures	Liste des cultures
Arbres fruitiers (*)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (**)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Cultures industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et Atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(*) Globalement, l'irrigation des arbres fruitiers avec des eaux usées épurées est permise à en respectant les conditions suivantes :

- Elle doit cesser au moins deux (2) semaines avant la récolte.
- Les fruits tombés sur le sol ne doivent pas être ramassés, ni consommés et sont détruits.

(**) Le pâturage direct sur les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit afin de prévenir toute contamination du cheptel et des consommateurs.

Enfin, ces parcelles doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits ou autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable et tout raccordement à une canalisation transportant de l'eau potable est prohibé. Le but étant, bien évidemment, la protection sanitaire des populations, des animaux, la préservation des eaux souterraines et, de manière globale, garder l'environnement sain.

3.4. L'aspect institutionnel

Lors de la mise en œuvre de la concession, les dispositions nécessaires doivent être prises par les différents intervenants, chacun en ce qui le concerne, de façon à prévenir les

risques de contamination des eaux de la nappe souterraine et prévenir les risques de contamination des produits agricoles (JO, 2007).

3.5. Les partenaires privés

L'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation est soumise au régime de la concession. La concession peut être octroyée à toute personne morale ou physique, de droit public ou privé, qui se propose de distribuer, à des usagers, des eaux usées épurées à des fins d'irrigation.

3.6. Les partenaires publics

Les services de l'hydraulique de la wilaya sont tenus de mettre en place un dispositif de suivi et de contrôle de la qualité des eaux usées épurées destinées à l'irrigation et l'évolution de la qualité de l'eau de la nappe souterraine.

Les services de la santé de la wilaya doivent assurer un contrôle régulier de la santé du personnel affecté à l'irrigation avec les eaux usées épurées. Les services du commerce de la wilaya doivent assurer un contrôle biologique et physico- chimique des produits agricoles irrigués avec les eaux usées épurées.

3.7. Les dispositions financières

Le concessionnaire est tenu de régler les redevances fixées par la loi de finances, dues en raison de l'usage du domaine public hydraulique. Les tarifs applicables pour la fourniture d'eau usée épurée à usage agricole sont fixés conformément à la réglementation en vigueur.

3.8. L'aspect environnemental

L'assainissement des agglomérations vise à assurer l'évacuation rapide et sans stagnation des eaux usées domestiques et industrielles susceptibles de donner naissance à des nuisances et des eaux pluviales susceptibles de submerger des lieux habités et ce, dans des conditions compatibles avec les exigences de santé publique et d'environnement.

3.8.1. L'assainissement

En zone agglomérée, le branchement à l'égout est obligatoire pour toute habitation ou établissement rejetant des eaux usées et toute agglomération de plus de cent mille (100.000) habitants doit disposer impérativement d'un système d'épuration des eaux rejetées. Particulièrement pour les localités situées dans les périmètres de protection en

amont des ouvrages hydrauliques de stockage et d'approvisionnement en eau potable.

Par ailleurs, l'introduction dans les installations d'assainissement de toute matière solide, liquide ou gazeuse susceptible d'affecter la santé du personnel d'exploitation, d'entraîner une dégradation ou une gêne de fonctionnement des ouvrages d'évacuation et de traitement ne peut être tolérée.

Mais, dans l'ensemble, les conditions et normes de réalisation des projets d'assainissement, d'exploitation et d'entretien des installations d'évacuation et de traitement des eaux usées sont fixés par la réglementation.

3.8.2. La protection des sols

La protection et la préservation des sols nécessitent la réalisation des travaux d'assainissement et de drainage pour lutter notamment contre :

- La submersion prolongée des terres agricoles.
- La salification des terres agricoles.
- La remontée du niveau des nappes phréatiques sur les terres cultivées.
- Erosion des sols.

4. La lutte contre la pollution des eaux

La protection de la ressource en eau s'apprécie en termes qualitatifs et quantitatifs dans la mesure où la pollution s'entend comme une modification nocive des propriétés des eaux, produite directement ou indirectement par les activités humaines en les rendant impropres à l'utilisation normale établie.

Aussi, la réglementation en vigueur (code de l'eau) interdit l'évacuation, le rejet et/ou l'injection dans les fonds du domaine public hydraulique, toute les matières de toute nature. En particulier, celle des effluents urbains et industriels qui contiennent des substances solides, liquides, gazeuses, des agents pathogènes.

Notamment, lorsque leur quantité et leur taux de toxicité sont susceptibles de porter atteinte à la santé publique, à la faune et à la flore et nuire au développement économique (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993, JO, 1993 et Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006, JO, 2006).

Ainsi, tout déversement ou immersion dans les fonds du domaine public hydraulique de matière ne présentant pas les risques prévus, est soumis à concession d'utilisation

du domaine public hydraulique, appelée autorisation de déversement. Les conditions de délivrance, de modification ou de retrait de l'autorisation de déversement sont fixées par voie réglementaire. L'autorisation de déversement est refusée notamment lorsque les matières déversées sont de nature à nuire :

- A la capacité de régénération naturelle des eaux.
- Aux exigences de l'utilisation des eaux réceptives.
- A la protection de la santé publique.

5. La gestion intégrée et la gestion des eaux usées: un même combat

La définition de la gestion intégrée des ressources en eau formulée par le Partenariat Mondial pour l'Eau, prise comme référence désormais, établit que « la gestion intégrée des ressources en eau est un processus qui encourage la mise en valeur et la gestion coordonnées de l'eau, des terres et des ressources associées, en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux » (WWAP, 2009). Par conséquent, les gestionnaires, publics et privés, ont des responsabilités à prendre et leurs missions sont délicates en matière de réutilisation des eaux usées en agriculture.

D'abord, ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des quantités en augmentation sans cesse croissantes pour répondre aux demandes toujours plus grandes. Mais, des facteurs tels que les changements démographiques et les besoins élevés en eau pour l'agriculture, accentuent encore les enjeux liés à la réutilisation des eaux usées.

Si bien que l'approche traditionnelle fragmentée apparaît dans ces conditions comme non viable et donc, il convient l'adoption d'une approche plus efficace de la gestion semble de mise pour respecter cette référence en matière de gestion intégrée.

Par conséquent, même si la gestion intégrée des eaux usées épurées en Algérie est désormais institutionnellement reconnue comme un modèle de partenariat public et privé, il convient de mettre en place des gardes fous.

Ces derniers peuvent servir à la mise en place d'une meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace, rationnelle et durable des eaux usées épurées. En particulier, face aux demandes accrues en eau dans tous les domaines et, surtout, celles des besoins des cultures irriguées qui, elles aussi, sont en constantes augmentation.

6. Étude environnementale de la station d'épuration des eaux usées de Batna

Le projet de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Batna (Est de l'Algérie) a été relancé en 2005 et son coût avoisine les 980 millions de dinars soit environ 9 millions d'euros. La station est conçue pour traiter 20 000 m³ de rejets liquides par jour d'une population de 200.000 personnes (Tableau 11) et sa gestion est assurée par l'Office National de l'Assainissement (ONA, 2012).

6.1. Description de station d'épuration des eaux usées de la ville de Batna

Cette station d'épuration des eaux usées a été mise en service suivant le procédé classique des boues actives, selon une filière de type contact- stabilisation, comprenant une charge massique moyenne suite à une aération conventionnelle dont le but est d'obtenir une très bonne élimination de la DBO.

Tableau 11. Charges hydrauliques de la station d'épuration de Batna.

Paramètres	Unité	Valeur du paramètre		
		Urbain	Industriel	Total
Equivalent habitant	EH	140000	60000	200000
Consommation spécifique d'eau (dotation)	L/hab/j	100	-	-
Taux de rejet	-	0.80	-	-
Débit moyen rejeté	m ³ /j	11200	8675	19875
Débit de pointe journalier au temps sec	m ³ /j	16800	10410	27210
Débit de pointe horaire au temps sec	m ³ /h	1050	600	1650
Débit de pointe horaire au temps pluie	m ³ /h	1575	600	2175

Les effluents du réseau d'assainissement de la ville de Batna parviennent à la station, après avoir franchi l'oued El Gourzi dans un dalot de dimensions 1×1 m suspendu au-dessus de l'oued qui, lorsqu'il est mis en charge, déverse une partie des effluents dans l'oued (Tableau 12 et Figure 24).

Tableau 12. Les charges polluantes.

Désignation	Valeur (kg/j)
Charge massique de DBO₅ à l'entrée de la STEP	9725
Charge massique de DCO à l'entrée de la STEP	19450
Charge massique de N_{org} à l'entrée de la STEP	600
Charge massique de NTK à l'entrée de la STEP	2200
Charge massique de P_{tot} à l'entrée de la STEP	320
Charge massique de MES à l'entrée de la STEP	13995

N_{org}: Azote organique ; **NTK**: Azote kjeldahl comprenant l'azote organique (**N**) et l'azote ammoniacal (**NH₄⁺**) contenus dans l'eau ; **P_{tot}**: Phosphore total.

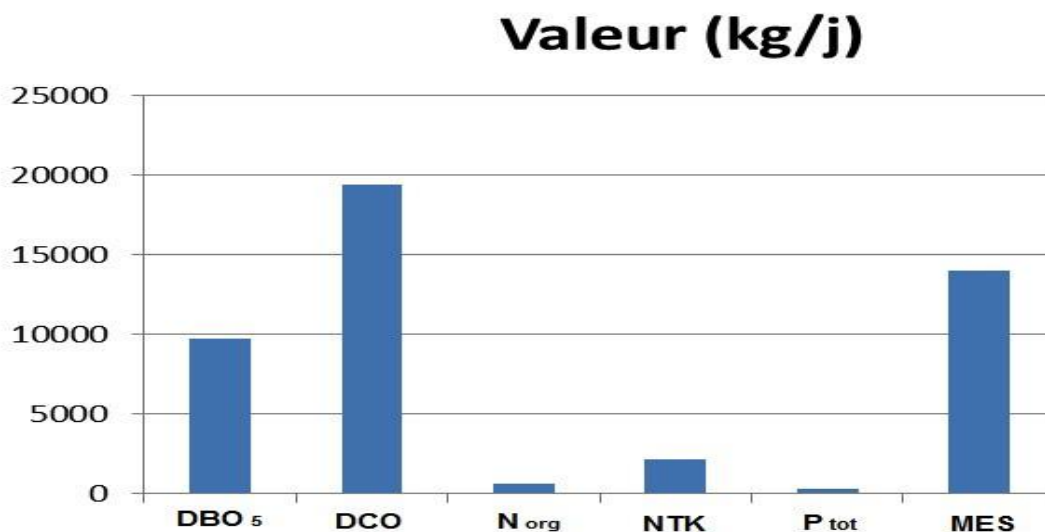


Figure 24. Charges polluantes de la station d'épuration de Batna.

Les bilans d'exploitations mensuelles observés de janvier à octobre sont listés dans le tableau 13, précisant les débits moyens, les rapports DCO/DBO en entrée et l'efficacité du traitement.

Tableau 13. Données des bilans d'exploitation mensuelle (Janvier-Octobre).

	Débit moyen mensuel m ³ /j	Rapport DCO /DBO en entrée	DBO en sortie		DCO en sortie		MES en sortie	
			mg/l	Rendement	mg/l	Rendement	mg/l	Rendement
Janvier	16216	3.2	24	91.0%	109	87.0%	43	87.0 %
Février	14439	3.5	19	91.0 %	108	87.0 %	46	87.0 %
Mars	17816	3.4	15	92.5 %	106	85.4 %	42	81.6 %
Avril	18970	3.3	15	93.6 %	103	86.5 %	37	82.5 %
Mai	18653	3.26	15	94.0 %	118	85.7 %	46	91.0 %
Juin	19445	4.15	12	94.3 %	116	86.0 %	40	84.0 %
Juillet	18508	3.05	13	95.0 %	105	88.0 %	34	89.0 %
Aout	19954	3.3	14	95.0 %	101	89.0 %	28	89.0 %
Septembre	20527	2.97	18	93.6 %	99	88.0 %	31	87.0 %
Octobre	20186	3.4	13	95.0 %	100	89.0 %	29	88.0 %

L'analyse des débits moyens d'entrée montre une augmentation progressive jusqu'à atteindre un débit quotidien de plus de 20.000 m³/j, aux mois de septembre et d'octobre.

Cependant, la station étant dimensionnée pour un débit moyen journalier de 19 875 m³/j et un débit de pointe par temps sec de 27 210 m³/j, il est remarquable de souligner que des débits moyens mensuels de plus de 20 000 m³/j ont été régulièrement observés, avec certaines moyennes mensuelles de plus de 22 000 m³/j. Par contre, les débits moyens mensuels ont été plus faibles en raison des déversements par temps sec.

6.2. Les performances du processus

Les eaux usées arrivent à la station d'épuration de cette ville avec les caractéristiques moyennes suivantes : 211 mg/l de DBO₅, 759 mg/l de DCO, 334 mg/l de MES, 3,59 pour le rapport DCO/DBO, 7.5 de PH et 14° C de température (Figure 25). Ces données correspondent aux charges moyennes suivantes: 3,12 tonnes/j de DBO, 11,3 tonnes/j de DCO, 5 tonnes/j de MES.



Figure 25. Valeurs des paramètres et performances du processus.

STEP : Station d'épuration des eaux usées.

6.3. La nature des rejets de la ville de Batna

Une première remarque s'impose, la valeur moyenne de rapport DCO/DBO indicative de la biodégradabilité (3,5) est élevée par rapport à la valeur contractuelle de 2.5 qui caractérise un rejet urbain biodégradable (Figure 26).

Il semble évident de voir que les rejets de la ville dans cette station sont caractérisés par une prédominance de substance non domestiques, notamment les huiles industrielles et les hydrocarbures. D'ailleurs, ces rejets sont la cause des dysfonctionnements du traitement biologique. Mais, paradoxalement, ils ne sont pas prévus dans le contrat de management de la station.

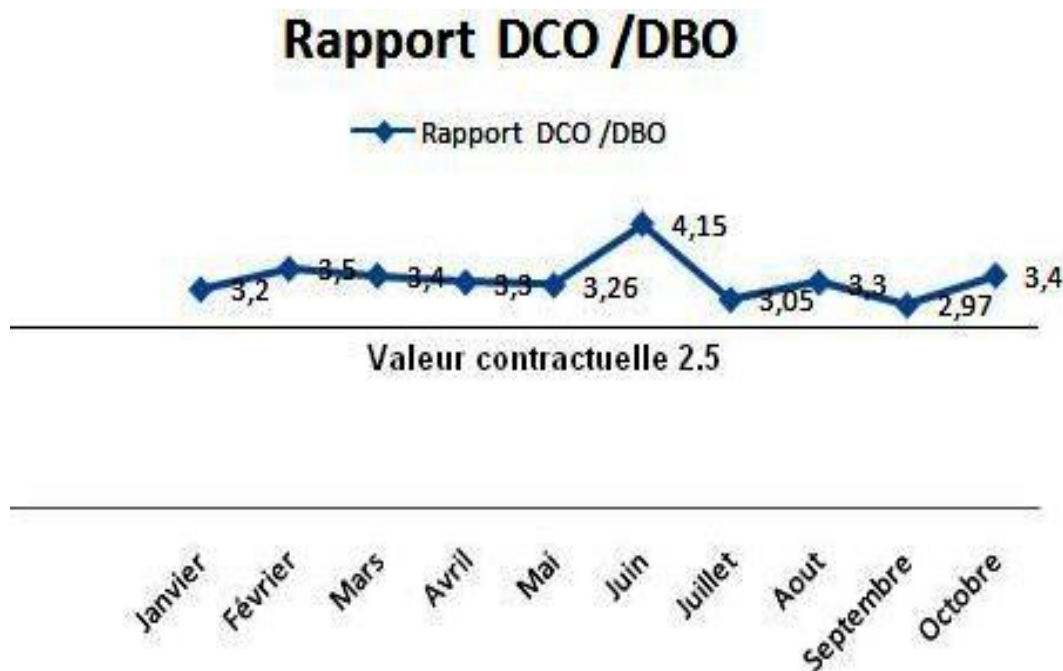


Figure 26. Valeurs mensuels de rapport DBO/DCO indicative de biodégradabilité.

6.4. Le rendement épuratoire

A la sortie de la station, les concentrations moyennes obtenues ont les valeurs suivantes: **19 mg/l** de **DBO₅**, **108 mg/l** de **DCO** et **46 mg/l** de **MES**.

Quant au rendement épuratoire, il est en moyenne de : **91 %** d'élimination de **DBO₅**, **87 %** d'élimination de **DCO** et **87.6 %** d'élimination de **MES** (Figure 27).



Figure 27. Rendement épuratoire de la station d'épuration de Batna.

La valeur moyenne de l'oxygène dissous fourni au bassin biologique est de 1,77 mg/l. La filière des boues extraite traite environ 4506 m³ de boues épaissies. La zone de prétraitement extraite est d'environ 12 m³ de sable et 6 m³ de refus de dégrillage (Figure 28).

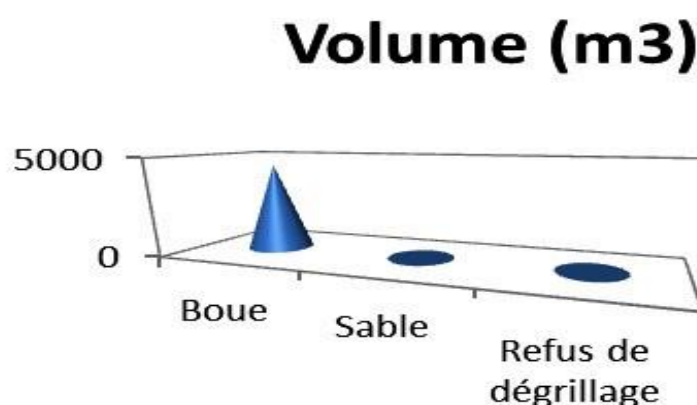


Figure 28. Volume des extraits.

6.5. Les sources de pollution

Quasiment, le réseau d'assainissement de la ville de Batna draine les rejets urbains de l'ensemble des quartiers de la ville vers l'oued El-Gourzi et ceux de la zone des activités

industrielles. De même, l'évacuation des eaux pluviales se fait dans l'oued El-Gourzi ainsi que le flux vers la plaine d'El-Maadher qui transite par l'intermédiaire de l'oued du même nom.

Il est bon de signaler que bon nombre d'habitations rejettent leurs eaux usées directement dans les affluents de l'oued El Gourzi (DEATB, 2012).

6.5.1. Les rejets industriels

Bien évidemment, l'oued El-Gourzi reçoit la majorité des unités de production au niveau de la zone industrielle de Batna (Figures 29, 30 et 31). A cela, il convient de rajouter les nombreux ateliers de bijouteries clandestines qui déversent directement on note aussi qu'une partie très importante du débit arrivant à la station d'épuration est rejetée directement dans l'Oued El Gouzi sans passer par la station d'épuration.

Le diagnostic définir les causes de ces rejets directs (Les caractéristiques des eaux rejetées par les unités industrielles sont présentées dans le tableau 14) (DEATB, 2012).

Tableau 14. Caractéristiques des rejets industriels.

	T (°c)	pH	DBO5 (mg /l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	Cl (mg /l)	Azote (mg /l)
COTITEX ¹	21	8	116.6	430.74	159.46	13.01	59.73
ENIPEC ²	20	9	600	706.4	516.7	63.9	96.96
ORELAIT ³	22	9	91.66	190.4	183.33	168.03	33.6
ORAVIE ⁴	21	8	63.33	220.26	105.38	/	69.06
Rejet Maadher ⁵	20	7.5	531.66	563.2	65.2	23.06	109.53

(Source: DEATB, 2012)

1 : Complexe de textile.

2 : Entreprise des produits électrochimiques.

3 : Laiterie d'Aurès.

4 : Abattoir des volailles.

5 : Rejets en aval de la station d'épuration.

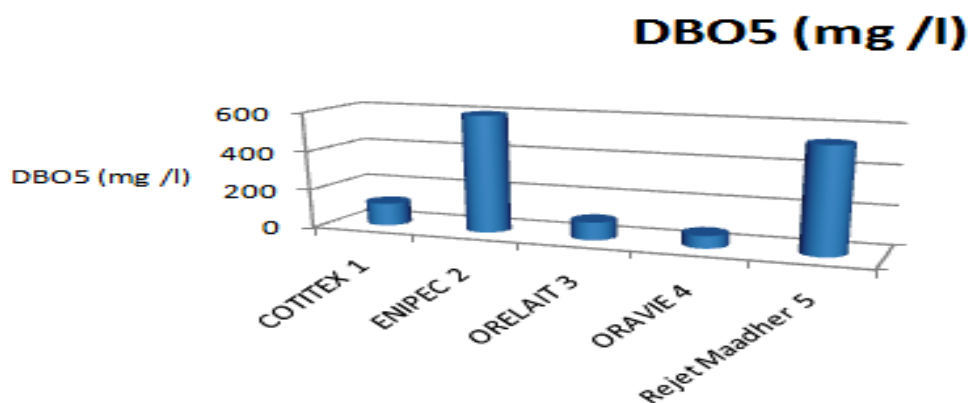


Figure 29. DBO₅ caractéristiques des rejets industriels.

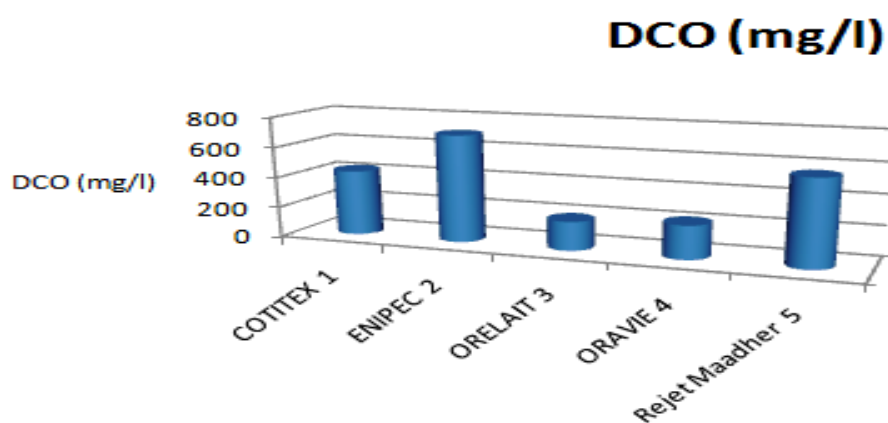


Figure 30. Caractéristiques de la DCO des rejets industriels.

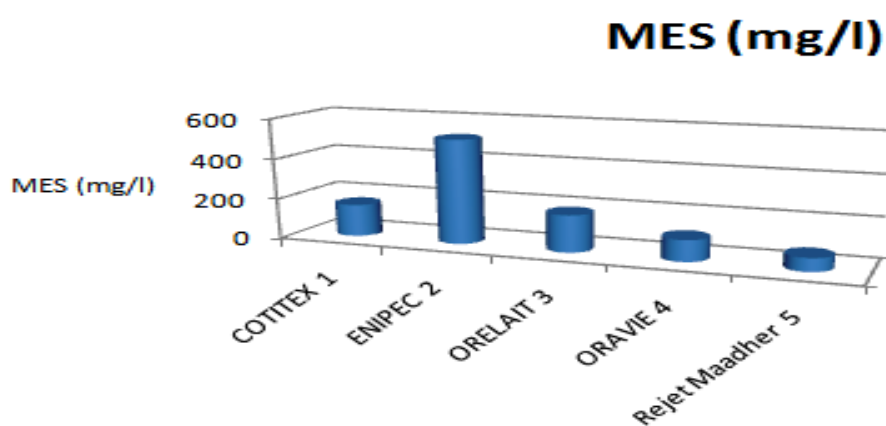


Figure 31. Caractéristiques de la MES des rejets industriels.

6.5.2. Les normes des rejets en Algérie

En se référant aux valeurs limites maximales des paramètres de déversement dans les émissaires naturels, fixées aux seuils consignés dans le (Tableau 15) (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides et industriels et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) qui définissent les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, il est possible de conclure que hormis les températures et les pH, les concentrations des eaux provenant des industries énumérées dépassent ces normes. Il est indispensable, par conséquent, que ces eaux soient préalablement traitées avant d'être rejetées.

Tableau 15. Normes des rejets des effluents liquides et industriels en Algérie (Décret exécutif n° 93-160 et décret exécutif n° 06-141).

Paramètres.	Unités	Valeurs maximales
Températures	°C	30
PH	-	5.5-8.5
MES	mg/l	30
DBO5	mg /l	40
DCO	mg/l	120
Huiles Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures	mg/l	20
Détergeant	mg/l	2
Plomb	mg/l	1

6.6. La situation actuelle dans la région de Batna

Les eaux usées polluées et/ou à moitié épurées sont pour le moment déversées dans l'oued El-Gourzi jusqu'à la vallée d'El Maâdher, charriant ainsi sur son passage les rejets domestiques et industriels des agglomérations en aval de l'unique station d'épuration des eaux de la ville de Batna.

Certains agriculteurs les utilisent pour irriguer leurs champs. Aussi, le non-respect de la réglementation de la part des unités industrielles, doit inciter les pouvoirs publics à exiger de ces unités qu'elles se dotent chacune d'un dispositif de prétraitement. L'ensemble

de ce dispositif doit être contrôlé régulièrement par les services de l'environnement. Par ailleurs, un nombre considérable de stations de lavage, disséminées dans tous les quartiers de la ville, déversent leurs huiles de vidange dans les canalisations alors que la réglementation stipule qu'elles doivent être récupérées.

6.7. La caractérisation de la pollution industrielle

Les problèmes observés sur le réseau d'assainissement en amont ne sont pas bien pris en charge en raison de l'absence d'un bassin tampon au niveau de la station. La qualité des eaux usées se retrouve affectée dans la mesure où le rapport DCO/DBO observé demeure constamment élevé. La présence des eaux usées non traitées d'origine industrielle en témoigne.

Les émissions importantes des polluants industrielles constatées se retrouvent principalement à la sortie de quatre unités industrielles : ORAVIE, ENIPEC, ORLAIT, COTITEX. La nature des matières premières utilisées dans ces secteurs d'activité en est la cause principale. D'autant plus que la plupart de ces entreprises ne possèdent pas de station propre à chacune. Mais leurs rejets vont directement à la station d'épuration de la ville de Batna. En effet, les fortes teneurs relevées l'expliquent et, par exemple, la mesure quotidienne de l'indice de Mohlman des boues actives donne un indice moyen de 200 mg/ml (≥ 150). Ce résultat est une confirmation de la perturbation du processus biologique. Par ailleurs, il explique la formation des mousses biologiques abondantes dans le bassin d'aération. L'impact de cette mousse sur les eaux épurés peut se voir dans la concentration en MES et la concentration de la DCO sont élevées à la sortie de la station.

6.7.1. La lutte contre la pollution industrielle

Pour mieux cerner le problème de pollution industrielle, il serait judicieux de caractériser les rejets de chaque industrie et d'analyser le processus de chaque industrie en vue de l'amélioration en qualité des effluents rejetés (BAOK, 2007). Ainsi, dans ce sens, un projet de canalisation autonome pour les eaux usées domestiques est en cours de réalisation pour séparer les rejets domestiques et les rejets industriels (projet déjà étudié et en voie de réalisation par l'ONA).

Des traitements complémentaires pour ajuster la qualité des eaux usées épurées seraient nécessaires et une réhabilitation de la station d'épuration selon un procédé plus classique d'aération prolongée avec une nitrification-dénitrification poussée viendrait améliorer la qualité épurative de la station.

6.7.2. La réhabilitation de la station d'épuration de la ville de Batna.

La valeur classique pour un effluent urbain se situe entre 2 et 2,5 et l'obtention d'un rapport élevé peut entraîner plusieurs dysfonctionnements. En particulier, la prolifération importante des mousses dans les bassins d'aération la perturbation du voile de boue dans les décanteurs secondaires.

La plupart des bilans d'exploitation mensuels de la station exposent ces problèmes et des travaux complémentaires sont demandés, notamment sur le collecteur d'arrivée à la station. A l'heure actuelle, l'observation de ces bilans nous montre bien que des améliorations sont à apporter sur le réseau pour permettre à la station d'améliorer l'efficacité du traitement.

Etant donné que la station ne pourra pas améliorer ses performances sans améliorations en amont du réseau. Toutefois, les performances de traitement relatives à la DBO, la DCO et les MES sont globalement satisfaisantes. Par contre, l'azote et le phosphore dont les paramètres ne sont pas mesurés, ne sont pas traités correctement avec la filière mise en place pour cette station. Néanmoins, ils devraient être suivis régulièrement afin de quantifier leurs problèmes et prévoir une amélioration du traitement, avec une probable réhabilitation de la filière.

6.8. Les recommandations pour la protection de l'environnement.

Les recommandations pour la protection de l'environnement et la lutte contre la pollution industrielle de manière efficace nécessitent:

- Une mise en œuvre des textes réglementaires (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides et industriels et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels).
- Une incitation financière aux projets de dépollution.
- Une communication efficace et une vulgarisation/sensibilisation accrue et de tous les instants.
- Une soumission aux taxes de tout déversement industriel.
- Une séparation des rejets domestiques et rejets industriels.
- Une réhabilitation de la station d'épuration des eaux usées.
 - Une inspection sérieuse des émissions industrielles dans les eaux.

Chapitre 4 : Gestion des eaux usées et influence des acteurs à Batna.

1. Situation de l'assainissement

La wilaya de Batna est appelée à augmenter la cadence des réalisations de stations d'épuration pour préserver les nappes contre la pollution et faire profiter les agriculteurs de leur réutilisation. La faiblesse de la gestion fait partie des facteurs techniques qui ralentissent les politiques de réutilisation des eaux usées épurées.

L'effort de réalisation d'assainissement a permis d'améliorer le cadre de vie à l'intérieur des agglomérations, mais il a entraîné une concentration des rejets d'eaux usées dans les exutoires qui les acheminent vers des oueds déjà étouffés par les charges de pollution (Figure 32).

1.1. Les stations d'épuration

Le parc des stations d'épuration des eaux usées dans la région de Batna est constitué de deux stations d'épuration mise en service en 2005 (ville de Batna) et en 2008 (ville de Timgad) (Tableau 16).

Tableau 16. Les stations d'épuration des eaux usées à Batna.

Désignation	Capacité		Processus
	(Evq/H)	(m ³ /j)	
Batna	200 000	20 000	Station d'épuration « Boues activées à moyenne charge »
Timgad	13 800	1 950	Station d'épuration « Boues activées à faible charge »

Source : ONA, 2012.

Le secteur de l'assainissement a connu une redynamisation et une attention particulière des pouvoirs publics et du secteur des ressources en eau. 90 % de la population (299230 habitants en 2012) agglomérée (ville de Batna) est raccordée à un réseau d'assainissement (ONA, 2012). La longueur totale du réseau d'assainissement avoisine 32000 km (réseau urbain de 20 000, réseau semi-rural de 7 500 et réseau rural aggloméré de 4 500 Km) (ONA, 2012).

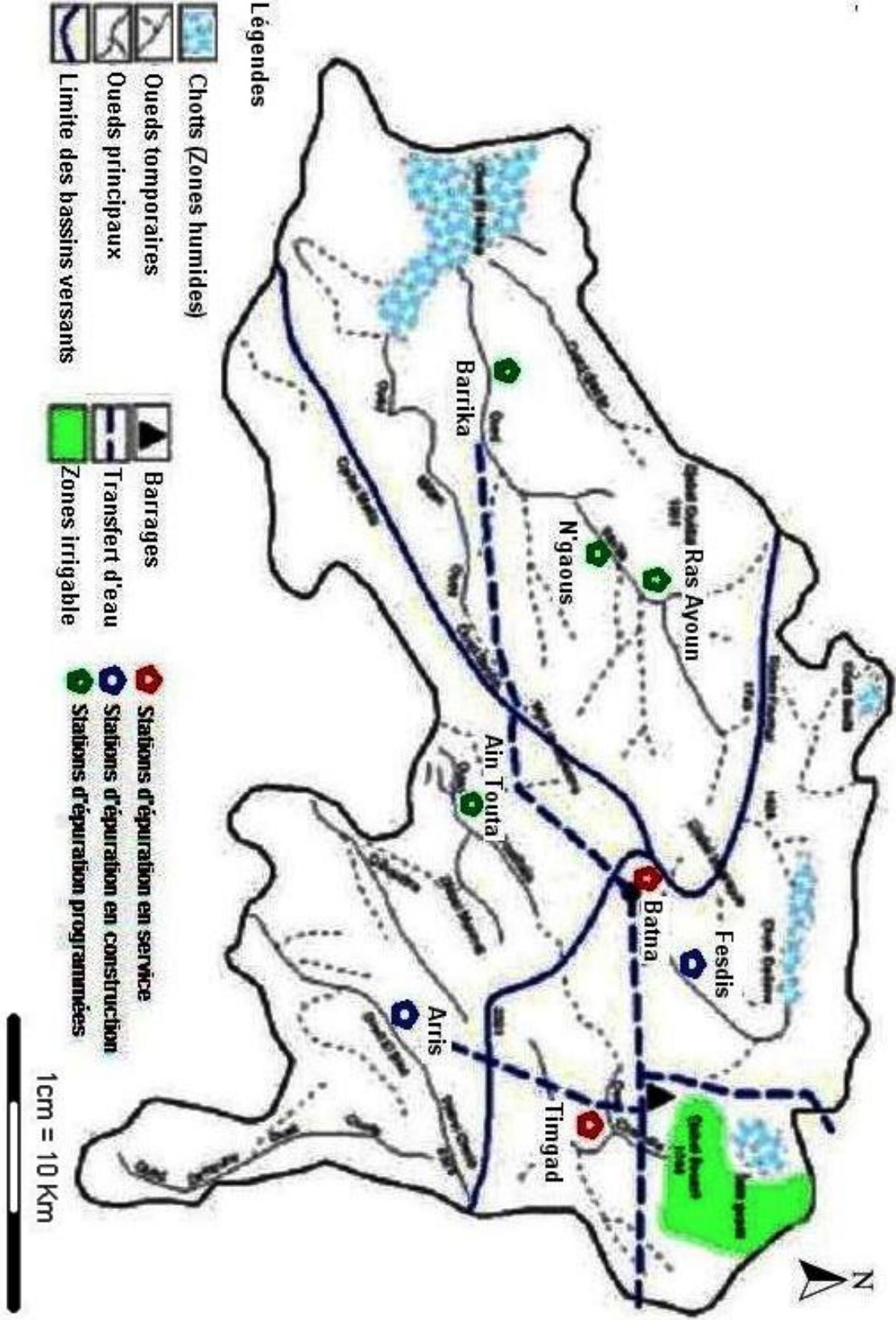


Figure 32. Carte de la localisation des stations d'épuration à Batna.

1.2. La station d'épuration de la ville de Batna

La ville de Batna, construite durant la période coloniale et devenu aujourd'hui l'une des plus importantes grandes ville de l'intérieur Algérien, est un espace économique important situé sur bénéficiant d'une part de sa situation de centre local du massif de l'Aurès, d'autre part de sa situation de passage. Entre le nord et le sud-est de l'Algérie. La ville est aujourd'hui habitée par plus de 298 877 personnes (Kala et al., 2011).

Sa population se monte à 347 480 habitants en intégrant les communes périphériques (Figure 33) (Kala et al., 2011). Par contraste, les grandes agglomérations du nord, notamment européennes, ont mis souvent plus d'un siècle pour atteindre leur niveau actuel de population (Ramonet, 1996).



Figure 33. Densité de la population (Baaziz, 2008).

Cette croissance rapide fait que le projet de station d'épuration de la ville a été relancée en 2005 et aura coûté 980 millions de dinars (environ 9 millions d'euros). Sa gestion est assurée par l'Office nationale de l'assainissement (ONA). Elle est Conçue pour traiter 20 000 m³ par jour, soit les rejets d'une population de 200 000 personnes (ONA, 2012).

2. Limites de la zone d'étude, Approche par MNT (Modèle Numérique de Terrain)

Un Modèle Numérique de Terrain (M.N.T.) est une représentation numérique du relief, c'est une méthode d'analyse quantitative des caractéristiques géomorphologiques et hydrologiques du bassin versant.

La gestion de la réserve en eau dans le monde est devenue actuellement une des préoccupations majeures des scientifiques, des gestionnaires et des décideurs au plus haut niveau gouvernemental (Hocine et *al.*, 2008).

Un des aspects les plus importants dans l'obtention, la gestion et l'exploitation des ressources en eau est le réseau hydrographique des bassins versants. L'intensité et la densité des écoulements, dans un bassin versant, distribués dans l'espace et dans le temps peuvent avoir deux impacts : un impact positif pour alimenter les réserves en eau et un impact négatif s'ils se manifestent sous forme d'inondations et d'écoulements intenses (Hocine et *al.*, 2008).

Le but de ce travail est d'extraire le réseau hydrographique et le sous bassin versant de la ville de Batna à partir des données altimétriques SRTM avec le logiciel ArcGis.

Méthode pour la délimitation des bassins versants

- Téléchargement des MNT (Modèle Numérique de Terrain) SRTM. Pour couvrir la zone d'étude, 2 dalles ont été téléchargées.
- Création d'une mosaïque (assemblage) de ces 2 dalles pour obtenir un MNT représentant le relief sur toute la zone.
- Utilisation d'un module du logiciel ArcGIS appelé Arc Hydro Tools pour effectuer les traitements hydrologiques.
- Utilisation de la fonction de comblement des puits (« Fill Sinks ») pour obtenir un MNT cohérent du point de vue de l'écoulement hydrographique.
- Détermination des directions d'écoulement à l'aide de la fonction Flow Direction (basée sur l'algorithme D8)
- Calcul de l'accumulation des écoulements avec Flow Accumulation
- Détermination de la définition du courant (« Stream definition) selon un certain seuil de surface drainée.
- Segmentation du réseau hydrographique en sections. (Fonction Stream Segmentation)
- Détermination des bassins versants en fonction des sections de réseau hydrographique théorique. Vectorisation des sous bassins et bassin versants générés par les étapes précédentes (Figure 34 et 35).

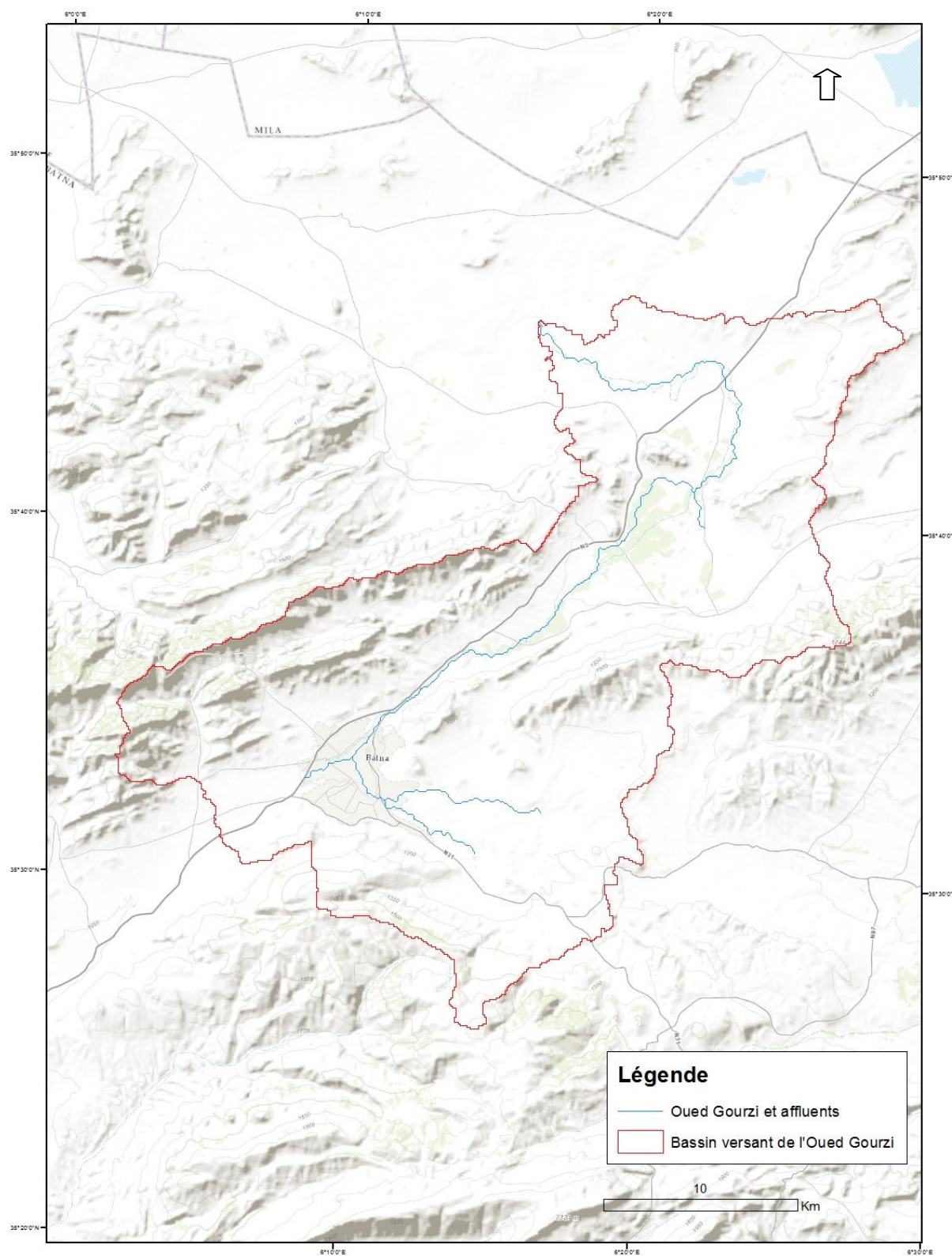


Figure 34. Limite du bassin versant (Approche numérique par MNT) (source : Auteur, 2014).

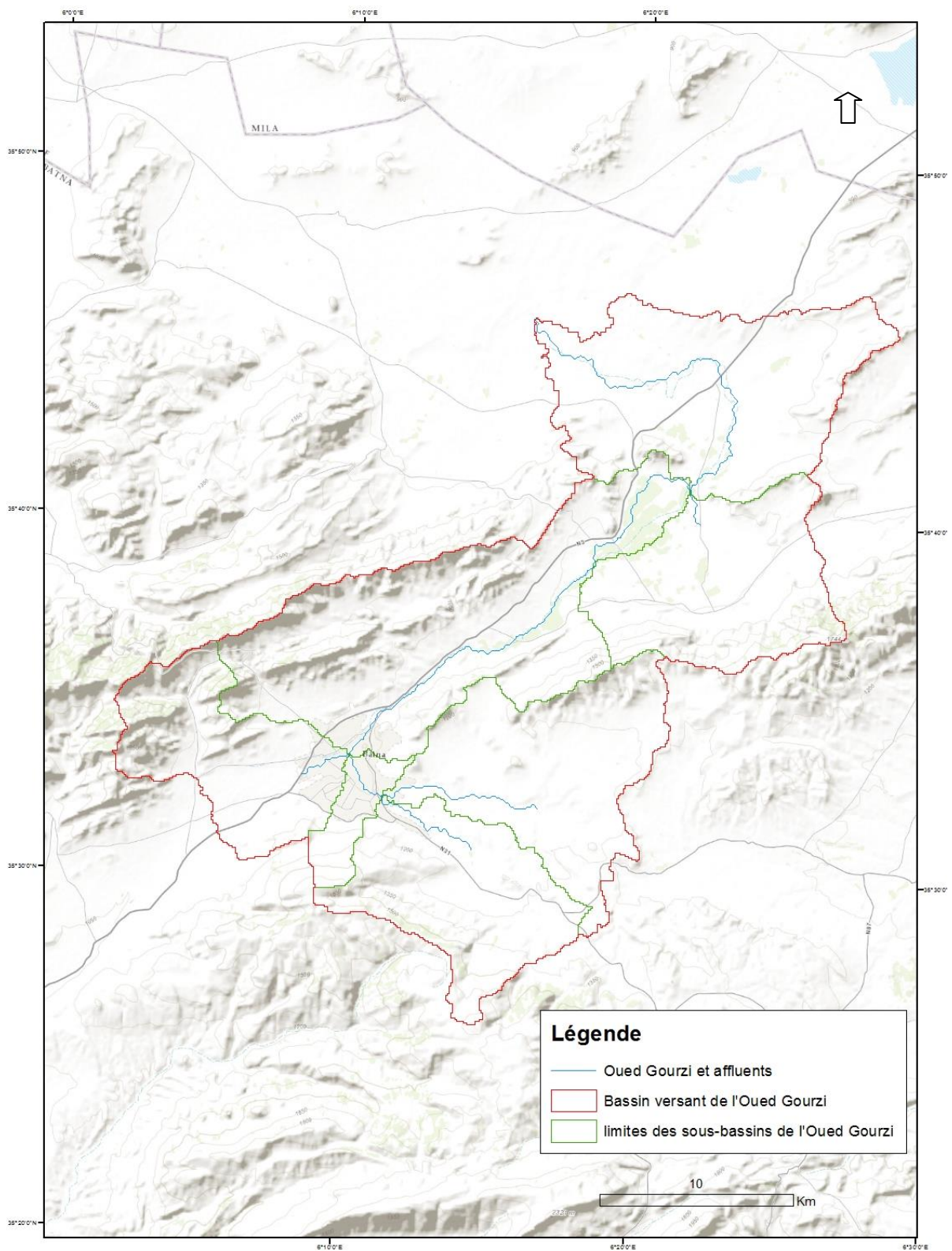


Figure 35. Les affluents de l'Oued El Gourzi (Approche numérique par MNT) (source : Auteur, 2014).

3. Évacuation des eaux usées traitées

L'oued El Gourzi est le collecteur principal du réseau d'assainissement et des eaux pluviales de la ville de Batna (Figure 36). Avant la sortie de la ville, il passe par la zone industrielle, où il collecte, en plus des rejets urbains, les rejets industriels. Une partie seulement de ces rejets (15000-20000 m³/j) subits un traitement à la station de la ville avant de rejoindre l'Oued (ONA, 2012).

En saison pluvieuse, il collecte les eaux issues des nombreux sous bassins versants par l'intermédiaire d'oueds secondaires: Belkhez, Tezzbennt, Ouzegrinz, Bou Ilef (Menani, 1991). En saison sèche, l'oued véhicule un débit moindre, alimenté par différents rejets de la ville et des petites localités qu'il longe.

L'oued El Maadher traverse la plaine et se ramifie en un réseau dense au sud de Mechtat Arrour puis se réunit à nouveau à l'exutoire du bassin à Merdja Mezouala (Menani, 2001).

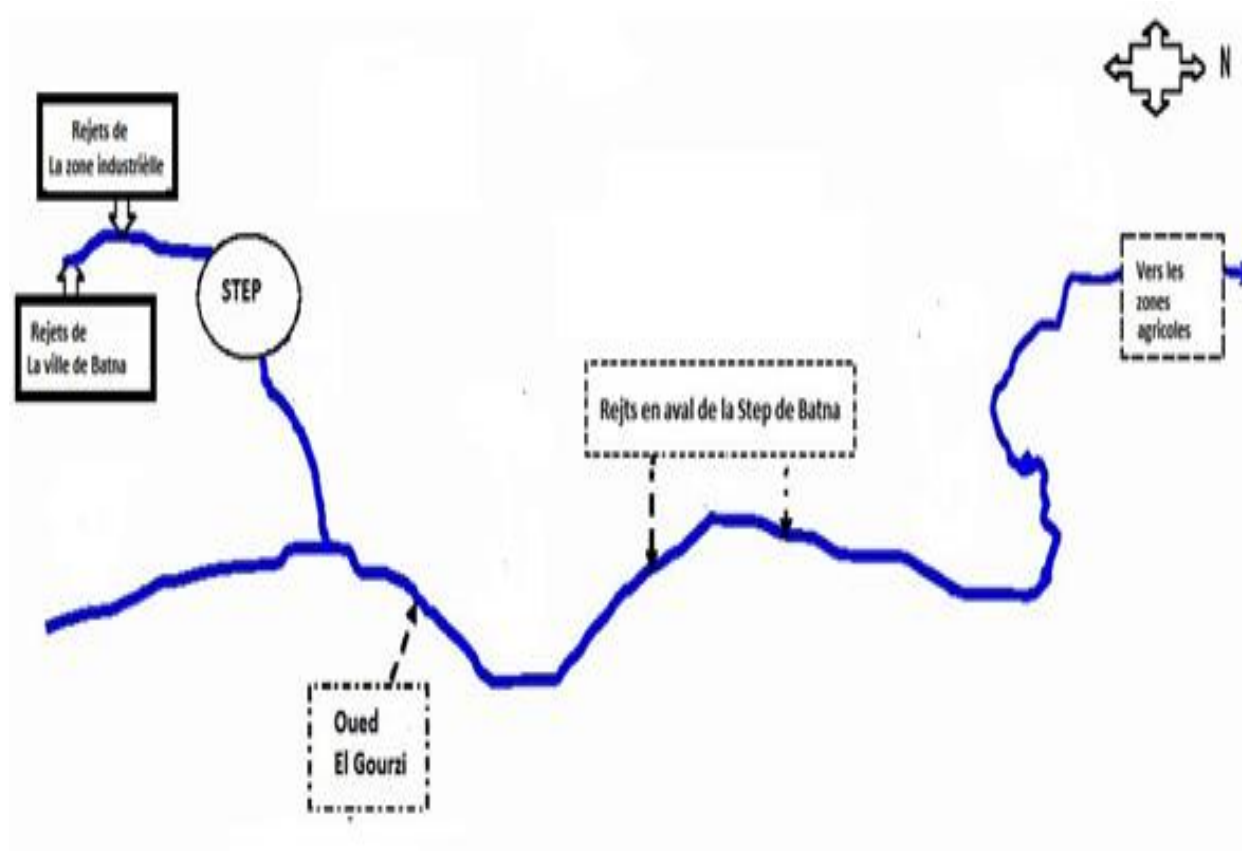


Figure 36. Traitement, évacuation et réutilisation des eaux usées à Batna (Tamrabet, 2011).

4. Impacts des eaux usées d'oued El Gourzi

Les effluents d'oued El Gourzi s'écoulent vers la plaine d'El Maadher en longeant Bou Ilef, Fesdis et Djerma (Zouita, 2002). L'oued El Maadher est le prolongement naturel de l'oued El Gourzi qui draine les eaux superficielles du bassin de Batna avec un écoulement permanent (Menani, 2001).

4.1. Sur le sol

Les effluents d'Oued El Gourzi, bien qu'ils contribuent à la fertilité du sol, ils contiennent des concentrations relativement élevées de matières en suspension, DBO, DCO, Orthophosphates, Ammonium et Nitrates, ce qui peut être nuisible à l'eau, au sol et à la vie aquatique du milieu récepteur (Khelif, 2010).

Au même titre que les caractéristiques chimiques et biologiques, les propriétés hydro physiques du sol sont influencées par l'irrigation à l'eau usée. Les teneurs en eau varient verticalement et horizontalement dans le profil et dans l'espace. Les variations de taux de matière organique s'accompagnent de valeurs de teneur en eau différentes (Khelif, 2010).

4.2. Sur la nappe

L'impact des eaux d'irrigation sur la qualité chimique et microbiologique de la nappe d'eau souterraine est fortement influencé par la pluviométrie. L'irrigation avec les eaux polluées peut altérer la qualité de la nappe et constituer des risques pour la santé (Ndiaye, 2010).

La pollution engendrée par les industries de transformation de la peau brute en cuir est caractérisée par un volume important d'eau résiduaire présentant de fortes charges en matières en suspension, DCO, DBO5, chlorures, sulfures, chromes (Amellal, 2007).

Le rejet de tel effluent dans le milieu naturel sans aucun traitement est néfaste sur la faune et la flore qu'il contient (Tableau 17). D'une manière générale, la pollution de ce type d'industrie est éliminée soit par voie physico-chimique ou biologiques (Amellal, 2007).

Cependant les dernières tendances penchent plutôt vers un traitement spécifique à chaque polluant (récupération et recyclage des bains résiduaire) (Amellal, 2007). Un exemple concret de tannerie Algérienne, MEGA de Batna, ayant des impacts néfastes sur le milieu récepteur. Pour atténuer le problème de pollution engendré par la tannerie de Batna, il faut rénover la station de traitement et valoriser les boues (Amellal, 2007).

Tableau 17. Dosage des métaux lourds des eaux usées avant et après la STEP de Batna (Baaziz, 2008).

Paramètres	Rejets domestiques avant la STEP	Mélange des rejets domestiques et industriels après la STEP	Valeurs maximales mg/l
Cr (mg/l)	0,05	0	0.1
Cd (mg/l)	0.455	0.057	0.2
Pb (mg/l)	0.404	0.222	1
Zn (mg/l)	0.533	0.38	5
Cu (mg/l)	0.023	0.023	3
DBO5	350	172	40
DCO	1200	380	120

Une dégradation de la nappe à cause d'une surexploitation, un sol perméable, infiltration des eaux usées et les fuites des eaux provenant des fosses septiques, des forages, des réseaux d'AEP et le développement de périmètres irrigués et la concentration des cultures (Arami, 2008).

C'est pour cela qu'il faut un aménagement de la zone de rejet, et la gestion de la décharge publique. Un traitement des eaux usées brutes à l'aide de station d'épuration par lagunage aéré, une mise en place d'une méthodologie de gestion rationnelle des ressources en eau, et la réalisation d'un réseau d'assainissement adéquat (Arami, 2008).

Les nappes souterraines, notamment les eaux de la plaine El Maadher qui alimentent la ville de Batna (Figure 5) sont exposées au risque de pollution chimique par l'infiltration des rejets urbains et industriels non traités ,ces derniers véhiculés par Oued El Gourzi et qui renferment des substances toxiques, ces réserves d'eau doivent être protégées pour rester disponibles dans l'avenir, les eaux usées doivent être traitées avant le déversement dans le milieu naturel, la surveillance et le contrôle s'avèrent indispensables au niveau des unités industrielles (Baaziz, 2008).

4.3. Sur le végétal

Les eaux usées de l'Oued El Gourzi, partiellement traitées, sont utilisées pour irriguer 1073 ha des terres agricoles réparties sur les communes de Fisdis (250 ha), El Madher (160

ha) et Djerma (600 ha) (Tamrabet, 2011). Les principales spéculations concernées par l'irrigation avec les eaux usées sont les cultures maraîchères fourragères et la céréaliculture (Tamrabet, 2011).

5. Démarche des entretiens

Dans cette démarche, neuf s entretiens semi-directifs on a été réalisées avec des acteurs de la réutilisation des eaux usées en agriculture. Ces entretiens servent à identifier les acteurs agissent sur le territoire de Batna, à comprendre leur fonctionnement sur la valorisation des rejets de la ville de Batna en agriculture (Figure 376).

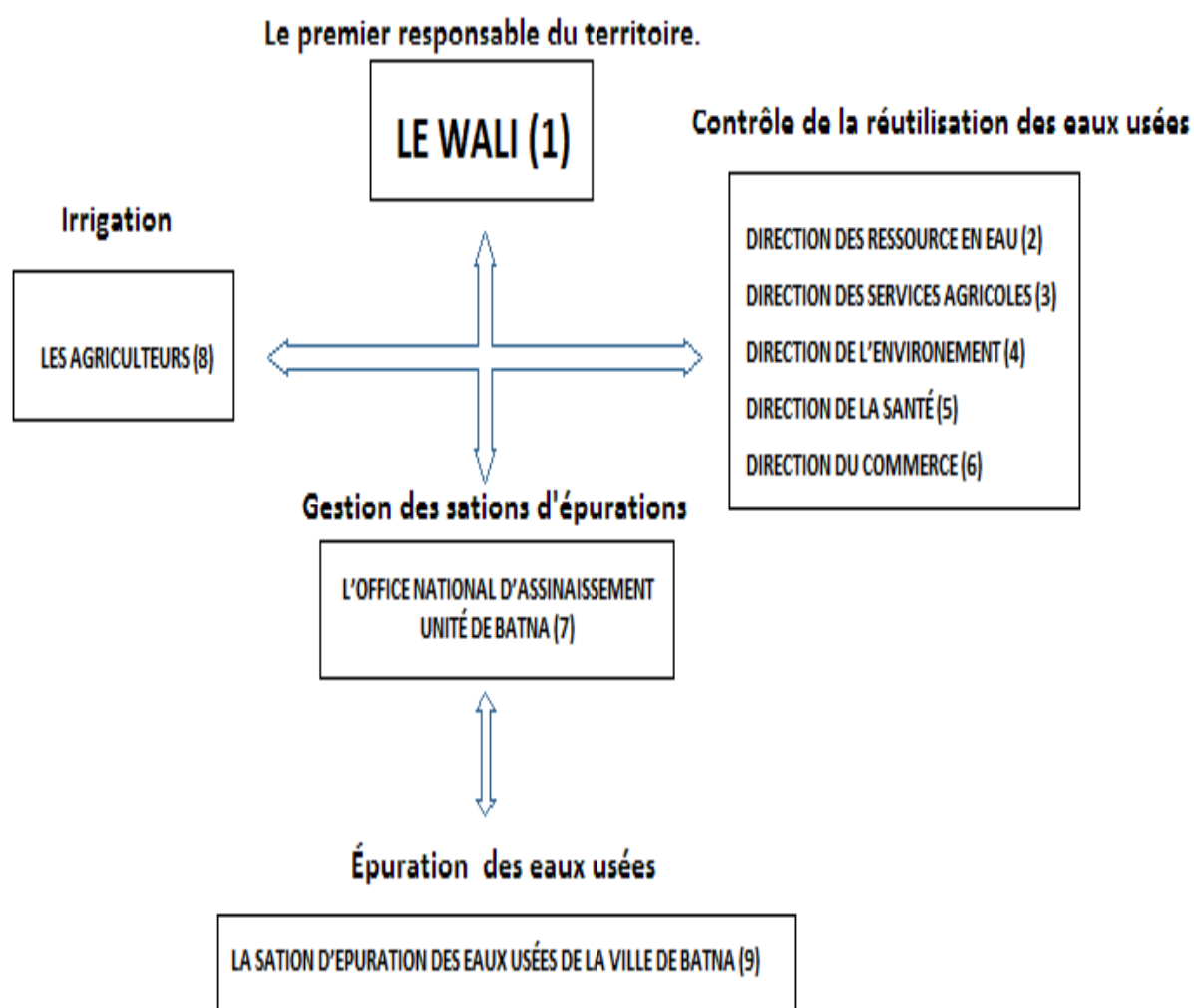


Figure 37. Chronologie des entretiens avec les acteurs.

Les entretiens ont porté sur: la réutilisation des eaux usées en agriculture à Batna, les ressources en eau plus ou moins accessibles aux agriculteurs. L'approche combine une évaluation de la pénurie en eau exprimée par les agriculteurs avec une évaluation des volumes effectivement utilisés. Cependant, les volumes réels ne sont pas faciles à obtenir et sont généralement pu parfois qu'être estimés.

5.1. Résultats des entretiens

Les eaux usées, mal épurées, sont pour le moment déversées dans l'oued El Gouzi qui serpente jusqu'à la vallée d'El Maadher, charriant ainsi sur son passage les rejets des agglomérations en aval de l'unique station d'épuration de la ville.

Le Wali de Batna, le directeur des ressources en eau et la gendarmerie, ont saisi un certain nombre d'équipements dont des pompes utilisées par des agriculteurs. De même, des cultures irriguées par des eaux issues de la station d'épuration de Batna ont été détruites.

La direction des ressources en eau de Batna, en vue d'améliorer le cadre de vie des quelque 10 000 riverains, a bénéficié d'une enveloppe de 400 millions de dinars (environ 3.7 millions d'euros) dans le cadre du plan de développement sectoriel (PSD).

Ce montant est destiné à la rénovation et à l'extension du réseau d'assainissement de Batna ainsi qu'à la réalisation d'un collecteur de Hamla (nouvelle ville) à la station d'épuration avec la prise en charge de toute la zone d'extension prévue estimée à 1 400 hectares.

Un budget de 1,5 milliard de Dinars (environ 13,8 millions d'euros) a été consacré aux travaux d'extension de la station (ONA, 2012). D'après la direction des services agricoles et en collaboration avec la direction des ressources en eau de Batna, un projet d'irrigation d'environ 100 hectares dans la région de Timgad par les eaux usées épurées de la station d'épuration de Timgad.

Selon la direction de l'environnement, la station d'épuration des eaux usées de la ville de Batna, est actuellement confrontée au problème des eaux des unités de la zone industrielle, polluées par les produits chimiques.

Les mises en demeure adressées par la direction de l'environnement aux unités polluantes (au complexe de textile N° 904 du 19/09/2010, Laiterie d'Aurès N° 905 du 19/09/2010 et abattoir des volailles N° 906 du 19/09/2010) sommées de traiter les eaux utilisées avant de les rejeter vers le canal menant vers la station n'a pas eu d'effet.

La station a été conçue pour traiter les eaux usées domestiques ou industrielles traitées au préalable, les eaux chimiquement polluées constituent une menace pour le bon fonctionnement de la station.

En effet, cette station, se trouvant à la périphérie de la ville, a une capacité de traitement qui avoisine les 20 000 m³ d'eaux usées, ce qui est insuffisant pour prendre en charge non seulement toute l'eau rejetée par les habitants de la ville (environ 30 000 m³), mais aussi celle de la commune de Tazoult (environ 4000 m³), qui a vu son réseau d'évacuation des eaux usées relié à celui de la ville de Batna. Plus de 14 000 m³ d'eaux usées sont donc reversées dans la nature.

Les statistiques de la direction de la santé de Batna relatives aux maladies telles que la typhoïde restent inconnues vues la non-obligation des médecins de les signaler.

Pour à la qualité des eaux souterraines, et selon la direction de l'environnement de Batna, les analyses d'échantillons provenant de la zone irriguée montrent des concentrations relativement élevées en nitrates, parfois supérieures au seuil d'acceptabilité des normes algériennes (50 mg/l).

Selon la direction du commerce, dans la ville de Batna, les produits agricoles issus des cultures irriguées avec les eaux usées sont souvent écoulés dans les villes avoisinantes.

5.2. Influence des acteurs

La gestion de l'eau implique un grand nombre d'acteurs : pouvoirs publics, collectivités et élus locaux, acteurs économiques, association et s'exerce sur une multiplicité d'échelles géographiques (sauvonsleau.fr, 2015).

D'après les réponses aux différentes questions concernant l'utilisation des eaux usées traitées et les causes de leur réutilisation, la majorité des acteurs sont contre ces pratiques (Figure 38).

Malgré la réglementation claire fixée par les autorités publiques, les acteurs du secteur public ne connaissent pas comment la loi autorise la réutilisation des eaux usées. D'après la figure 7, on peut dire que c'est une forme d'adaptation à la pénurie d'eau.

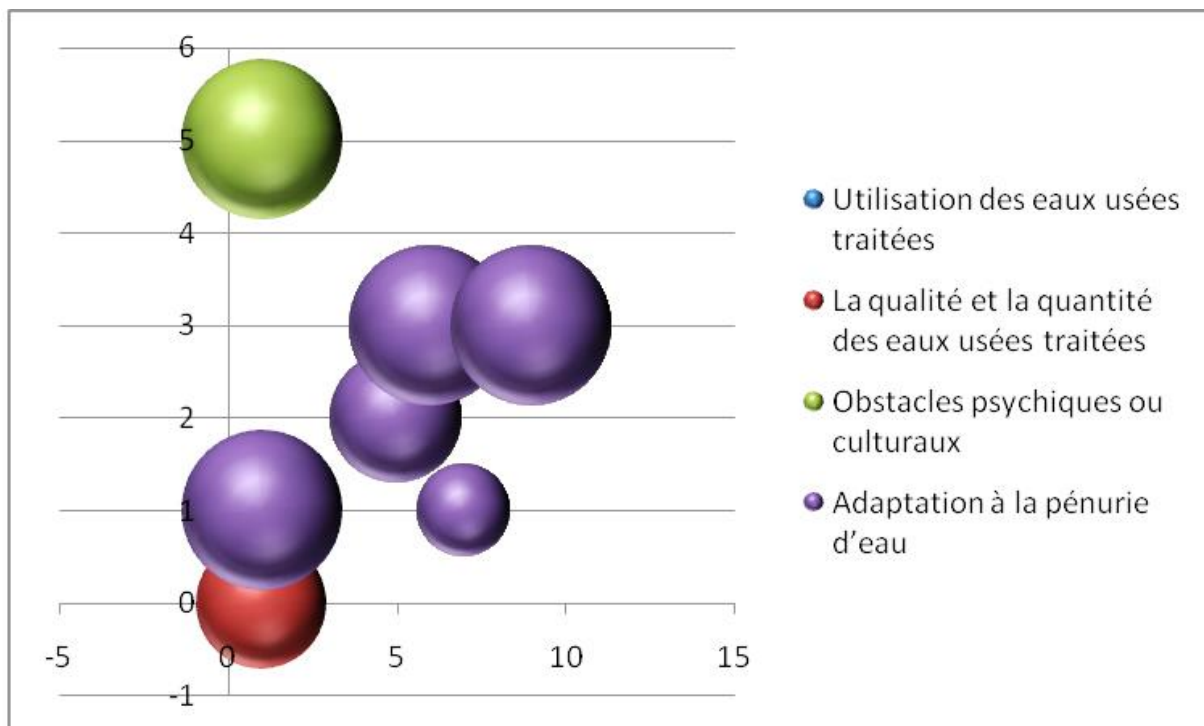


Figure 38. Bulles avec effet 3 D, les réponses des acteurs à grandes taille pour oui ou non.

5.3. Influence des medias

Plusieurs articles dans les journaux quotidiens nationaux, entre 2012 et 2014 ont mentionnées des actes d’irrigation par des eaux usées, les agriculteurs ont subi plusieurs critiques par les journalistes concernant cette pratique (Tableau 18).

Tableau 18. Les principaux articles dans les journaux nationaux qui traitent le sujet des eaux usées à Batna.

Journal	Article
<p>BATNA INFO</p> <p>12 - 06 - 2012</p>	<p>Batna / Merouana : Un bassin de traitement des eaux usées au programme.</p> <p>Pour cette année 2012, pas moins de 7 bassins de traitement naturel des eaux usées ont été programmés dans différentes localités de la vaste région des Aurès. Un de ces projets à été retenu, selon des sources crédibles, pour la région de Merouana dans la wilaya de Batna et les 6 autres au niveau (...)</p>
<p>L'EXPRESSION</p>	<p>Votre salade est arrosée avec des eaux usées</p> <p>La daïra de Batna a détruit des récoltes irriguées au moyen d'eaux usées. Deuxième opération du genre en une semaine, cette action a concerné 10 hectares de terres agricoles exploitées pour la culture de la salade, du</p>

<p>19 - 06 - 2012</p>	<p>persil, du coriandre et de certains légumes. L'opération de destruction des (...)</p>
<p><u>El Watan</u> 19 - 06 - 2013</p>	<p>L'été approchant, les eaux usées... Le canal, censé contenir les eaux pluviales, reçoit les eaux usées des cités adjacentes nouvellement érigées, ainsi que celles de la nouvelle ville de Hamla. Les habitants du quartier des Frères Chaâbani et celui du lotissement Mohamed Saïd, anciennement connus sous l'appellation d'El Firma (la (...))</p>
<p>LIBERTE 12 - 11 - 2013</p>	<p>Irrigation avec les eaux usées à Batna En dépit des contestations des citoyens de la ville de Batna, des moult interventions des services de la santé publique et même de la Gendarmerie nationale, de pseudo-agriculteurs, installés près de l'oued de Fesdis, de la commune éponyme, continuent d'irriguer leurs champs aux eaux usées faisant (...)</p>
<p>LE FINANCIER 26 - 03 - 2014</p>	<p>Extension de la station d'épuration des eaux usées : Concilier industrie et écologie à Batna Le développement des activités industrielles a fortement dégradé l'environnement de la ville de Batna et sa région, en raison du déversement des eaux usées à l'état naturel. C'est dans ce cadre que les travaux d'extension de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Batna, dont l'étude (...)</p>

6. Des acteurs qui peinent à assumer leur rôle

La station a été conçue pour traiter les eaux usées domestiques ou industrielles traitées au préalable. Mais les eaux chimiquement polluées constituent une menace pour le bon fonctionnement de la station. En effet, cette station, se trouvant à la périphérie de la ville, a une capacité de traitement qui avoisine les 20 000 m³ d'eaux usées, ce qui est insuffisant pour prendre en charge non seulement toute l'eau rejetée par la ville (environ 30 000 m³), mais aussi celle de la commune de Tazoult (environ 4 000 m³), dont le réseau d'évacuation a été relié à celui de Batna. Plus de 14 000 m³ d'eaux usées sont donc reversées dans la nature.

La zone irriguée par les eaux usées de l'oued El Gourzi s'étend de part et d'autre de son axe de drainage naturel. Au niveau d'un déversoir situé un peu plus en amont, une dérivation a été réalisée en construisant une digue en sacs de terre. Ceci pour permettre aux irrigants d'accéder à l'eau par épandage à écoulement gravitaire (Tamrabet, 2011).

Les seguias sont utilisées pour l'irrigation par les eaux usées. Les périmètres irrigués sont de deux types; les premiers sont adjacents aux berges de l'oued, caractérisé par son niveau élevé par rapport au lit de l'oued. L'irrigation s'effectue généralement par pompage. Le deuxième est alimenté par gravité grâce aux dérivations réalisées par les agriculteurs (Tamrabet, 2011).

La généralisation de la réutilisation des eaux usées, a encouragé les agriculteurs, particulièrement dans la commune de Djerma, à s'organiser pour gérer les tours d'eau. En pleine saison d'irrigation, l'indisponibilité temporaire des eaux usées oblige les agriculteurs se trouvant en aval de la ville de Batna, à mobiliser les eaux de nappe (Tamrabet, 2011).

Les agriculteurs ont acquis une expérience importante concernant ce type d'activité. Ils s'adaptent en expérimentant de nouvelles rotations culturales et en utilisant d'une manière alternative les eaux de puits. Les agriculteurs trouvent que l'eau usée est une ressource très économique (Tamrabet, 2011).

²Le débit des eaux usées rejetées par la ville est, en moyenne, de 350 l /s. Sur cette base, la superficie totale irriguée actuellement est de l'ordre de 477 ha dans la zone de Fisdis, El Maadher et Djerma, qui ne représente que 43% de la superficie irrigable projetée (Tamrabet, 2011).

7. La gestion des eaux usées, le jeu des acteurs

Collecter et dépolluer les eaux usées est des missions essentielles de service public mobilisant de nombreux acteurs impliqués dans la gestion quotidienne de l'eau. Après utilisation, l'eau est salie. L'assainissement des eaux usées a pour objectif de les collecter puis de les dépolluer, avant de les rejeter dans le milieu naturel (Veolia, 2015).

La mise en place d'ouvrages de traitement complémentaire (ou traitement tertiaire) en aval de filières d'épuration afin de répondre à un objectif précis de traitement : désinfection, nitrification... n'est pas nouvelle (Boutin et Prost-Boucle, 2012).

En revanche, depuis une petite dizaine d'années, s'installent des ouvrages d'un type nouveau, dont l'objectif est moins précis et dont la conception ne provient pas d'une culture « génie civil », mais plutôt d'une culture « écologique ». Ces nouveaux ouvrages, dénommées zones de rejet végétalisées (ZRV), sont définis par le ministère en charge de l'écologie comme « un espace aménagé entre la station de traitement des eaux usées et le milieu récepteur. Cet aménagement ne fait pas partie de la station de traitement des eaux usées » (Boutin et Prost-Boucle, 2012).

La gouvernance renvoie à l'intervention combinée d'acteurs variés sur un territoire et à la capacité de ce système d'acteurs de produire des politiques publiques cohérentes.

Elle fait appel à la fois à une coordination des actions entreprises par les acteurs, ce qui nécessite donc un processus de synchronisation tel que la planification, mais aussi une cohérence qui sous-entend la reconnaissance des finalités communes à atteindre.

La gouvernance renvoie non seulement à des actions collectives, mais aussi à une responsabilisation des différents acteurs et aux relations de partenariat entre ceux-ci, dans le cadre de la promotion économique et sociale du territoire (Hounmenou, 2006).

Ces actions impliquent un ensemble d'institutions dont les collectivités locales, les services déconcentrés de l'État, les institutions de la société civile ou des milieux professionnels, le secteur privé.

La gouvernance peut impliquer la mobilisation des acteurs dans divers types d'actions relatives à la vie de la population d'un territoire. Elle peut aussi être sectorielle et se rapporter à des actions liées à un secteur spécifique (Hounmenou, 2006).

Depuis plus d'une décennie, la thématique de la « gestion intégrée » (Gardner, Margerum, etc.) tend à s'imposer comme l'un des principaux éléments du développement durable ou des principes qui le sous-tendent (Bibeault, 2003). L'adoption d'une approche de gestion intégrée soulève particulièrement le problème du cadre et des formes d'actions unifiés à l'échelle institutionnelle (Bibeault, 2003).

À ce sujet, deux questions liées se posent : comment s'articulent les enjeux de la gestion de l'eau à l'intérieur d'un cadre intégré et comment se mettent en place les modalités de cette gestion intégrée. Ces deux questions soulèvent notamment le rôle des acteurs dans la définition et la mise en œuvre des politiques liées à l'eau et au territoire, deux sujets qui ont souvent évolué de manière parallèle (Bibeault, 2003).

La gestion des eaux usées urbains dans la région de Batna, a toujours été faite sans planification, souvent les objectifs des besoins en assainissement sont faites, sans considérer la durabilité des systèmes et leur impact sur l'environnement. Notre étude à met en évidence les actions de la situation actuelle de la réutilisation des eaux usées pour irrigation pour l'agriculture à Batna, souligne les formes privilégiés à intégrer dans la inédite politique du développement durable optée par le les pouvoirs publics, et fait ressortir une perspective sur le rôle des acteurs sur les actions nécessaires pour un développement de la gestion des eaux usées dans la région de Batna.

Conclusion de la deuxième partie

L'eau est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource et donc par sa rareté. En particulier, la répartition de l'eau qui ne coïncide pas forcément avec la demande des différentes cultures durant leur cycle végétatif respectif. Elle devient, dans ces conditions, un facteur limitant du développement agricole. Or ces facteurs sont susceptibles de s'accroître avec le changement climatique actuel.

Ainsi, en Algérie, face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture, une politique active de mobilisation des ressources en eau et de nouveaux instruments de gestion ont été mis en œuvre dont la réutilisation des eaux usées, après traitement, dans le domaine agricole.

Dans cette optique, la présence de normes des rejets spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) et la constitution de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées avec la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par ces eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012), sont un préalable indispensable à une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole.

Les décideurs, tant du domaine public ou du domaine privé, doivent dans ce cas encourager et développer cette réutilisation mais doivent veiller, en parallèle, au respect des normes d'exploitation et de la réglementation spécifique établie.

A cet effet, ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des volumes en augmentation constante afin de répondre à des demandes toujours plus grandes. Pour se faire, la gestion intégrée des eaux usées épurées en Algérie doit être considérée désormais comme un modèle de partenariat public/privé et comme la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace, rationnelle et durable des eaux usées épurées.

Ceci, pour faire face aux multiples défis à surmonter dont, le plus important, est la recherche de l'auto satisfaction sur le plan agricole ou, du moins, une diminution progressive et irréversible de la dépendance alimentaire vis-à-vis de l'extérieur.

D'autre part, la gestion intégrée de l'ensemble des eaux est une assurance pour une protection de l'environnement et un développement durable.

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Batna, mise en service suivant le procédé classique des boues actives entre dans ce cadre. La station draine les rejets urbains et les rejets de la zone d'activités industrielles en faisant parvenir l'ensemble des effluents du réseau d'assainissement à la station après avoir traversé l'oued El-Gourzi.

La valeur moyenne du rapport indicatif de biodégradabilité « DCO/DBO » obtenu apparaît élevé (3.5) comparé à la valeur contractuelle (2.5) caractérisant un rejet urbain biodégradable. Si bien que, mis à part, les températures et les pH, les concentrations des eaux provenant des industries énumérées dépassent les normes. Par conséquent, elles devaient être préalablement traitées avant rejet.

Des travaux de réhabilitation de la filière sont fortement recommandés, surtout en ce qui concerne la qualité des eaux usées épurées, la séparation des rejets industriels et domestiques, la réhabilitation et l'extension de la station d'épuration.

Par ailleurs, la mesure quotidienne de l'indice de Mohlman des boues actives a donné un indice moyen de 200 mg/ml (≥ 150). Ceci confirme la perturbation du processus biologique et explique la formation de mousses abondantes dans le bassin d'aération. L'impact de cette mousse sur les eaux épurées est négatif et la concentration en MES et DCO, toutes deux élevées à la sortie de la station, le prouve.

Les émissions importantes des polluants industriels constatées proviennent principalement de quatre unités industrielles : ORAVIE, ENIPEC, ORLAIT, COTITEX. Ces unités ne possèdent, pour la plupart, leur propre station d'épuration et rejettent ainsi leurs effluents dans la station d'épuration de l'agglomération de Batna.

Aussi afin de diminuer la charge d'épuration de la station, il semble nécessaire que les rejets de toutes les unités industrielles soient préalablement traités avant d'être déversés dans l'oued El-Gourzi.

Des traitements complémentaires pour ajuster la qualité des eaux usées épurées serait nécessaire, une réhabilitation de la station d'épuration selon un procédé plus classique d'aération prolongée avec une « nitrification-dénitrification » poussée serait préférable.

Enfin, pour mieux cerner le problème de pollution industrielle, il serait judicieux de caractériser les rejets de chaque industrie et d'analyser son processus en vue de l'amélioration de la qualité des effluents rejetés.

La mauvaise qualité du traitement fait porter un risque lourd sur la qualité des productions agricoles. Par ailleurs, l'afflux d'eau usée, dans une région désertique, permet le développement d'une agriculture spécifique tirée par des besoins croissants. Il convient donc que les acteurs comprennent le processus menant à cette réutilisation peu maîtrisée des eaux usées de Batna.

L'irrigation dans cette contrée des Aurès est incontournable du fait de son climat semi-aride caractérisé par une pluviométrie annuelle insuffisante en volume et en nombre d'épisodes pluvieux par an.

Cette contrainte ne permet pas de couvrir les besoins en eau des nombreuses cultures saisonnières ou arboricoles mises en place à l'échelle de son capital « sol ».

Par ailleurs, les quantités en eau engendrées par les précipitations s'amenuisent de plus en plus en raison des conséquences générées par changement climatique planétaire. Or, d'une part, dans cette région l'activité agricole est primordiale pour tenter de couvrir certains besoins en produits agricoles. D'autre part, cette activité est nécessaire pour lui assurer une dynamique économique et enfin pour entretenir l'espace et lui garantir un entretien permanent.

Partie III : Contexte socioéconomique et agronomique.

Introduction

Le problème de l'eau se pose de plus en plus avec acuité particulièrement au vu du changement climatique, L'eau est un Facteur important et est une priorité pour le développement durable pour la région de Batna. Au vu de l'accroissement des besoins en eau, et de la situation dans une zone aride à semi-aride. L'accès à la ressource en eau constitue un des défis majeurs mais aussi un élément à l'équilibre socio-économique.

Une gestion efficiente et parcimonieuse nous est imposée. Apprendre à gérer la ressource en eau dans une perspective de développement durable, c'est apprendre à maîtriser sa rareté, à assurer l'irrigation agricole, et à préserver la qualité de l'environnement.

L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies. Les agriculteurs, notamment ceux des régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées (Maynard et Hochmuth, 1997).

La réutilisation des eaux usées à des fins agricoles est une pratique répandue partout dans le monde particulièrement dans les pays en voie de développement et qui se répand de plus en plus du fait de la rareté croissante des ressources en eau, surtout dans les régions arides et semi- arides et de la disponibilité de grands volumes d'eaux usées facilement mobilisables par les usagers (Mokhtari et *al.*, 2012) .

Actuellement, les eaux usées (souvent non traitées) sont utilisées pour la production de plus de 10% des récoltes irriguées du monde. On estime à 20 millions d'hectares, les terres agricoles, qui sont irriguées avec des eaux usées (Chris, *al.*, 2004).

L'irrigation par les eaux usées, pratiquée depuis des années dans certaines zones agricoles dans la région de Batna, est désignée comme étant l'origine d'une partie de l'activité agricole dans une région semi-aride qui connaît une sécheresse chronique ces dernières années à causes du changement climatique.

Dans le précédent programme de développement global, la station de traitement et d'épuration des eaux usées (STEP) de la ville de Batna, a bénéficié d'un projet d'extension pour augmenter ses capacités et permettre une protection de l'Oued El Gourzi qui traverse la région.

Ce projet a été jugé nécessaire dans la mesure où la station en question, qui traite les eaux usées, a ses limites d'exploitation du fait qu'elle a été construite pour prendre en charge 200.000 équivalents habitants (EH) alors que la ville de Batna a connu une expansion rapide et un accroissement de sa population.

Disons que l'enquête qualitative et quantitative ne doit être perçue que comme un instrument d'analyse chiffrée et globale et comme un moment de l'étude; elle doit être intégrée dans un ensemble qui comprend l'étude statistique proprement dite, puis des études ponctuelles plus qualitatives, simultanées ou postérieures, qui permettent de resituer dans leur contexte géographique les résultats chiffrés obtenus (Bied-Charreton, 1969).

La faiblesse de la production nationale des céréales est due, principalement aux conditions climatiques (Sècheresse) et édaphiques (Dégradation des sols), du fait que la céréaliculture est menée sur des surfaces localisées, en majorité, dans les zones arides et semi-arides (ITGC, 2015).

Le sol est souvent exposé à divers facteurs de dégradation qui affectent ses capacités à assurer ses fonctions. Il peut s'agir d'une perte quantitative de sol (en surface ou en profondeur) et d'une diminution de sa fertilité (Plan Bleu, 2003). La dégradation des sols en Algérie est un phénomène ancien qui s'est aggravé dans les dernières décennies, sous l'effet de facteurs naturels et d'actions anthropiques néfastes (IUCN, 2007).

C'est pour cela il faut penser de réutiliser les eaux usées traitées dans l'agriculture, parce qu'elles sont avantageuse par leur richesse en substances nutritives pour les sols et les plantes. L'utilisation de EUT pour la production agricole permet en effet, de valoriser les matières fertilisantes qu'elle contient au lieu de les rejeter (Irrigation, Cultures hydroponiques biologiques).

L'objectif de cette partie est d'évaluer les aspects socioéconomiques et agronomiques de la valorisation des eaux usées. En premier temps d'analyser la situation de la réutilisation des eaux usées au niveau autour de la ville de Batna, et la mise en évidence des effets agronomique de l'irrigation par les eaux usées.

Dans le premier chapitre, une enquête a été réalisée dont le but est le diagnostic des zones de réutilisation des eaux usées, leurs superficies et les différentes spéculations irriguées par les eaux usées et de recueillir le maximum d'informations auprès des exploitations agricoles utilisant les eaux usées en irrigation. Nous proposons d'exposer et de voir de quelle manière on pourrait concilier les impératifs méthodologiques de la pratique paysanne.

Dans le deuxième chapitre, la mise en place de l'aspect agronomique de la valorisation des eaux usées, dont une expérimentation a été réalisée dont le but est d'étudier l'effet de l'irrigation par des eaux usées traitées par voie biologique sur une culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Outre étude sur la valorisation des eaux usées traitées et leur effet sur la croissance d'une culture hydroponique de petit pois (Le Noir) et du le haricot (El-Jadida) et de la tomate (Heinz 1350 amélioré).

Chapitre 5 : La réutilisation des eaux usées en agriculture dans la périphérie de la ville de Batna.

1. Matériels et méthodes

Le caractère multidimensionnel de l'enquête répond à l'objectif de couverture des différents aspects permettant l'exploitation agricole de ces eaux, dans le respect des conditions environnementales et sanitaires de cet espace sur le plan humain. Simultanément, la situation dans laquelle vivent et travaillent les agriculteurs est traitée sous divers angles.

1.1. Présentation de la région d'étude

La ville de Batna, chef-lieu de la wilaya, est localisée entre 6°11' de longitude Est et 35°33' de latitude Nord, à une distance de 425 kms au sud de la capitale et culmine à 1040 mètres d'altitude. La superficie totale de la commune de Batna s'étend sur 11641 hectares. L'assiette de la ville de Batna est traversée par deux oueds (Batna et Tazoult), dont la confluence forme l'oued El Gourzi qui reste l'unique collecteur naturel des eaux pour toute la ville. Ce dernier se perd à son tour sur des parcelles agricoles. Le régime d'écoulement de cet oued est permanent bien que, en saison estivale, seuls quelques filets d'eau subsistent. Ils sont issus des rejets domestiques et industriels de la ville de Batna (Baziz, 2008).

1.2. Méthodologie du questionnaire

Plusieurs aspects sont pris en compte : géomorphologie des parcelles, les conditions hydriques, l'accès à l'eau, le revenu, le foncier et la surface agricole, les spéculations et autres, dans le but de mettre en relief la complexité de la réalité sans pour autant la réduire (Tableau 19).

Sur le plan analytique, l'accent est mis sur les différences entre les zones constituant cet espace, la nature de l'exploitation, l'équipement hydraulique, les pratiques culturelles et les spéculations. Un double objectif est dégagé :

- Identifier les différences et en décrire les modèles de réutilisation des eaux usées et leurs intensités, et d'expliquer les mécanismes provoquant les différences observées.
- Proposer des recommandations relatives à l'amélioration des politiques publiques et la relation entre les agriculteurs avec les autorités de ce territoire.

Les tendances agricoles et socio-économiques peuvent être obtenues sur la base de ces analyses. Un noyau de dimensions fondamentales a été développé dans l'optique de procéder à une analyse systématique des différences. Il s'agit des principaux modules du questionnaire sur les conditions de la réutilisation des eaux usées dans cette région, Chacun d'eux contient un certain nombre d'indicateurs adaptés à la réalité de l'agriculture dans la région.

Tableau 19. Codes et nombres de classes des variables.

N°	Variables	Code	Classes	31	Irrigation de la SAU	IR	2
1	Géomorphologie générale.	GG	7	32	Type d'équipement hydraulique	EH	3
2	Conditions Hydriques.	CH	6	33	Disponibilité en eau	DE	3
3	Type de sol.	TS	3	34	Terres agricoles délaissées dans la zone	AD	2
4	Texture.	TX	3	35	Activité agricole et l'environnement	AE	2
5	Appréciation sur le travail du sol	AT	3	36	Systèmes d'irrigation utilisés	SI	2
6	Drainage.	DR	3	37	Besoins de l'agriculture en eau	BE	2
7	Nature de la roche mère.	RM	3	38	Revenu de l'agriculteur	RV	3
8	Formation végétale proche de la parcelle.	FV	7	39	Adaptation à la pénurie d'eau	PE	4
9	Spéculations.	SP	5	40	Orientations de l'Etat	OE	5
10	Etat de la culture.	EC	3	41	Origine des eaux d'irrigation	OE	4
11	Nature de l'exploitation.	NE	4	42	Organisation traditionnelle et l'eau	OT	2
12	Statut foncier des terres.	SF	10	43	Dégradation de l'eau	DG	2
13	Surface du SAU.	SA	4	44	Causes de dégradation de l'eau	CD	4
14	Ville plus proche.	VP	3	45	Solutions adoptées	SO	3
15	Aides agricoles.	AA	2	46	Autre utilisation	AU	2
16	Type d'irrigation.	TI	5	47	Satisfaction en matière de : qualité de l'eau, disponibilité de l'eau, revenu et marché agricole	SS	4
17	Elevage.	EV	5	48	Utilisation des eaux usées traitées	EU	/
18	Pâturage.	PT	3	49	Causes d'utilisation	CU	/
19	Fertilisation du sol.	FT	2	50	Qualité et quantité des eaux usées traitées.	QE	/
20	Frais de l'irrigation.	FI	2	51	Problèmes rencontrés	PR	/

21	Présence des puits.	PP	2	52	Risques sur les produits agricoles	RS	/
22	Présence des habitations	PH	2	53	Obstacles psychiques ou cultureux	OP	/
23	Vulgarisation agricole	VA	2	54	Appréciation du produit agricole sur le marché.	PM	/
24	Contrôle sanitaire	CS	2	55	Type d'irrigation utilisée.	IU	/
25	Transformation sur l'exploitation	TS	2	56	Effets sur les rendements.	ER	/
26	Capacité de stockage	SK	2	57	Analyses des eaux et des sols.	AY	/
27	Provenance des aliments des animaux	AA	2	58	Paiement pour utiliser les eaux usées.	PI	/
28	La relation avec les autorités du territoire	RA	3	59	Rôle des services agricoles et les services hydrauliques.	RS	/
29	Attentes et besoins pour l'irrigation	AI	4	60	Proposition aux autorités.	PP	/
30	Indices du changement climatique	IC	4	61	Ecoulement des produits agricoles sur le marché de la ville proche.	DP	/

1.3. Choix du découpage et de la stratification de la zone d'enquête

La zone irriguée avec les eaux usées de l'oued El Gourzi s'étale de part et d'autre de l'axe de drainage naturel. Au niveau d'un déversoir situé un peu plus en amont, une dérivation a été réalisée en construisant une digue en sacs de terre pour permettre aux irrigants d'accéder à l'eau par épandage à écoulement gravitaire. L'irrigation avec les eaux usées est pratiquée généralement à partir des seguias (Figure 39).

La zone irriguée avec ces eaux est composée de deux bandes. L'une, adjacente aux berges de l'oued, est caractérisée par un niveau élevé par rapport au lit de l'oued où l'irrigation s'effectue, dans l'ensemble, par pompage et la seconde est alimentée par gravité grâce aux canaux et dérivations réalisés par les agriculteurs (Tamrabet, 2011).

1.4. Méthode d'échantillonnage

La base d'échantillonnage idéale doit englober toutes les unités entrant dans le champ de l'enquête. Aussi, pour notre enquête la base prend en compte la liste des exploitations agricoles en aval des rejets pour que l'échantillon d'exploitations soit directement tiré de cette liste. Tout en donnant à chaque exploitation la probabilité appropriée d'être incluse dans l'échantillon.

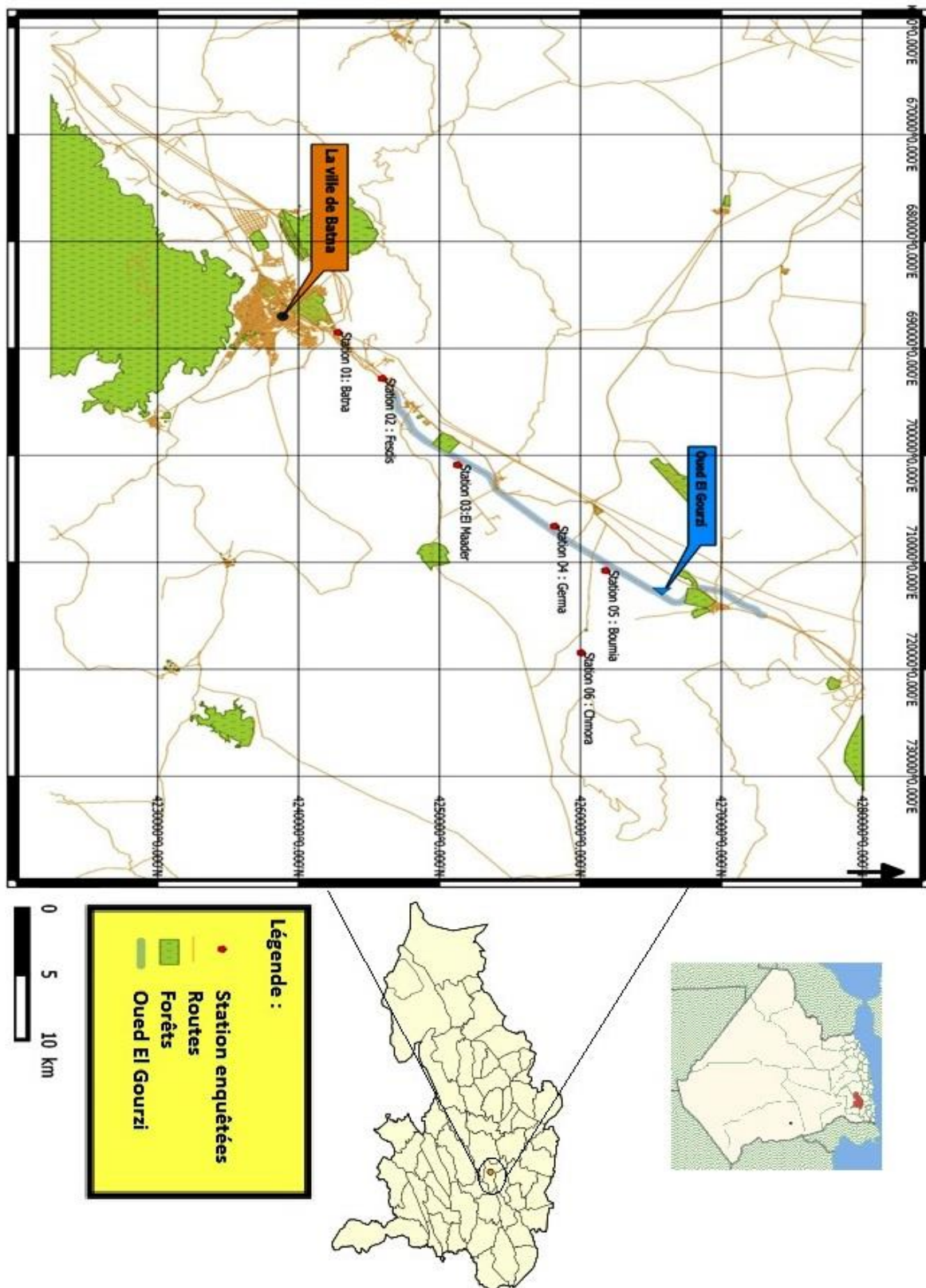


Figure 39. Localisation des stations enquêtées.

L'enquête est constituée, selon (Dussaix, 2009), de trois éléments indissociables :

- Le champ de l'enquête a été limité aux exploitations disposant au minimum d'une parcelle portant au moins une limite avec l'oued El Gourzi ou ces affluents et les parcelles, loin du l'oued ou ces affluents, ont été exclues du champ de l'enquête.
- La recherche d'informations auprès d'une fraction de la population étudiée et constitue l'échantillon. L'outil de cette enquête est un questionnaire dont l'objectif est l'estimation, à partir des données collectées sur l'échantillon, de certains paramètres caractéristiques de la population.
- La phase de collecte des informations auprès des interviewés. Il commence par une réunion d'information des enquêteurs (ou briefing). Il permet d'expliquer le sujet de l'étude, de leur transmettre les consignes d'échantillonnage et de passation du questionnaire. Il est suivi par l'administration des questionnaires sur le « terrain ». Enfin il facilite le contrôle de la qualité du travail des enquêteurs.

Quand aucune information n'est disponible, la méthode élémentaire est le sondage aléatoire simple ou SAS. Cette façon de faire garantit que chaque échantillon possible, de taille n , a une chance égale d'être sélectionné. Néanmoins, cette méthode, bien que la plus simple à mettre en œuvre, n'est jamais utilisée directement. Elle conduit, en effet, à des échantillons dont la dispersion géographique est incompatible et intervient en général en dernière étape dans le processus de construction.

Elle sert comme étalon pour les plans de sondage complexes, dont on compare la précision à celle que l'on pourrait obtenir si on avait réalisé un sondage aléatoire simple de taille équivalente (Loonis, 2009).

Lorsque la qualification et/ou la quantification des paysages reposent sur des inventaires de terrain, il convient de réfléchir à la méthode de collecte de l'information qui sera la plus adaptée à la problématique développée. Il n'y a pas, dans l'absolu, de bonnes ou de mauvaises méthodes pour collecter son échantillon.

L'évaluation du résultat porte principalement sur des aspects, spatiaux et thématiques. Cette évaluation caractérise l'intérêt et la reproductibilité de la méthode pour l'observation et le suivi des transformations territoriales.

Lorsque l'on enquête des paysages, ou du moins certaines composantes du milieu, ceux-ci n'apparaissent généralement pas sous forme d'enregistrements séquentiels dans une

base de données. Il n'y a donc pas de listes dans lesquelles sélectionner les individus qui constitueront l'échantillon. Ce sont des portions de paysages qui vont être tirées au hasard (ou non).

La base de sondage est donc constituée par une ou des cartes, des photos, de l'imagerie satellitaire ou tout autre document comportant l'intégralité de la zone d'étude pour que tous les points de l'espace puissent être, éventuellement, inventoriés.

C'est une des grosses différences entre les inventaires ou sondages portant sur des variables sociodémographiques et celles dont l'entrée est le paysage (Godard, 2006).

Les agriculteurs appartenant à la population d'enquête sont difficiles à identifier, leur situation commune n'est pas aisément décelable et ne fait que rarement l'objet d'une enquête.

Les agriculteurs concernées ne souhaitent pas révéler qu'elles font partie de la population d'enquête, parce que leur conduite est illicite (utilisation clandestine des eaux usées en irrigation), ou parce qu'elles refusent toute ingérence dans leurs affaires (Marpsat et Razafindratsima, 2010).

Beaucoup de statisticiens estiment que les échantillons aléatoires sont les seuls à offrir une garantie de bonne représentativité parce qu'ils sont basés sur une méthodologie scientifique. Du coup l'utilisation de l'échantillonnage par quotas est en principe proscrite dans la réalisation des grandes enquêtes internationales (Brechon, 2011).

Pour notre enquête, l'échantillon comprend 60 agriculteurs périurbains enquêtés et donc 60 questionnaires. Ce nombre est convenable pour comparer les pratiques paysannes mais ne peut permettre d'effectuer des analyses fines sur le système de culture des exploitations agricoles.

On a décidé de réaliser six sous échantillons de taille égale (dix questionnaires pour chacun), pour pouvoir faire des analyses plus fines sur les données agricoles et pouvoir aussi comparer la qualité des six sous échantillons.

1.5. Critères de stratification

Dans chaque strate, un questionnaire est dressé pour l'ensemble des agriculteurs et, pour chacun, les critères suivants sont notés :

- Parcelles irriguées proches de l'oued El Gourzi ou ces affluents.
- Saison sèche (pas de crues).

Ces deux critères ont servi de base aux sous stratifications effectuées dans chaque strate. L'enquête est structurée suivant trois degrés :

- 1^{er} degré: informations générales sur le terrain.
- 2^{ème} degré : irrigation et accès aux parcelles.
- 3^{ème} degré : exploitations agricoles.

1.6. Stratification

L'espace d'étude est situé en aval de l'oued El Gourzi avec ses affluents, a été subdivisé en six périmètres. Cette stratification de l'espace a consisté à découper cet univers d'enquête en groupes homogènes tout en procédant, de manière indépendante à un tirage aléatoire au niveau de chaque strate.

Ce regroupement des individus en entités homogènes, par rapport à un certain nombre de critères, permet d'améliorer la précision des estimations. En outre, il offre l'intérêt supplémentaire de pouvoir faire coïncider, dans la mesure du possible, un groupe homogène avec la zone géographique qui lui correspond et homogène également (Bied-Charreton, 1969).

La stratification englobe soixante (60) agriculteurs enquêtés aux de travers six (6) stations, dénommées et réparties de la manière ci-dessous:

1.7. Analyse des données

Le logiciel de référence utilisé pour l'analyse quantitative et qualitative de l'enquête est le « Sphinx iQ ». Ce logiciel offre une plus-value méthodologique et accroît la productivité par l'intermédiaire de la conception des questionnaires, de la diffusion d'enquêtes sur tous les supports, de la gestion de données et de l'analyse de résultats.

2. Résultats de l'enquête

Dans cette partie de notre étude, les raisons de la réutilisation des eaux usées dans l'activité agricole périurbaine dans la région de Batna sont mises en évidence, à partir des données obtenues par le questionnaire établi concernant des 60 agriculteurs répartis en six (06) stations (Figure 40). Et ce, sur la base de nos propres observations et des entretiens auprès des personnes ciblées. Ce travail cherche à définir les potentialités et les contraintes auxquels ces agriculteurs sont confrontés afin d'aborder l'ensemble des aspects sur le plan économique, technique et social de chaque exploitation.

L'un des aspects déterminant et contraignant La commercialisation de l'agriculture périurbaine dans cette zone est la commercialisation des différentes productions. C'est pourquoi la question qui ressort est de répondre à la question : un agriculteur, peut-il vivre de leur exploitation ? Pour y répondre, il est nécessaire de cerner d'abord le processus de cette commercialisation et les éléments qui la composent.

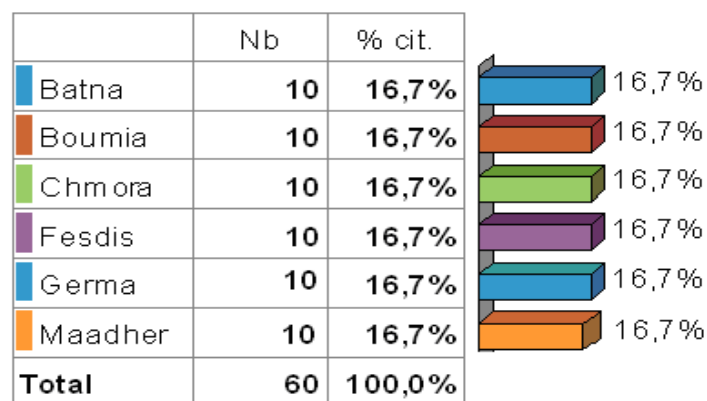


Figure 40. Répartition et nombre d'agriculteurs sur les différentes stations enquêtés.

2.1. Accès à la terre

La géomorphologie générale des espaces agricoles de production est dominée à 50% par des plaines, celles d'El Maadher et de Chmora qui s'étendent de Fesdis jusqu'aux limites de Ain Yagout (Figure 41).

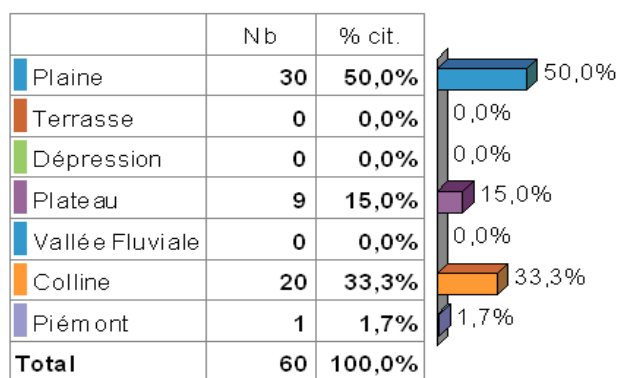


Figure 41. Géomorphologie générale.

Quant à l'assiette foncière, elle est de texture argileuse à 90% avec un sol profond, aéré et meuble (Figure 42).

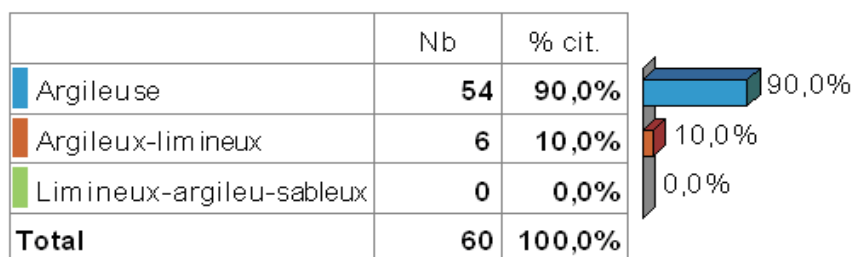


Figure 42. Texture des parcelles.

2.2. Superficie exploitée

Il ressort de l'enquête que la taille des exploitations est diverse mais la majeure partie (plus de 98%) occupe une SAU qui se situe dans une fourchette allant de 5 à 20 ha (Figure 43).

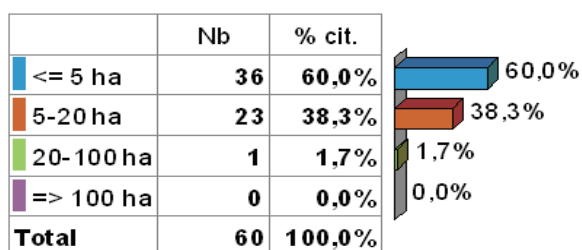


Figure 43. Surface de la SAU.

2.2.1. Nature des exploitations

La plupart des exploitations agricole ont un statut privé sauf quelques exploitations individuelles et collectives issues de la réorganisation des Domaines Agricoles Socialistes (DAS) ayant bénéficié de la loi 87/19 et de Fermes Pilotes sous régime étatique (Figure 44).

[EAI : Exploitation Agricole Individuelle, EAC : Exploitation Agricole Collective, Ferme pilote : Exploitation Agricole Prioritaire de l'État].

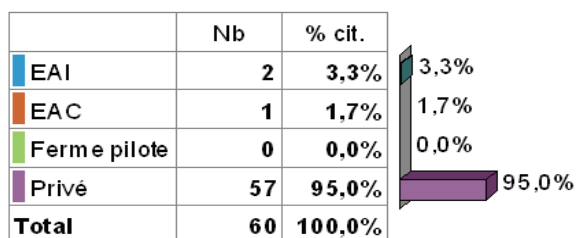


Figure 44. Nature des exploitations.

Les habitants situés à proximité de la ville de Batna sont, dans l'ensemble, des indus occupants. Leur installation sur ces lieux date la période post indépendance caractérisée par un exode massif vers les centres urbains (Figure 45).

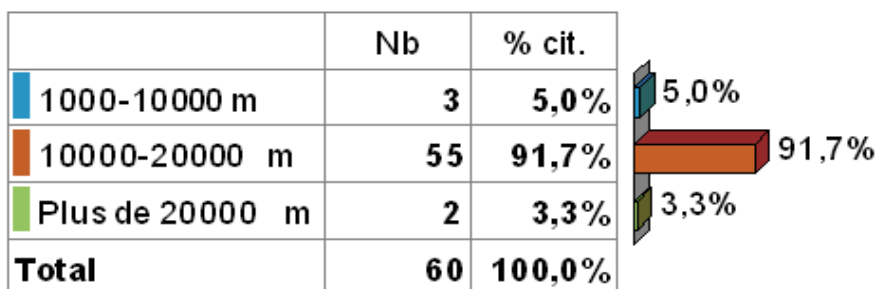


Figure 45. Proximité de la ville.

2.2.2. La nature juridique des exploitations

L'ensemble des terres occupées par les exploitants agricoles ont un statut juridique soit privé (MELK), soit domanial (EAI et EAC), soit étatique (Ferme Pilote), soit communal (sous l'égide des communes), soit non recensées ou non déclarées ou, sous l'égide d'une institution religieuse (WAKF) (Figure 46).

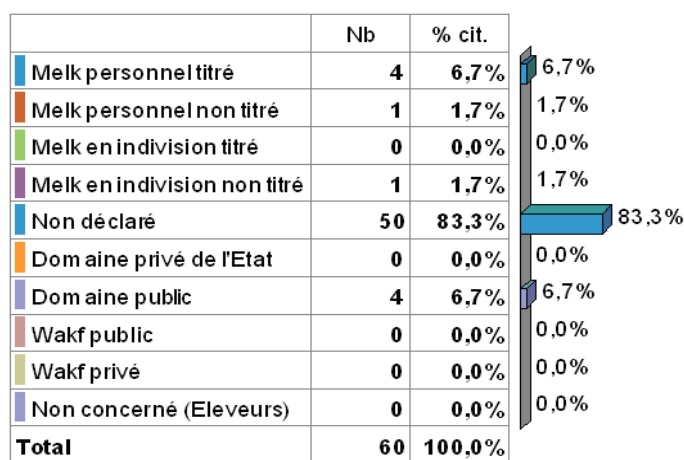


Figure 46. Nature juridique des exploitations.

2.3. Accès à l'eau pour les cultures

Vu la faiblesse de pluviométrie tant en volume qu'en jours de pluie par an par son caractère semi-aride, le constat une mauvaise régulation des pluies sur le plan de l'alimentation hydrique des sols agricoles dont la capacité de rétention restent déficitaire en général. Les agriculteurs ont recours à l'irrigation pour couvrir les besoins des cultures en place où plus de 71% de la superficie totale sont irriguées (Surface Bour : surface non irrigué) (Figure 47).

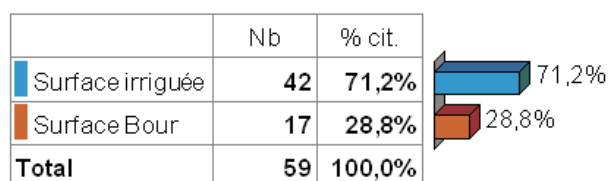


Figure 47. Surfaces irriguées.

2.3.1. Types d'irrigation en place

Le mode d'irrigation le plus pratiqué dans la région de Batna est gravitaire. Le régime pluvial est surtout utilisées pour la céréaliculture ou cette culture est entièrement dépend de la précipitation. Le mode d'aspersion est disponible chez les exploitations agricoles qui disposent des ouvrages hydrauliques comme les forages ou les puits (Figure 48).

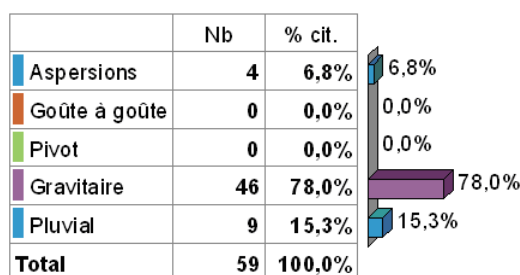


Figure 48. Type d'irrigation.

2.3.2. Sources d'irrigation

Le mode d'irrigation utilisée par les agriculteurs est la « Seguia » sous forme gravitaire et qui consiste en de petit ruisseaux dont l'alimentation provient à plus de 68% de l'oued El Gourzi et ces affluents (Figure 49).

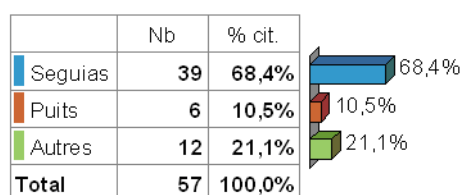


Figure 49. équipements hydrauliques.

Cependant, une tension extrême est exercée également sur les eaux souterraines et leur exploitation devient problématique. En particulier, avec la multiplication des forages agricoles, le rabattement des nappes phréatiques existantes est excessif et de nombreuses sources se sont tarées.

Ce phénomène de surexploitation a poussé les autorités publiques à interdire les réalisations de forages mais a contraint les agriculteurs à se tourner vers les eaux de l'oued El Gourzi qui sont des eaux, pour la plupart, usées (Figure 50).

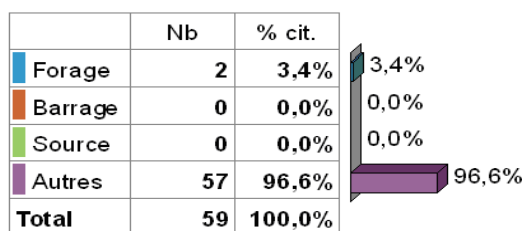


Figure 50. Sources des eaux d'irrigation.

2.3.3. Besoins en eau d'irrigation

Globalement, la satisfaction des besoins en eau des irrigants n'étant pas assurée les stocks en eau conventionnelle à partir des retenues existantes, des nappes et des sources d'eau souterraines, le recours par les agriculteurs aux eaux usées à partir des oueds traversant ou limitrophes aux exploitations agricoles devient inévitable.

D'autant plus que la programmation des besoins qui s'effectue en début de campagne agricole entre les services agricoles (consommateurs) et ceux de l'hydraulique (gestionnaires) est le plus souvent remise en question au détriment des agriculteurs. Dans la mesure où les besoins du secteur agricole ne sont pas considérés comme prioritaires par rapport aux besoins domestiques et industriels par exemple (Figure 51).

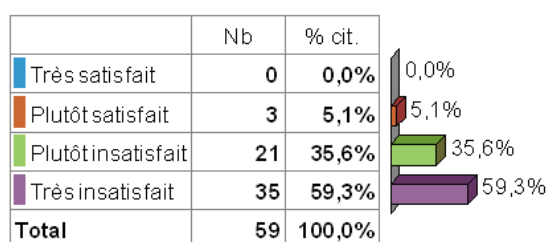


Figure 51. Besoins en eau d'irrigation.

2.4. Analyse des systèmes de cultures et des types d'activités

L'enquête de voisinage des terres comporte soit des forêts, soit des plantations annuelles (cultures maraîchères et cultures céréalières), soit de l'arboriculture fruitière (olivier particulièrement). Toutefois la prédominance est à la jachère (Figure 52).

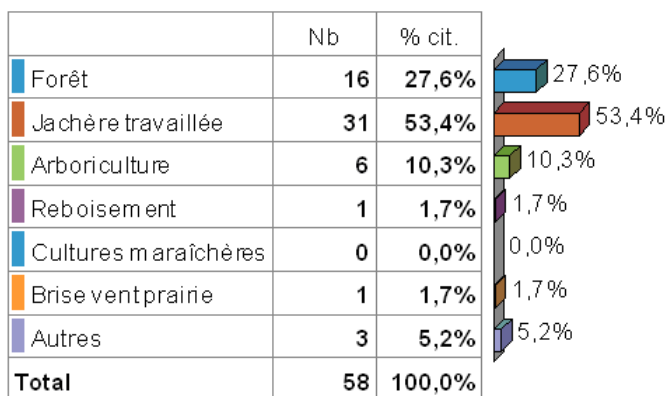


Figure 52. Les cultures voisines des parcelles.

Les cultures céréalières (blé dur) viennent en tête de l’assolement dans cette région. Mais, en raison de la demande accrue et des profits tirés par les agriculteurs, l’arboriculture fruitière (pommier, abricotier et olivier) et les cultures maraîchères (pomme de terre) sont en constante évolution (Figure 53).

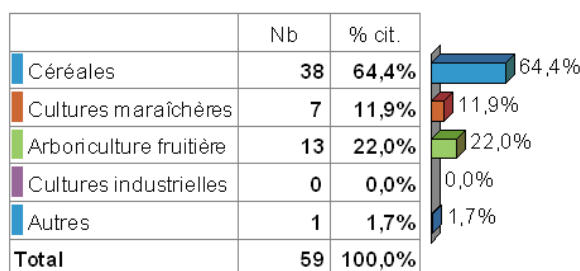


Figure 53. Les cultures pratiquées au niveau des exploitations.

Sur le plan du travail du sol, il est superficiel dans la majorité des cas. D’ailleurs, la couche travaillée ne va pas au-delà des 20 cm de profondeur, c’est la raison d’ailleurs et uniquement pour les travaux de préparation des différents semis (Figure 54).

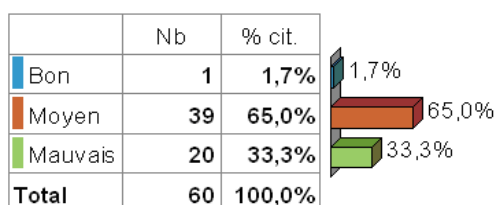


Figure 54. État du travail du sol.

Les agriculteurs s’intéressent beaucoup aux gains qu’ils peuvent tirer de leur activité et une concurrence s’est installée entre eux. Néanmoins cette émulation se fait de manière

anarchique et ne peut conduire à plus ou moins court terme à la diminution des rendements et à la dégradation irrémédiable du capital foncier agricole dans cette région. Par exemple, les parcelles sont infestées par l'absence de drainage ou du moins par un itinéraire approprié des labours pour éliminer et/ou empêcher l'installation d'une semelle de labour (Figure 55).

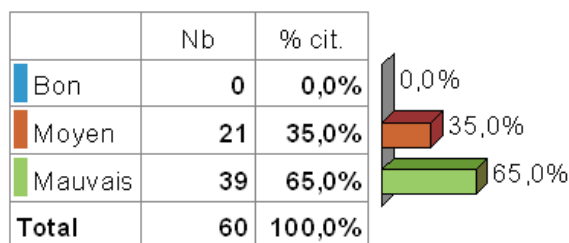


Figure 55. État du drainage du sol.

2.5. Disponibilité de l'eau d'irrigation

Les problèmes de l'eau d'irrigation dans cette zone semi-aride sont exacerbés par le caractère persistant de la sécheresse qui sévit à son niveau. Dans ces conditions, l'exploitation des ressources s'avère aujourd'hui délicate et plus aléatoire.

Elle n'est pas l'abri d'une mauvaise pluviométrie et peut engendrer des rendements insuffisants en quantité et qualité pouvant pousser les agriculteurs à chercher la solution de l'utilisation des eaux usées à portée de main.

Ou alors, à abandonner purement et simplement cette activité. Certes, les efforts déployés par les autorités publiques dans la mobilisation des ressources en eau à travers les barrages et les forages mais, étant insuffisante, le secteur agricole est toujours sacrifié au détriment des autres secteurs considérés plus prioritaires (Figure 56).

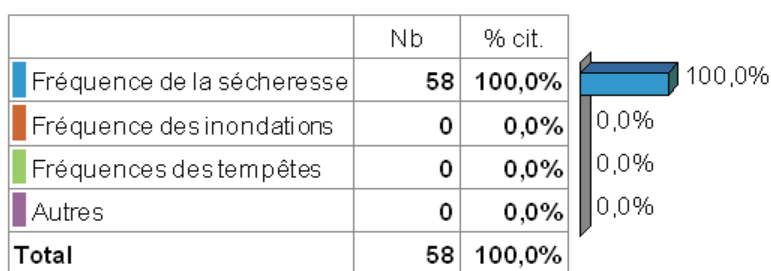


Figure 56. Contraintes liées aux ressources de l'eau.

Ainsi, la bataille de la mobilisation des ressources en eau par des investissements dans le secteur est loin d'être gagnée. En dépit de la réorganisation des services publics qui n'a point permis de résoudre ou, du moins, d'atténuer la question du stress hydrique auquel sont

soumis les cultures en place. La conséquence étant une sécheresse qui a un impact sur la disponibilité de l'eau d'irrigation (Figure 57).

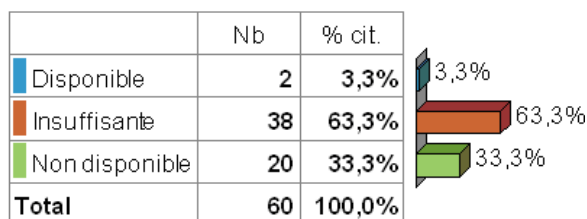


Figure 57. Disponibilité de l'eau d'irrigation.

2.6. Performances des exploitations agricoles

La majorité des agriculteurs n'a pas bénéficié de l'aide agricole mise en place par l'Etat par le biais du FNDRA (Fond National de Développement Rural Agricole) pour l'ensemble des cultures stratégiques en place comme les céréales, l'olivier, la pomme de terre et concernant le recours à l'irrigation et la possibilité de s'équiper en matériel ou autres (Figure 58).

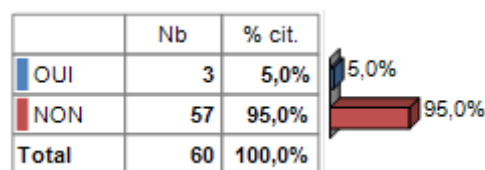


Figure 58. Aides agricoles.

L'utilisation des eaux usées comme source d'eau pour l'irrigation des cultures par les agriculteurs fait que la fertilisation est quasiment absente dans les différents itinéraires culturaux. Cette absence se justifie par l'action positive de ces eaux usées sur les rendements, surtout azotée. Elle constitue un des facteurs explicatifs de la faiblesse financière des agriculteurs (Figure 59).

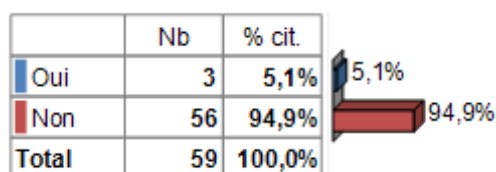


Figure 59. La fertilisation des cultures.

De même, la faiblesse des capacités de stockage détermine une situation sans perspectives de développement et l'absence d'une stratégie basée sur une planification à moyen ou long terme. Par exemple, certaines étables se sont vues transformées en magasins de stockage par une mauvaise couverture des besoins alimentaires du cheptel bovin (Figure 60).

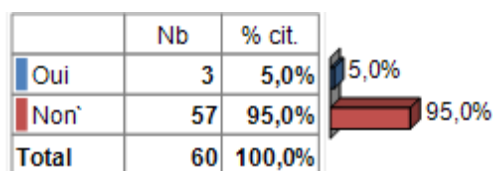


Figure 60. Les ouvrages de stokages.

En fin de compte, il s'avère que la situation agricole est mauvaise, étant donné que l'ensemble des agriculteurs n'obtient un revenu en mesure de leur permettre de vivre décemment et de pouvoir améliorer et pérenniser leur activité. Leurs performances productives sont faibles. En particulier, les rendements, entraînant un impact financier dont les résultats rendent la situation des agriculteurs problématique. Car l'augmentation de la production améliore le revenu global, le niveau de vie devient meilleur et, ainsi, les perspectives deviennent plus claires (Figure 61).

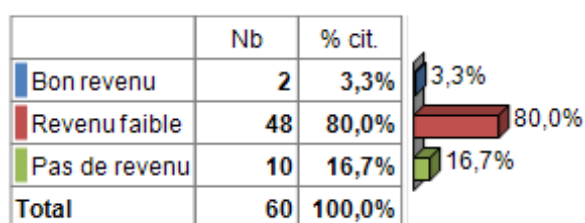


Figure 61. Revenu de l'agriculteur.

2.7. Adaptation à la pénurie d'eau d'irrigation.

La présentation des informations liées aux volumes et à la qualité des eaux d'irrigation (de la source aux parcelles irriguées) et les aspects économiques de l'approvisionnement en eau d'irrigation et de son utilisation, constituent le point de départ d'une stratégie d'adaptation à la pénurie d'eau.

L'inclusion des eaux usées rejetées et traitées de l'agglomération de Batna par les agriculteurs implique la mise en place d'un système d'approvisionnement spécifique et demande une adaptation nouvelle et à long terme qui tiennent compte manière des exigences

réelles des cultures, la sauvegarde du capital « sol », la protection du consommateur et de l'environnement dans une perspective de durabilité de développement (Figure 62).

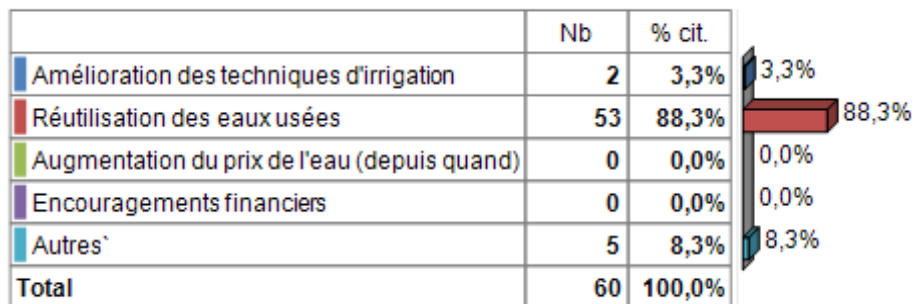


Figure 62. Les alternatives à la pénurie d'eau d'irrigation.

Cette stratégie est rendue nécessaire dans la mesure où les politiques publiques en matière d'eau d'irrigation dans la région de Batna, ne sont pas réjouissantes. De l'avis général, la raréfaction de l'eau, en rapport avec le changement climatique, semble inéluctable. Or, l'agriculture a besoin d'eau pour nourrir la population et se développer. La seule solution ne peut provenir que des volumes d'eaux usées rejetées dans les émissaires naturels, comme c'est le cas de l'oued El Gourzi (Figure 63).

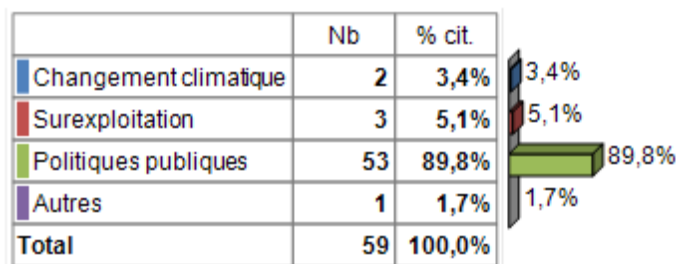


Figure 63. Contraintes liées à la pénurie de l'eau d'irrigation.

3. Discussion

L'intensité d'exploitation des eaux usées dans la région de Batna a augmenté de manière exponentielle au cours des dernières décennies. A l'évidence, la capacité des eaux usées rejetées par l'agglomération de Batna à participer à un approvisionnement flexible pour satisfaire la demande agricole en réponse aux besoins de l'irrigation, est considérée comme un avantage indéniable par les agriculteurs. D'ailleurs, l'intensification de cet usage a permis

d'améliorer les moyens d'existence des agriculteurs en accroissant leurs revenus de manière substantielle, en prenant en compte l'insuffisance des ressources en eau pour l'irrigation (Figure 64).

Néanmoins, cette utilisation se fait de manière illégale et donc, prioritairement sans précautions sur le plan sanitaire pour protéger le consommateur mais aussi sur le plan environnemental.

	Disponible	Insuffisante	Non disponible	33. Disponibilité en eau
Surface irriguée	2	36	4	42
Surface Bour	0	1	16	17
31. Irrigation de la SAU	2	37	20	59
Oui	0	32	9	41
Non	2	5	11	18
48. Est-ce que vous utilisez les eaux usées traitées pour irrigation ?	2	37	20	59

Figure 64. Croisement des facteurs liés à la disponibilité de l'eau d'irrigation.

Par conséquent, le recyclage est à envisager globalement dans les contextes suivants :

L'existence d'une situation de stress hydrique, obligeant à préserver la ressource en eau, corrélativement, le contexte économique qui rend parfois la réutilisation moins coûteuse que la mobilisation d'une nouvelle ressource.

La nécessité de protéger l'environnement, qu'il soit de surface, lacustre ou souterrain, afin de permettre le maintien d'usages ou de biodiversités en aval (AFD, 2011).

Dans ces conditions, il est possible de bâtir un projet de réutilisation en vue d'une limitation du rejet dans l'environnement, voire atteindre un rejet zéro dans le milieu, pour préserver une nappe.

La mise en valeur d'un territoire liée aux opportunités d'aménagement urbain, périurbain ou rural, avec un recyclage des eaux usées traitées à des fins agricoles (AFD, 2011).

Le classement des constituants des eaux usées est constitué de deux catégories:

Les constituants néfastes représentés par les germes pathogènes, les micropolluants organiques et les métaux lourds.

Les matières en suspension et les constituants bénéfiques qui enrichissent les sols: matière

organique et éléments fertilisants. Toutefois, l'azote ne doit pas se trouver en concentrations élevées dans les effluents pour éviter la pollution nitrique des eaux souterraines et les effets négatifs sur la production végétale (Souidi et al, 2000).

La dynamique imprimée depuis plusieurs années au secteur agricole à Batna par les investissements importants consentis pour mobiliser des ressources hydriques fait que, désormais, de cette région leader dans plusieurs filières dont l'arboriculture fruitière.

Cette dynamique a placé en 2011 la région de Batna au premier rang national en termes de croissance de l'économie agricole, avec un taux de 33 % et 75 % des montants réservés à la wilaya au titre du soutien agricole ont été orientés vers le développement des capacités de mobilisation, de stockage et de distribution des eaux pour l'extension de l'irrigation agricole (DREB, 2012).

Or, stratégie accorde un intérêt particulier à la réutilisation, en agriculture, des eaux recyclées des stations d'épuration des eaux usées en irrigation pour pas moins de 1100 hectares. Tout en faisant part des actions de sensibilisation pour amener les agriculteurs à recourir aux systèmes d'irrigation économes en eau, dont le goutte-à-goutte, comme moyen de développement durable de l'agriculture.

Au niveau de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Batna, les responsables locaux, en charge du secteur, ont reçu l'aval de la tutelle pour le projet d'extension des capacités de cet équipement, qui traite actuellement 20 000 m³/jour (DREB, 2012).

Toutefois, le changement climatique, la croissance démographique et l'urbanisation des populations complexifient plus la recherche d'un équilibre entre offre et demande d'eau traitée et doivent par conséquent être pris en considération (Labarrthe et Jumelet Sok, 2013).

Cette réutilisation dans le domaine agricole semble la solution pour compenser les besoins en eau pour l'irrigation en raison de la rareté croissante de l'eau. Mais aussi, la richesse en éléments fertilisants de ces eaux tel que l'azote, le phosphore et le potassium, nécessaires pour le développement des plantes permet d'économiser l'achat des engrais et d'augmenter la production agricole (Habib et EL Rhazi, 2007).

En effet, les eaux usées épurées contiennent en moyenne : 37 mg/l de K, 238 mg/l de Ca, 16 mg/l de Pt et 250 mg/l de N-NO₃ (PREM, 2013). L'estimation de la quantité d'éléments fertilisants apportés par une lame d'eau épurée de 100 mm est la suivante (PREM, 2013):

- Azote: 75 kg/ha,
- Phosphore: 14 kg/ha • Potassium: 34 kg/ha.

Ainsi, la récupération et la réutilisation de l'eau usée s'avère être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et couvrir les besoins. Mais aussi, être en conformité avec les règlements relatifs aux rejets des eaux usées dans la nature en vue de la protection de l'environnement et de la santé publique (FAO, 2003).

Dans ce sens, en 2006, l'OMS a révisé les lignes directrices pour la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture. Dont le fondement de ces lignes est basé sur une approche d'analyse quantitative des risques.

Quant aux caractéristiques microbiologiques des eaux usées traitées, la réflexion de l'OMS a conduit à la définition de seuils dans les eaux usées traitées pour en se basant sur des scénarii d'usage de l'eau dans un contexte international (AFSSA, 2008).

Par contre, sur le plan de la composition chimique des eaux usées traitées, l'OMS ne produit pas de nouvelles analyses de risque par rapport à ses travaux antérieurs en partant de l'hypothèse que les polluants des eaux usées exposent les populations humaines essentiellement par la voie alimentaire. Sur la base de ce constat, l'OMS a dérivé des concentrations maximales tolérables dans les sols à vocation agricole alimentaire (AFSSA, 2008).

La réutilisation de l'eau usée urbaine n'est pas un nouveau concept dans la mesure où avec l'augmentation de la demande en eau, liée à la croissance de la population et à l'amélioration de leur niveau de vie (FAO, 2003).

Aujourd'hui, elle a acquis un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaires en eau (FAO, 2003).

Actuellement les aspects relatifs à la planification, la conception, l'opération et l'entretien des stations d'épuration des eaux résiduaires sont couverts dans la région de Batna. Et, la réutilisation des eaux usées a un double objectif :

- Mobiliser un important potentiel de ressources en eau supplémentaire.
- Protéger les milieux récepteurs.

Le besoin d'un système de tarification adéquat dans les projets de réutilisation des eaux usées est indispensable, Quelques expériences internationales dans ce domaine

montrent qu'une tarification souple et progressive est de nature à encourager les agriculteurs à adhérer facilement aux projets de réutilisation des eaux usées (DAI, 2010).

L'adoption du recyclage des eaux usées dans l'agriculture a tendance à présenter une corrélation positive avec la pénurie d'eau. C'est une réalité dans la région de Batna, en particulier en aval de la ville de Batna (Figure 65).

	Forage	Barrage	Source	Autres	41. Origine des eaux d'irrigation :
Oui	2	0	0	6	8
Non	0	0	0	51	51
21. Présence des puits	2	0	0	57	59
Très insatisfait	0	0	0	29	29
Plutôt insatisfait	1	0	0	11	12
Plutôt satisfait	1	0	0	17	18
Très satisfait	0	0	0	0	0
47. Êtes-vous satisfait de la qualité de l'eau :	2	0	0	57	59
Très insatisfait	0	0	0	39	39
Plutôt insatisfait	1	0	0	17	18
Plutôt satisfait	1	0	0	1	2
Très satisfait	0	0	0	0	0
47. Êtes-vous satisfait de la disponibilité de l'eau :	2	0	0	57	59
Très insatisfait	0	0	0	40	40
Plutôt insatisfait	1	0	0	15	16
Plutôt satisfait	1	0	0	2	3
Très satisfait	0	0	0	0	0
47. Êtes-vous satisfait du Coûts de reviens	2	0	0	57	59
Très insatisfait	0	0	0	40	40
Plutôt insatisfait	1	0	0	15	16
Plutôt satisfait	1	0	0	2	3
Très satisfait	0	0	0	0	0
47. Êtes-vous satisfait du marché agricole	2	0	0	57	59
Oui	0	0	0	40	40
Non	2	0	0	16	18
48. Est-ce que vous utilisez les eaux usées traitées pour irrigation ?	2	0	0	56	58

Figure 65. Croisement des facteurs liés à l'origine de l'eau d'irrigation.

Globalement, la compréhension des raisons des agriculteurs concernées par la réutilisation des eaux usées, est un élément important dans la stratégie de gestion de la demande en eau d'irrigation. Au bout du compte, c'est au niveau des agriculteurs que le plus gros volume d'eau est consommé. Leur comportement et leur capacité d'adaptation doivent être orientés par un ensemble de mesures de prévention judicieusement sélectionnées.

Plusieurs raisons justifient la réutilisation des eaux usées en aval de la région de Batna dans la stratégie d'adaptation à la pénurie d'eau. Mais, il ne faut pas négliger les aspects liés aux contraintes relatives à la qualité des eaux usées qui provoquent certains problèmes comme la pollution des sols et les infiltrations d'eau usées dans d'importants aquifères.

L'association de bonnes pratiques agricoles, des traitements des eaux usées en amont et en aval de la ville de Batna (stations d'épuration) et des plans d'assurance de la qualité des eaux usées, le suivi permanent et les précautions à prendre, pourraient améliorer la productivité agricole sans avoir de contraintes importantes sur l'origine et la disponibilité des ressources en eau pour l'irrigation.

Chapitre 6 : Approche agronomique de la valorisation des eaux usées traitées.

1. Effet des eaux usées traitées sur la croissance du Blé dur (*Triticum durum* L.)

Le blé dur doit absorber 3,5 unités d'azote pour produire un quintal de grain à 13-14% de protéines. Le sol en fournit un peu mais l'essentiel doit être couvert par des apports d'engrais (ABDDLES, 2016).

L'absorption de l'azote suit la croissance du blé, faible pendant le tallage, elle croît pendant la montaison quand la plante pousse vite (ABDDLES, 2016). Pour remédier à la pauvreté des sols algériens, il est nécessaire d'enrichir les terres en éléments minérales et organiques par l'utilisation des eaux d'irrigation riches en MO.

1.2. Matériels et Méthodes

Ce travail a été réalisé au niveau d'une serre expérimentale où les mêmes pratiques culturales sont suivies pour la mise en place de la culture ; toutes les parcelles sont irriguées aux mêmes temps et par les mêmes quantités d'eau, la seule différence entre les deux essais c'est la qualité de l'eau utilisé pour l'irrigation.

Le 1^{er} Essai est irrigué par les eaux usées épurées par voie biologique provenant de la station d'épuration d'IBN ZIAD sis à ALHAMA de Constantine (Tableau 20).

Alors que le 2^{ème} Essai est irrigué par l'eau de puits (Tableau 21).

Notre étude est menée sur le blé dur « *Triticum durum* Desf », variété Virton la R₁, variété d'origine Espagnole, sélectionnée au niveau de l'ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures), d'El Kharoub en 1986.

C'est une variété caractérisée par une paille haute à moyenne, cycle végétatif demi-précoce, tallage moyen, mieux adaptée aux régions arides et semi-arides et assez sensible à la verse.

L'essai a été installé sous serre manuellement le 09 -01 - 2013, où les graines ont été réparties sur six petites parcelles, chaque parcelle à une surface d'un mètre carré (1 m²). Les semences ont été installées en rangs.

Le semis est réalisé à une densité de 250 grains par mètre carré (250 grains/m²) à une profondeur approximative de 2 à 3 cm. L'essai a été dénommé (P₁, P₂, P₃) pour la 1^{ère} partie irriguées par des eaux usées épuré (Essais I) et (P_A, P_B, P_C) pour la 2^{ème} partie irriguées par l'eau de puits (Essais II).

L'humidité du sol et la dose d'irrigation sont évaluées sur les parcelles, une fois tous les 15 jours.

Tableau 20. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées utilisées

Paramètres	Eau usée brute	Eau usée traitée
T (°C)	22,12	21
pH	8,31	8,16
CE (µS/cm)	1773	1718
Turbidité (FTU)	352,7	10,9
MES (mg/l)	273,4	8,47
DBO ₅ (mg/l)	168,75	16,7
l'azote Kjeldhal (mg/l)	39,2	40,8
l'azote organique (mg/l)	36,2	40,47
NH ₄ ⁺ (mg/l)	3,42	0,35
NO ₂ ⁻ NO ₃ ⁻ (mg/l)	1,4	1,82
Phosphate (mg/l)	2,08	0,72

Tableau 21. Compositions en éléments chimiques dans les eaux de puits utilisées

Eléments	Conductivité (ms/cm)	Ca	Mg	Na+ K	Cl	SO ₄	HCO ₃
Valeurs (mg/l)	590	51,17	20,74	38,15	49,42	139,39	148,47

Les observations et les notations ont été réalisées tout au long du cycle biologique, du semis jusqu'à la récolte et ont porté sur :

- Les stades phénologiques (date de levé notée lorsque 50% des plantes sont sorties au sol, date de montaison, date d'épiaison notée lorsque 50% de la parcelle élémentaire sont sorties de la gaine de la dernière feuille).
- Les caractères morphologiques (La hauteur de la plante (en cm) mesurée à la maturité sur un échantillon de 05 plantes par parcelle, à l'aide d'une planche graduée, barbes non incluses, La longueur de l'épi, mesurée de la base de l'épi jusqu'au sommet de la plante, barbe no incluse sur un échantillon de 05 plantes par parcelle).
- Les composantes du rendement : Le nombre de talle par plant porté sur 05 plantes de chaque parcelle. Le nombre d'épis par m² (NE/m²) est déterminé : nombres d'épis par un mètre carré de surface (NE/1m²).
- Le nombre de grain par épi (Grains/épi), est déterminé par comptage du nombre de grains de 5 épis choisis au hasard puis divisé par 5. Le poids de mille grains (PMG) est déterminé par le comptage de mille grains puis pesées à l'aide d'une balance de précision. Le rendement en grain est déterminé par la récolte des parcelles.

Toutes les données collectées ont subi une analyse de moyenne et une analyse à l'aide du logiciel STATICF qui inclut les formules suivantes :

1. Moyenne = $\bar{X} = \sum X_i / n$

2. Variance = $\text{var}(X) = \sum (\bar{X}_i - X)^2 / n - 1$

3. Ecart type = $\delta \sqrt{\text{var}(X)} = \sqrt{\sum (X_i - X)^2 / n - 1}$

L'analyse de moyennes a été faite pour comparer les différents paramètres mesurés, une matrice de corrélation a été extraite par le même logiciel. Nous avons utilisé une deuxième pour le traitement des données par l'analyse des correspondances multiples (ACM).

L'ACM donne la possibilité de résumer en quelques dimensions importantes la plus grande variabilité de matrice de données. On peut alors présenter variables et facteurs dans un même espace de dispersion et connaître la quantité d'information expliquée par ces *quelques axes factoriels*.

L'ACM dégage les relations essentielles entre les composants de rendement, les caractères morphologiques et la composition de l'eau de l'irrigation d'une part, et d'autre part les stades phénologique du blé dur (*Triticum durum* Desf.).

Les variables ont la même logique et peuvent être considérées comme des variables qualitatives ordonnées ou comme des indices quantitatifs. Ces variables codant dans l'ordre les stades phénologique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et les composantes de rendement.

1.3. Résultats

Le nombre moyen de jours de la durée de la période levée pour l'essai I est de 9,33 jours, et pour l'essai II le nombre moyen de jours pour ce stade est de 10,66 jours. La variance pour les deux essais est de 0,33 et l'écart type pour les deux essais est de 0,58. Le nombre moyen de jours de la durée de la période montaison pour l'essai I est de 76,33 jours, et pour l'essai II le nombre moyen de jours pour ce stade est de 77 jours.

La variance pour l'essai I est de 0,33 et l'écart type est de 0,58. La variance et l'écart type pour l'essai II est 1. Le nombre moyen de jours de la durée de la période épiaison pour l'essai I est de 93 jours, et pour l'essai II le nombre moyen de jours pour ce stade est de 94,33 jours. La variance et l'écart type pour l'essai I est 1 et la variance pour l'essai II est de 0,33 et l'écart type est de 0,58 (Tableau 22).

Tableau 22. Durée du cycle de la culture de blé

Stades phénologiques	Paramètres	Essai I	Essai II
Levée (Nombre de jours)	Moyenne	9,33	10,66
	Variance	0,33	0,33
	Ecart type	0,58	0,58
Montaison (Nombre de jours)	Moyenne	76,33	77
	Variance	0,33	1
	Ecart type	0,58	1
Épiaison (Nombre de jours)	Moyenne	93	94,33
	Variance	1	0,33
	Ecart type	1	0,58

Une hauteur importante pour les plants irrigués par l'eau usée traitée. Les plants irrigués par l'eau de puits présentent une faible longueur par rapport aux plants irrigués par l'eau usée traitée.

La hauteur moyenne des plantes pour l'essai I est de 98.66 cm et pour l'essai II la hauteur moyenne des plantes est de 79.26 cm. La variance pour l'essai I est 1,89 et la variance pour l'essai II est de 24,60, l'écart type pour l'essai I est de 1,37 et 4,96 pour l'essai II.

La longueur moyenne des épis pour l'essai I est de 19.66 cm et pour l'essai II la longueur moyenne des épis est de 18.4 cm. La variance pour l'essai I est 0,08 et la variance pour l'essai II est de 0,73, l'écart type pour l'essai I est de 0,28 et 0,85 pour l'essai II (Tableau 23).

Tableau 23. Hauteur des plantes et longueur de l'épi (cm)

Caractères morphologiques	Paramètres	Essai I	Essai II
Hauteur de la plante (cm)	Moyenne	98,66	79,26
	Variance	1,89	24,60
	Ecart type	1,37	4,96
Longueur de l'épi (cm)	Moyenne	19,66	18,4
	Variance	0,08	0,73
	Ecart type	0,28	0,85

Pour les composantes de rendement, le nombre moyen de talle par plant est pour l'essai I est de 5.2 talles/ plante et pour l'essai II le nombre moyen de talles et de 3.8 talles/ plante.

Le nombre moyen de grain par épi pour l'essai I est de 42.8 grains/ épi et pour l'essai II est de 36.4 grain/épi. Le nombre moyen d'épi par mètre carré pour l'essai I est de 196,33 épis/m² et pour l'essai II est de 164,33 épis/m².

Le poids de mille grains moyen pondéré des différentes parcelles pour l'essai I est 44,03 g et pour les parcelles pour l'essai II est de 41 g. Ce paramètre est très important car il détermine en grande partie le rendement final. Le rendement biologique (rendement en grains) moyen pour l'ensemble des parcelles de l'essai I est 32,5 qx/ha et pour l'essai II est de 22,82 qx/ ha (Tableau 24).

Tableau 24. Les composantes de rendements

Composantes de rendement	Paramètres	Essai I	Essai II
Nombre de talles	Moyenne	5,2	3,83
	Variance	0,04	0,58
	Ecart type	0,2	0,76
Grains /épi	Moyenne	42,83	36,4
	Variance	7,32	12,64
	Ecart type	2,70	3,55
Épis/m ²	Moyenne	197,33	164,33
	Variance	2186,33	2133
	Ecart type	46,75	46,18
Poids de mille grains (PMG) (g)	Moyenne	44,03	41
	Variance	0,70	1,75
	Ecart type	0,83	1,32
Rendement biologique (qx/ha)	Moyenne	32,5	22,28
	Variance	126,83	104,32
	Ecart type	11,26	10,21

Le coefficient de corrélation donne une mesure du degré de la liaison entre les paramètres étudiés, ces derniers ont été différemment corrélés (Tableau 25). La hauteur été négativement corrélée avec la plus part des paramètres. Quoique plutôt faible, la corrélation entre la hauteur et le nombre de grains/épi est positive.

La longueur de l'épi est positivement corrélée avec le nombre d'épi/m², le PMG et le rendement grains, mais négative avec le nombre de grains/épi.

En analysant la carte factorielle de l'ACM, une matrice de corrélation a été réalisée entre les variables qualitatives (Stades phenologiques) et quantitatives (composantes de rendement). Cinq variables sont associés significativement : PMG, thalles/pieds, épi/m² grains/épi et rendement.

Tableau 25. Corrélations entre les différents paramètres étudiés

	Hauteur	Longueur de l'épi	Nombre de talles	Grains /épi	Epi/m ²	PMG	Rdt. biologique
Hauteur	1						
Longueur de l'épi	-0,2	1					
Nombre de talles	-0,2	0,5	1				
Grains /épi	0,4	-0,2	-0,2	1			
Epi/m ²	0,1	0,3	0,7	0,5	1		
PMG	-0,02	0,5	0,7	0,5	-0,2	1	
Rdt. biologique	-0,2	0,5	0,6	0,7	-0,2	0,4	1

La représentation géométrique sur les axes (Figure 66) donne une corrélation entre les variables des composants de rendement et celles des stades phénologiques qui se présentent comme suit :

1er axe ($\lambda=0.5874$)

L'analyse statistique (ACM) montre que le nombre de grains par épi, le nombre de talles par pied et le poids de 1 000 grains ont été déterminants pour la réalisation de bons rendements.

En effet, il existe de bonnes corrélations entre ses trois composantes et le rendement en grains. De même, nous avons enregistré des liaisons significatives entre le poids de 1 000 grains et le rendement en grains.

2ème axe ($\lambda=0.2943$)

Cet axe signifie que plus le nombre est des talles par pied grand, plus ils sont longs, plus il a de poids et donc donne un bon rendement en grains; par contre ces épis n'ont pas produit beaucoup de grains.

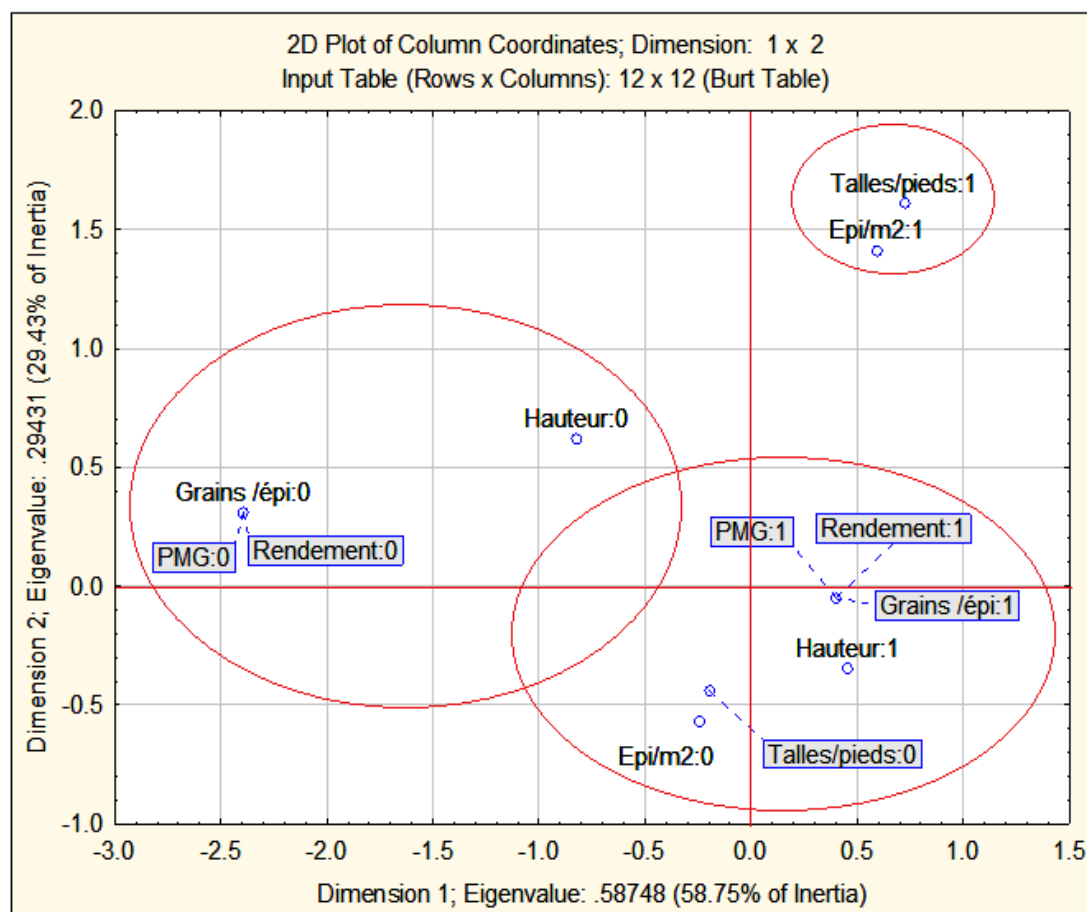


Figure 66. Délimitation des groupes des variables sur les axes 1 et 2

1.4. Discussion

La hauteur répond aux conditions culturales, plus ces derniers sont favorables et plus la plante est haute, ceci dénote que les plantes hautes ne donnent pas automatiquement un rendement grains élevé.

En fait, plus le nombre d'épis/m² est grand, plus ils sont longs, plus il a de poids et donc donne un bon rendement grains. Par contre ces épis n'ont pas produits beaucoup de grains, on peut dire qu'il y a un phénomène de compensation tel que décrit par (Acevedo, 1989) et (Benbelkacem et *al.*, 1984).

L'azote minéral apporté via les eaux usées montre différents comportements selon le type de sol irrigué. Le sol de la serre expérimentale, est composé de plusieurs fractions dominées beaucoup plus par du limon et de sable, c'est donc une texture limono sableux.

Dans les sols naturellement pauvres en azote, l'irrigation a entraîné, tout d'abord, l'enrichissement du sol en ammonium et en nitrate et ensuite leur lessivage vers la profondeur (Belaid, 2010). En effet, certains auteurs ont constaté que l'azote ammoniacal acheminé vers

le sol va être immédiatement absorbé par le complexe absorbant du sol (Chen et Patrick, 1980 ; Alvarez- Bernal et al. 2006).

Cependant, dans le calcisol, la bonne perméabilité ainsi que la faible Capacité d'échange cationique (CEC) ont plutôt favorisé la percolation des eaux d'irrigation ainsi que la migration et le lessivage des ions ammonium en profondeur où on a trouvé des teneurs élevées en ces ions (Belaid, 2010).

La fertilisation minérale contribue énormément à la production végétale sur le plan qualitatif et quantitatif. Si la fertilisation azotée est plus ou moins maîtrisée, la fertilisation phosphatée reste encore aléatoire et non raisonnée chez la majorité des agriculteurs (Abdenebi et Boulelouah , 2016).

Comme le rendement grain, les composantes du rendement, varient d'une campagne agricole à une autre suite aux variations des doses d'engrais et des variations climatiques (Abdenebi et Boulelouah , 2016).

Les effets de l'irrigation par des eaux usées sur le complexe sol/plante démontrent dans le cas d'une culture de pomme de terre, que quelque soit la technique d'irrigation utilisée, sous un même programme de fertigation, les eaux usées traitées apportent des rendements toujours supérieurs à ceux obtenus par irrigation à l'eau de nappe (Xanthoulis and Fonder, 2005).

L'irrigation complémentaire par les eaux usées pour une culture céréalière montre que dans le cas de la culture de blé dur, les rendements sous irrigation par les eaux usées épurées par infiltration-percolation sont statistiquement meilleurs que sous irrigation par eau de puits. Pour la culture de blé tendre, les rendements sont liés à la quantité d'éléments fertilisants apportés plutôt qu'à la nutrition hydrique (Xanthoulis and Fonder, 2005).

L'irrigation par les EUT provoquai une augmentation de l'EC du sol de 16 % sous un régime de 100 % d'ETM durant le premier stade de croissance, la quantité du nitrate lessivée est de l'ordre de 38,5 kg/ha dont 67 % durant le deuxième stade de croissance (Choukr-Allah and Hamdy, 2004).

Les éléments fertilisants que sont l'azote, le phosphore, la potasse, voire le soufre ou certains oligo éléments, sont indispensables au bon développement de toute culture. Ils représentent cependant une charge financière importante pour l'exploitation, qu'il convient de gérer au plus juste (Agri-Mieux, 2015).

Le bon raisonnement de la fertilisation azotée est bien entendu un des principaux leviers de diminution du risque de lessivage des nitrates, contribuant ainsi directement à la préservation des ressources en eau.

Il s'agit de faire correspondre les apports d'engrais minéraux ou organiques aux besoins de la culture pour atteindre un niveau de production donné, en n'oubliant pas de prendre en compte les différentes fournitures d'azote du sol, les précédents et les éventuels apports d'effluents organiques (Agri-Mieux, 2015).

En effet, la réutilisation de ces eaux est très bénéfique pour assurer la compensation des risques de sécheresse sur la durabilité des systèmes de cultures et la pression sur les ressources en eaux conventionnelles (El Yousfi, 2013).

Une étude faite par Chenini et *al.*, (2002) sur le comportement de l'olivier irrigué par des eaux usées traitées a montré que le système racinaire est mieux développé pour les pieds irrigué par les eaux usées traitées par rapport aux pieds irrigué par des eaux potables ceci appuie nos résultats. Bhati et Singh (2003) ont trouvé le même résultat pour *Eucalyptus camaldulensis* irrigué par des eaux usées.

2. Valorisation des eaux usées traitées en culture hydroponique biologique.

La culture hydroponique ou culture hors sol relève des nouvelles technologies de production agricole où le sol naturel est remplacé par un substrat de culture artificiel (Kouassi, 2009). Le substrat de culture est un produit industriel fabriqué, il garantit des propriétés physiques, chimiques et biologiques qui permettent aux plantes de se développer correctement. Il existe plusieurs formules de substrat de culture (Kouassi, 2009).

La réutilisation des eaux usées en agriculture apporte en outre des bénéfices additionnels résultant, dans certains cas de l'augmentation du rendement des cultures et l'amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation. La culture hydroponique est très présente dans la culture de certains légumes. Elle souscrit d'avancer la maturation et permet plusieurs récoltes en peu de temps.

2. 1. Matériels et méthodes

Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire de l'analyse du sol de l'université 20 août 1955 à Skikda (Algérie), les matériels ont été utilisés, les substrats (Eau distillée, Eau usée traitée), les appareils (Conductimètre).

Le matériel végétal utilisé est composée de petit pois la variété le noire (*Pisum Sativum*) et le haricot variété El-Jadida (*Phaseolus vulgaris*) et tomate Heinz 1350 améliorée (*Lycopersicum Esculentum*).

Le dispositif expérimental est un essai factoriel à Cinq répétitions comportent des pots plastiques, Après germination in vitro, les jeunes plantules de pois, le haricot et de la tomate sont placées en eau usée traitée, et l'eau distillé (témoin).

Le 1^{er} essai (Témoin 1) : plantule plongée à l'eau distillé.

La 2^{sème} essai : plantule plongée à l'eau usée traitée.

La germination des grains est effectuée in vitro sur des boites de pétri. Après l'installation des plantules (grains germées) sur les pots, nous mesurons périodiquement la conductivité électrique et la hauteur de la tige.

Les résultats physico-chimiques des eaux usées brutes et traitées sont regroupés dans le tableau 20.

2.2.. Résultats

Les résultats des essais menés sur les cultures hydroponiques du petit pois, le haricot et la tomate aux cours de la germination et la croissance pour la conductivité électrique montre que les plantes plongées dans l'eau distillé donnent une conductivité électrique faible (absence des sels minéraux), les plantes plongées dans l'eau usée traitée, la conductivité électrique supérieure par rapport au premier essai à cause la présence des sels minéraux (Figure 67).

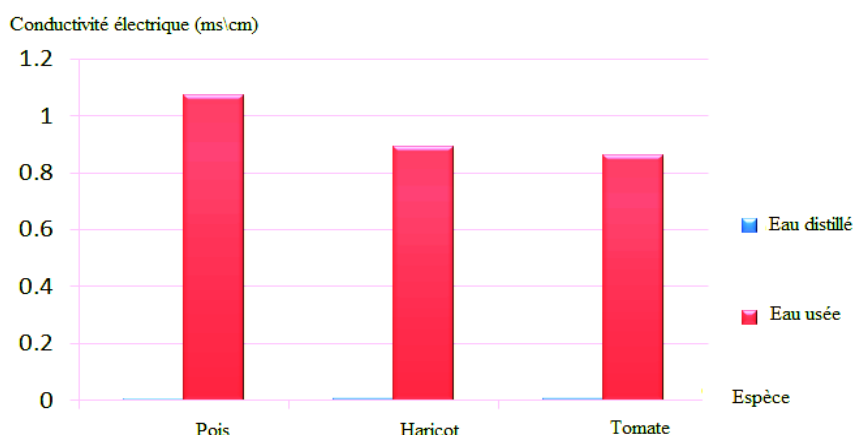


Figure 67. La variation de la conductivité électrique chez les trois espèces et dans les deux essais.

Les plantes plongées dans l'eau usée traitée permettent une hauteur de tige plus importante par rapport aux plantes plongées dans l'eau distillée à cause de la présence d'une quantité importante des sels minéraux (Figure 68).

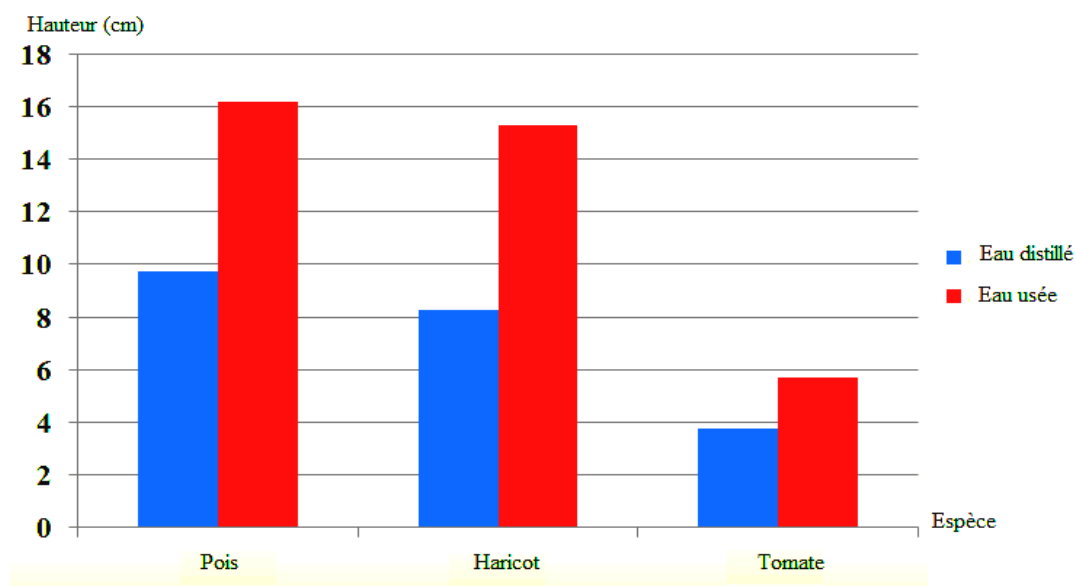


Figure 68. La variation de la hauteur de tige chez les trois espèces et dans les deux essais.

2.3. Discussion

Le malheur de l'hydroponie est de rassembler sous un même terme des techniques économes en eau qui donnent des produits savoureux à haute valeur nutritive, et des pratiques tout à fait désastreuses pour l'environnement, qui nécessitent beaucoup trop d'eau pour obtenir des produits totalement dépourvus d'intérêt, tant du point de vue nutritionnel que de celui de la saveur (Texier, 2015).

Les plantes poussent toujours bien quand elles ont exactement ce dont elles ont besoin, quand elles en ont besoin et dans les quantités précises dont elles ont besoin (Royal Queen Seeds, 2015).

Les résultats de l'analyse de variance (Tableau 26) montrent qu'il y a une différence significative pour le paramètre de la conductivité électrique ($F_{\text{observé}} > F_{\text{théorique}}$).

Les résultats obtenus par Ez-zarhouny et *al.*, 2015 indiquent que l'apport d'eau usée, riche en éléments fertilisants azotés et phosphorés, permet une nette amélioration de tous les paramètres de croissance de la betterave rouge.

Cependant, il faut noter que l'utilisation d'eau usée accentue l'altération des feuilles de betterave rouge (Ez-zarhouny et al., 2015). Le travail réalisé par Sou, 2009 a permis de confirmer la valeur fertilisante des eaux usées domestiques tout en mettant l'accent sur la nécessité d'orienter désormais les recherches vers des pratiques agricoles durables.

Tableau 26. L'analyse de la variance pour la conductivité électrique.

Source des variances	DDL	SCE	CM	F.Obs.	F.Théo.	Significatif= 5 %	PPDS
Essai	1	11, 91	11,91				
Espèce	2	1,61	0,8	1271	109,5	S	0,19
Résiduelle	2	0,01	0,005				
Totale	5	13,53	/				

Le test NEWMEN et KEULS au seuil de 5 % fait ressortir 3 groupes homogène (Tableau 27).

Tableau 27. Les groupes homogènes ressortis.

Modalité	m 2	m 3	m 4	m 5	m 1
Moyenne	0, 94	0, 53	0, 45	0, 43	0,005
Groupes homogène	A		B		C

La diversité des légumes étudiés s'est avérée très pertinente dans l'évaluation sanitaire puisqu'elle a montré que le contact plus ou moins étroit du légume avec le sol est un facteur déterminant, tant en ce qui concerne le choix de l'approche méthodologique que le degré de contamination du légume (Sou, 2009).

Le substrat de culture en culture hydroponique, représente plus de 61% des investissements à long terme. Il est formulé pour supporter un nombre limité de cycles de culture. La reformulation du substrat est nécessaire lorsque le rendement baisse d'un cycle à l'autre (Kouassi, 2009).

Les plantes peuvent donc se développer dans l'eau usée traitée, elles absorbent leur nourriture sous forme d'ions dissous en présence d'oxygène. Les plantes se nourrissent en absorbant un certain nombre de sels minéraux.

Elles le font dans des proportions différentes en fonction de leurs besoins et de leur cycle de croissance. Ces sels sont essentiellement les éléments primaires : azote (N), phosphore (P) et potassium (K). Ces éléments sont présents dans les eaux usées traitées selon les résultats des analyses physicochimiques (Tableau 20).

Produire soit même des plants potagers par hydroponie biologique, dont le substrat est les eaux usées traitées, peut contribuer à la réduction de la pollution liée aux produits chimiques utilisés.

Conclusion de la troisième partie

L'agriculture est de plus en plus dépendante de la disponibilité des eaux d'irrigation et une extrême tension exercée sur les ressources en eau souterraines et de surfaces par l'ensemble des secteurs utilisateurs.

Comme il y a une offre insuffisante en eau conventionnelle, le renouveau agricole sur le plan de l'irrigation ne peut s'appuyer que sur les rejets en eaux usées provenant de l'agglomération de Batna. D'autant plus que les autorités ont pensé à mettre en place une série de station de traitements de ces eaux avant qu'elles ne soient rejetées dans le circuit naturel.

Cette manne est providentielle pour la couverture des besoins en eau d'irrigation dans cette région. Cependant il est nécessaire de mettre en place une organisation capable de garantir un niveau de qualité adéquat de l'eau traitée, un suivi rigoureux et un contrôle permanent.

La cohérence, la collaboration et la circulation de l'information entre les différents protagonistes de cette organisation doivent être irréprochables pour arriver à une maîtrise parfaite de cet usage utile, profitable mais délicat.

L'effet de l'irrigation par des eaux usées traitées biologiquement issue de la station d'épuration sur le comportement de blé dur dans une serre expérimentale. Les résultats ont montré un effet impressionnant des eaux usées sur la culture de blé dur, ceci est constaté à travers une amélioration significative des paramètres morphologiques et les composantes de rendement (32,5 qx/ha contre 22.28 qx/ha pour l'eau de puits), ainsi les eaux usées ont permis une augmentation du rendement et un bon développement végétatif de la plante.

Une bonne croissance et développement est en effet remarquée chez tous les paramètres phéno-morphologiques mesurés et qui ont été influencées la teneur des eaux usées traités en matière organique (MO).

Ainsi, la précocité à l'épiaison est quand même considérable. Les témoins ont été représentés par les parcelles irriguées par l'eau de puits et ont été moins développées. L'analyse des composantes de rendement a exhibé des différences assez remarquables entre les deux essais.

Le nombre de talles par plante, Le nombre de grains par épi, le nombre d'épis par mètre carré, le poids de mille graines et le rendement en grains est élevé pour l'essai I par rapport à l'essai II. Ceci montre que les eaux usées issue du traitement biologique sont riches en éléments minéraux nécessaire à la croissance des plantes.

Des expériences ont montré à maintes reprises la productivité accrue des cultures ou des arbres lorsqu'ils sont irrigués avec des eaux usées traitées et rend possible leur application en céréaliculture et surtout la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf).

L'étude des effets des eaux usées traitées sur les cultures hydroponiques montrent que les plantes plongées dans l'eau usée traitées ont abouti une conductivité électrique et une hauteur de tige très important par rapport les plantes plongées dans l'eau distillée, à cause de la richesse des eaux usées traitées en éléments nutritifs.

Produire des plants de légumes est un éventail tactique à raisonner à moyen terme en prenant en compte divers paramètres. En effet, la production autonome de plants maraîchers supplique des volontés métiers typiques, des équipages ajustés, ainsi qu'une disponibilité importante.

L'obtention facilitée de plants potagers est possible, avec la valorisation des eaux usées, on peut garantir une production de de plants légumes en quelques jours et avec des couts presque nulle. L'autoproduction de plants potagers en pépinières hydroponique biologique à domicile est une approche à développer dans le contexte du développement durable.

Conclusion générale

L'eau est un facteur limitant du développement de l'agriculture, la rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique.

Face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture en Algérie, une politique active de mobilisation des ressources en eau a été mise en œuvre, ainsi que de nouveaux instruments de gestion, c'est la réutilisation des eaux usées en agriculture.

En Algérie, la présence de normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrête interministériel du 2 janvier 2012) constituent une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées.

Les dirigeants, publics et privés, ont des décisions à prendre en matière de réutilisation des eaux usées en agriculture. Ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des quantités en augmentation, afin de répondre à des demandes toujours plus grandes.

La gestion intégrée des eaux usées épurées en Algérie, désormais institutionnellement reconnue comme un modèle de partenariat public-privé, est la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace et durable des eaux usées épurées, face à des demandes en eau en augmentation.

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Batna a été mise en service suivant le procédé classique des boues actives, selon une filière de type contact-stabilisation, comprenant une charge massique moyenne suivie d'une aération conventionnelle.

Le réseau d'assainissement de la ville de Batna draine les rejets urbains de la quasi-totalité des quartiers de la ville vers l'Oued El Gouzi, ainsi que les rejets de la zone d'activités industrielles. Les effluents du réseau d'assainissement parviennent à la station, après avoir franchi l'Oued El Gourzi.

La valeur moyen de rapport indicatif de biodégradabilité DCO/DBO est élevé (3.5) par rapport à la valeur contractuelle (2.5) qui caractérise un rejet urbain biodégradable.

Ceci est très significatif pour dire que le rejet de la ville de Batna est caractérisé par une prédominance de substance non domestiques notamment les huiles industrielles et hydrocarbures.

En se référant aux valeurs limites maximales des paramètres de déversement dans les émissaires naturels (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides et industriels et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels), nous pouvons conclure que mise à part les températures et les pH, les concentrations des eaux provenant des industries énumérées dépassent les normes.

Par conséquent, elles devaient être préalablement traitées avant rejet. Des travaux de réhabilitation de la filière sont fortement recommandés, surtout pour ce qui concerne la qualité des eaux usées épurées, la séparation des rejets industrielles de celle domestiques et la réhabilitation de la station d'épuration.

L'irrigation par les eaux usées, pratiquée depuis des années dans certaines zones agricoles de la région de Batna, est désignée comme étant à l'origine d'une partie de l'activité agricole dans une région semi-aride qui connaît une sécheresse chronique ces dernières années, du fait des évolutions climatiques.

L'étude est basée sur une enquête auprès des agriculteurs. Les données recueillies nous permettent de comprendre les raisons de la réutilisation des eaux usées. Cette ressource peut être un élément important de la stratégie de gestion de l'eau d'irrigation.

Les possibilités de réutilisation des eaux usées en agriculture sont importantes, comme c'est le cas dans la région de Batna. Dans ce contexte, la présence de textes établissant la modalité de réutilisation des eaux usées est une condition préalable à la promotion des projets de réutilisation des eaux usées dans la périphérie de Batna.

L'analyse de la situation à montrer que les moyens disponibles sont encourageants du point de vue la disponibilité des eaux usées. La faiblesse de la gestion fait partie des facteurs qui ralentissent les politiques de réutilisation des eaux usées épurées.

La qualité des eaux usées épurées constitue un sérieux problème qu'on doit prendre en considération, des compléments d'épuration sont proposés pour ajuster la qualité des eaux usées épurées

La mauvaise maîtrise de la réutilisation des eaux usées en agriculture fait que malgré l'intérêt manifesté très tôt par les autorités publiques, les efforts n'ont pas été suivis par un passage rapide de l'expérimentation à l'application.

Des travaux de réhabilitation de la filière sont fortement recommandés, surtout pour ce qui concerne la qualité des eaux usées épurées.

Dans le sol, l'irrigation par les eaux usées traitées a entraîné, tout d'abord, l'enrichissement du sol en ammonium et en nitrate, ce qui explique que les eaux usées issues du traitement biologique sont riches en éléments minéraux nécessaires à la croissance et le développement de blé dur.

Avec la valorisation des eaux usées, on peut garantir une production de plants potagers en quelques jours et avec des coûts presque nulle. L'autoproduction de plants potagers en pépinières hydroponique biologique à domicile est une approche à développer dans le contexte du développement durable.

Pour conclure, les politiques publiques doivent prendre des mesures plus fiables au regard du traitement des eaux usées, notamment à travers le développement un plan d'actions pour éliminer les substances toxiques de l'Oued El Gourzi en exigeant une séparation des rejets industriels des rejets urbains, en tenant compte du fait que ces eaux épurées s'écoulant le long d'Oued El Gourzi sont utilisées pour l'irrigation des cultures dans la périphérie de la ville de Batna.

Références bibliographiques

Abdenebi N., Boulelouah N., 2016. Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement et ses composantes du blé dur en région semi-aride. Cas de Sétif. Séminaire National problématique et enjeux de l'agriculture en Algérie du 11 Avril 2016 Tlemcen (Algérie).

ABDDLES, 2016. Fiche technique du blé dur, bases de la culture. ARVALIS – Institut du Végétal Nîmes (France): 3 p. <http://www.herault.chambagri.fr>

ABHS, 2016. Agence de bassin hydrographique Sahara (Algérie) <http://www.abhs.dz>

Abouelouafa M., Berrichi A., El Halouani H., Kharboua M., 2002. Effets de la réutilisation des eaux usées brutes de la ville d'Oujda sur quelques paramètres agronomiques et bactériologiques. Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc) 2002, Vol. 22 (3) : pp 151- 160.

Accevedo E., 1989. Improvement of winter wheat crops in Mediterranean environments, use of yield, morphological traits. Ed. INRAF (1989): pp 55- 305.

Agri-Mieux, 2015. Fertilisation des grandes cultures. Chambre d'agriculture de région Alsace (France) : 36 p.

AFD, 2011. La Réutilisation d'eaux usées traitées (REUT), Perspectives opérationnelles et recommandations pour l'Action. Agence française de développement (AFD), Rapport final, (France): 85 p.

AFSSA, 2008. Réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage ou l'irrigation. Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), (France): 69 p.

Alvarez-Bernal D., Contreras-Ramos SM., Trujillo-Tapia N., Olalde-Portugal V., Frias-Hernandez JT., Dendooven L., 2006. Effects of tanneries wastewater on chemical and biological soil characteristics. Applied Soil Ecology 33 (2006): pp 269-277.

Amellal T., 2007. Impacts des rejets de la tannerie Megissrie Mēga de Batna sur Oued El Gourzi. Mémoire magister, Université 20 Août 55, Skikda (Algérie) : 138 p.

ANDI, 2012. Agence national de développement de l'investissement, Algérie, 2013.

Angelli N., 1979. Relation entre le plancton et la qualité de l'eau, incidence des polluants sur le profil biologique de quelques canaux et étude comparative des interactions plancton-

autoépuration en bassins expérimentaux de lagunage. Thèse de Doctorat Es-Sciences, Université des Sciences et Techniques de Lille (France): 277 p.

Anoun N., 2012. Le rôle de la structure du commerce dans l'organisation des espaces urbaines, Cas de la ville de Batna. Thèse de doctorat ES sciences, Université Mentouri – Constantine (Algérie) : 120 p.

ANRH, 1993. Carte pluviométrique pour l'Algérie du Nord. Agence Nationale des Ressources Hydriques, 1993.

ANRH, 2001. Etude des pluies et des ETP. Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) (Algérie) 2001.

ANRH, 2016. Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) (Algérie) 2016.

Arami, S., 2008. Analyse de la vulnérabilité des nappes aquifères de la région d'Oued Souf entre le phénomène de la remontée des eaux et l'impact du développement urbain. Mémoire magister, Université El Hadj Lakhdar de Batna (Algérie) : 266 p.

Assogba Miguel V., 1999. Agriculture urbaine et péri-urbaine à Cotonou. Bulletin de la Recherche agronomique N °27 : pp 14-15.

Asano, T., 1998. Irrigation with reclaimed municipal wastewater : California experiences. Options Méditerranéennes, Bari (Italia) : pp 119-132.

Aubry C., Chiffolleau Y., 2009. Le développement des circuits courts et l'agriculture périurbaine: histoire, évolution en cours et questions actuelles. Innovations Agronomiques (2009) 5 : pp 53-67.

Baci L., 1999. Les réformes agraires en Algérie. In: Politiques foncières et aménagement des structures agricoles dans les pays méditerranéens. Cahiers Options Méditerranéennes, v. 36 : pp 285-291.

Bahri, A. 1998. Wastewater reclamation and reuse in Tunisia. Water Quality Management Library, Vol. 10: pp 877-916.

Baok G. 2007. Pollution des eaux de rivière et les impacts biologiques sur les populations riveraines : cas de la rivière Mgoua dans la zone industrielle de Douala-Bassa (Cameroun). Mémoire de Master of Science en Gestion de l'Eau, Université Dschang-FASA (Cameroun): 96 p.

- Baumont S., Camard JP., Lefranc, A., Franconi A., 2004.** Réutilisation des eaux usées épurées : Risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France (France) : 176 p.
- Baziz N., 2008.** Étude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé : cas de la ville de Batna. Mémoire de magister, Université El Haj Lakhder Batna (Algérie) : 154 p.
- Bédrani S., Boukhari N., Djenane A., 1997.** Eléments d'analyse des politiques de prix, de subvention et de la fiscalité sur l'agriculture en Algérie. In: Prix et subventions : Effets sur les agricultures familiales méditerranéennes (études nationales). Options Méditerranéennes, Série B, Etudes et Recherches, N°11 : pp 121-150.
- Bédrani S., 2002.** Développements politiques et agroalimentaires dans la région méditerranéenne: Rapport annuel du CIHEAM par pays: Algérie, 40 p.
- Belaid, N. 2010.** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de doctorat, Université de Sfax, École Nationale d'Ingénieurs de Sfax (Tunisie) : 236 p.
- Benbelkacem, A., Mekni, MS., Rasmusson DC. 1984.** Breeding for high tiller number and yield in barley. Crop. Sci. 24 (1984): pp 968-972.
- Benblidia M., Thivet G., 2010.** Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre. Notes d'analyse du CIHEAM, N° 5 8 (2 0 1 0) : 15 p.
- Benblidia M., 2011.** L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique. Plan Bleu, Centre d'Activités Régionales PNUE/PAM, Etude nationale, Algérie : 24 p.
- Benchokroun T., 2008.** Ressources en eau et notions de base. Revue HTE N°140 (2008) : pp 19-25.
- Berkane A., Yahiaoui A., 2007.** L'érosion dans les Aurès. Sécheresse, 2007, 18 (3) : pp 21-36.
- Bessaoud O., 1994.** L'agriculture en Algérie: De l'autogestion à l'ajustement (1963- 1992). In: Crises et transitions des politiques agricoles en Méditerranée. Options Méditerranéennes, Série B, Etudes et Recherches, N°8 : pp 89-103.

Bessaoud O., Tounsi M., 1995. Les stratégies agricoles et agri alimentaires de l'Algérie et les défis de l'an 2000. In: Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options méditerranéennes, Série B, N°14 : pp 101-118.

Bhati M., Singh G., 2003. Growth and mineral accumulation in *Eucalyptus camaldulensis* seedlings irrigated with mixed industrial effluents. Bioressources Technology. 88 (2003): pp 221-228.

Bibeault J F., 2003. « La gestion intégrée de l'eau : dynamique d'acteurs, de territoires et de techniques ». Cahiers de géographie du Québec, V 47, N° 132 : pp 389-411.

Bied-Charreton B., 1969. Limites et intérêt des aspects quantitatifs : Une étude socio-économique méthodologique de l'enquête statistique (plaine de Tananarive). Cah. O.R.S.T.O.M., s&r. Sci. hum., vol. VI, N° 3 (1969): pp. 125-145.

Bouchedja A., 2012. La politique nationale de l'eau en Algérie. Euro-RIOB 2012 : 10^{ème} Conférence Internationale, Istanbul (Turquie), 17 au 19 Octobre 2012.

Boudjenouia A., Fleury A., Tacherift A., 2008. L'agriculture périurbaine à Sétif (Algérie) : quel avenir face à la croissance urbaine. Revue Biotechnologie Agronomie Société Environnement, 2008 12 (1) : pp 23-30.

Boutin C., Prost-Boucle S., 2012. Les zones de rejet végétalisées. Sciences Eaux & Territoires N° 09 (2012) : pp 36-42.

Braatz S., Kandiah A., 2013. Recyclage des eaux usées urbaines pour l'irrigation des forêts et des arbres. Archives de documents de FAO, Rome (Italie): pp 1-5.

Bréchon P., 2011. Echantillon aléatoire, échantillon par quotas : les enseignements de l'enquête EVS 2008 en France, Congrès de l'Association française de sociologie, 5-8 juillet 2011 Grenoble (France): pp 1-10.

Broutin C., 2006. Agriculture périurbaine et enjeux fonciers : études de cas au Sénégal et au Bénin. Grain de sel N° 36 : pp 15.

CCD, 2011. 19^{ème} session de la Commission du Développement Durable des Nations Unies (CDD-19). Commission du Développement Durable des Nations Unies (CDD-19), Rapport national de l'Algérie : 42 p.

Chen RL., Patrick JR., 1980. Nitrogen transformations in a simulated overland flow wastewater treatment system, Water Research Vol 14 (1980): pp 1041-1046.

Chenini F., Trad M., Rejeb S., Chaabouni Z., Xanthoulis D., 2002. Optimisation et durabilité du traitement et de l'utilisation des eaux usées en agriculture. Faculté des sciences agronomiques (Tunisie) : 71 p.

Choukr-Allah R., Hamdy A., 2004. Wastewater treatment and reuse in Mediterranean region as a potential resource for drought mitigation. In: Hamdy A. et Liuzzi G.T (eds). Water management for drought mitigation in the Mediterranean. Regional Conference on Arab Water, Cairo, Egypt, April, 12-16, 2004. IAMB, Valenzano, Options méditerranéennes, ser. B47 (2004): pp. 219-233.

Chris S., Nacer F., Raschid-Sally L., 2004. Utilisation des eaux usées dans l'agriculture irriguée (Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Management Challenges in Developing Countries). 1er International Water Management Institute (IWMI), Patancheru, India. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada. 3 IWMI, Colombo, Sri Lanka.

DAI, 2010. Analyse diagnostique des aspects institutionnels et législatifs relatifs à la réutilisation des eaux usées en agriculture. Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), (USA): 42 p.

DEATB, 2012. Direction de l'environnement et d'aménagement du territoire de Batna, Algérie, 2012.

Dekhinet S., Berkane A., Yahiaoui A., Hassaine B., Chaabane K., 2007. Carte des substances utiles de la wilaya de Batna. Laboratoire de LAPAPEZA, Université de Batna, Rapport final, 2007 : 9 p.

Dongmo T., Gockowski J., Hernandez S., Awono LDK., Mbang à Moudon R., 2005. L'agriculture périurbaine à Yaoundé: ses rapports avec la réduction de la pauvreté, le développement économique, la conservation de la biodiversité et de l'environnement. *Tropicultura*, 2005, 23, 3 : pp 130-135.

DREB, 2012. Direction des ressources en eau de Batna. Services d'irrigation, Algérie, 2012.

DREB, 2014. Direction des ressources en eau de Batna. Services d'irrigation, Algérie, 2014.

DSA, 2009. Direction des services agricoles de Batna. Services des statistiques, Algérie, 2009.

- DSA, 2013.** Direction des services agricoles de Batna. Services d'irrigation, Algérie, 2013.
- DSA, 2014.** Direction des services agricoles de Batna. Service de statistique, Algérie, 2014.
- Dumoulin O., Marois C., 2003.** L'émergence des stratégies de développement des espaces agricoles périurbains : le cas des municipalités de banlieue de la région métropolitaine de Montréal. Canadian journal of regional science (Revue canadienne des sciences régionales, 2003) : pp 337-358.
- Dussaix A. M., 2009.** La qualité dans les enquêtes, Revue Modulad, N ° 39 (2009) : pp 137-171.
- Ecosse D., 2001.** Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. « Qualité et Gestion de l'Eau ». Mémoire de DESS, Université d'Amiens (France) : 62 p.
- El Bech H., 1995. La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie. Conférence Euro-Méditerranéenne sur la gestion locale de l'eau, 25-26 novembre 1996, Marseille (France).
- El Guamri Y et Belghyti D., 2007.** Charge parasitaire des eaux usées brutes de la ville de Kénitra (Maroc). Afrique Science 03(1) (2007) : pp 123-145.
- EL Hachemi O., 2012.** Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (Oasis de Figuig) : performances épuratoires et aspect phytoplanctonique. Thèse Doctorat, Université Mohammed Premier (Maroc) : 140 p.
- El Yousfi L., 2013.** Durabilité d'un système de cultures non conventionnel irrigué par les eaux usées traitées dans la région d'Agadir. Thèse doctorat, Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir (Maroc) : 181 p.
- Ez-zarhouny D., Hbaiz EM., Lebkiri M., Lebkiri A., Rifi EH., 2015.** Evaluation de l'impact des eaux usées d'une station d'épuration sur le développement de la betterave rouge (*Beta vulgaris* L.) cultivée sur deux sols différents. Larhyss journal, N°23 (2015) : pp: 105-115.
- FAO. 1997.** Irrigation potential in Africa: A basin approach. FAO Land and Water Bulletin 4. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (Italia).
- FAO, 2003.** Irrigation avec des eaux usées traitées, Manuel d'utilisation. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), 2003: 68 p.

FAO, 2005. L'irrigation en Afrique en chiffres : Enquête AQUASTAT 2005. Food and agriculture organisation (FAO) : 12 p.

FAO, 2011. L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, gérer les systèmes en danger. Rapport de synthèse, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome (Italie): 52 p.

Ferhat L., 2013. Rôle d'une sebkha des hautes plaines constantinoises dans l'hydrogéologie régionale. Mémoire de magister, Université de Constantine (Algérie): 138 p.

Fleury A., Donadieu P., 1997. De l'agriculture péri-urbaine à l'agriculture urbaine. Courrier de l'environnement de l'INRA N°31 : pp 45-49.

Fernandez S., Verdier J., 2004. Problématique de l'eau agricole en méditerranée. Programme international pour le développement des capacités dans le domaine de la gestion de l'eau agricole, Montpellier (France) : 20 p.

Godard O., 2005. Du développement régional au développement durable : tensions et articulations. Symposium international Territoires et enjeux du développement régional Lyon, 9-11 mars 2005, (France).

Godard V., 2006. Réflexion sur le plan d'échantillonnage appliquée à la quantification des paysages. Godard (V) : pp 1-20.

Griesbach JC., 1993. The present state of soil resources in the Mediterranean countries. In : Etat de l'Agriculture en Méditerranée, les sols dans la région méditerranéenne : utilisation, gestion et perspectives d'évolution. Cahiers Options Méditerranéennes, V. 1(2) : pp 9-22.

Habib R., El Rhazi O., 2007. Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées. Project de Fin d'études de Licence-SV, Université Cadi Ayyad –Marrakech (Maroc): 70 p.

Hadef R., Hadef A., 2001. Le déficit d'eau en Algérie: une situation alarmante. Solar Energy, Desalination, Pollutions N°137 : pp 215-218.

Hartani T., 1998. La réutilisation des eaux usées en irrigation. Situation actuelle et perspectives. Séminaire sur les ressources en eau non conventionnelles, Alger (Algérie) : pp 10.

Hartani T., 2004. La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Projet INCO-WADEMED ; Actes du Séminaire modernisation de l'agriculture irriguée, du 19 au 23 avril 2004, Rabat (Maroc).

Hocine F., Belhadj-Aissa M., Haddoud F., Ouarzeddine M., Belhadj-Aissa A., 2008. Simulation du comportement des écoulements d'eau en utilisant le réseau hydrologique d'un bassin versant : cas de l'oued Benimessous, Algérie. *Revue Télédétection*, vol. 8, N° 1 : pp 179-191.

Hounmenou B., 2006. « Gouvernance de l'eau potable et dynamiques locales en zone rurale au Bénin », Développement durable et territoires [En ligne], Dossier 6 : Les territoires de l'eau, mis en ligne le 12 mai 2006. URL: <http://developpementdurable.revues.org/176>.

ITGC, 2015. Céréaliculture. *Revue technique et scientifique de l'institut technique des grandes cultures*. Numéro 64. 1^{er} semestre.

Jenny Donascimento M., 1987. Microorganism removal in waste stabilization ponds in Portugal. *Wat. Sci. Tech.* 19 (12): pp 141-144.

JO, 1993. Journal officiel de la république algérienne N° 46, 1993. Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels, Algérie : pp 5.

JO, 2006. Journal officiel de la république algérienne N° 26, 2006. Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. *J.O, Alger, Algérie* : pp 4-5.

JO, 2007. Journal officiel de la république algérienne N° 35, 2007. Décret exécutif n° 07-149 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférant. *J.O, Alger, Algérie* : pp. 8-12.

Kalla M., Dridi H., Bendib H., Boutennoune N., et al., 2009. Impact du réseau d'assainissement sur la vulnérabilité au risque d'inondation dans la ville de Batna Approche par les SIG, in : Rapport de Laboratoire risques naturelles et aménagement du territoire, Université de Batna, Algérie, 2009 : 48 p.

Kalla M., Dridi H., Merdassi A., Habibi Y., 2011. La circulation dans la ville de Batna (est algérien) réalité et perspectives, approche par les SIG. FIG Working Week 2011, Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco, 18-22 May 2011: pp 2-7.

Khelif S., 2010. Etude de l'effet des effluents urbains sur le sol cultivé en zone semi-aride. Mémoire magister, Université Colonel ElHadj Lakhdar Batna (Algérie) : 103 p.

Kouassi S., 2009. Fiche Technico-économique : Culture hydroponique de la tomate. GenieAgro, le Génie Agricole pour une Agriculture Futuriste et des Solutions Innovantes, 2009 (Côte d'Ivoire): 11 p.

Labarthe P., Jumelet Sok B., 2013. Le recyclage des eaux usées, nouveau défi des pays émergents ? Etat de l'art. Recyclage des eaux usées, 2013 : pp 2-4.

Lahmami D., Messaoudi L., Messaoudi Z., 2013. Diagnostics socio-économique et environnemental de l'irrigation des cultures maraichères avec les eaux usées non traitées : cas de la zone urbaine et périurbaine de la ville de Meknès au Maroc. Sciences Lib Editions Mersenne, V 5 (2013) N ° 130212: pp 1-13.

Laouar M., Abdelguerfi A., 1997. Privatisation et partage du foncier : une des causes de la dégradation des milieux naturels en Algérie. In: Pastoralisme et foncier impact du régime foncier sur la gestion de l'espace pastoral et la conduite des troupeaux en régions arides et semi-arides. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens, N°32 : pp 209-212.

Larbi A., 2012. Utilisation d'un SIG et d'un modèle mathématique pour la gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle du bassin côtier algérois 02a. Mémoire de magister, Université des sciences et de la technologie « Houari Boumediene » (Algérie) : 50 p.

Leflaive X., Witmer M., Martin-Hurtado R., Bakker M., Kram T., Bouwman L., Visser H., Bouwman A., Hilderink H., Kim K., 2012. Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050, les conséquences de l'inaction. OCDE : 79 p.

Lehtihet, L., 2005. La réutilisation des eaux usées en Algérie : Situation actuelle et perspectives de développement. Document : 30 p.

Loonis V., 2009. L'échantillonnage de la théorie à la pratique. Courrier du statistique N° 126 (2009): pp 25-32.

Margat J., Treyer S., 2004. L'eau des méditerranéens : situations et perspectives, Document de travail 158, PNUE/PAM, 2004.

Margiotta M., 1997. Agriculture périurbaine et systèmes d'approvisionnement et de distribution alimentaire (SADA) dans les villes d'Afrique francophone. Programme FAO "Approvisionnement et distribution alimentaires des villes" Série «Aliments dans les Villes» DT/30-97, 1997 à FAO : pp 1-2.

Marpsat M., Razafindratsima N., 2010. Les méthodes d'enquêtes auprès des populations

difficiles à joindre : introduction au numéro spécial, Methodological Innovations Online (2010) 5(2) : pp 3-16.

Maynard D.N., G.J. Hochmuth., 1997. Knott's Handbook for Vegetable growers. (http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr_htm): 4 p.

Mebarki A., 2010. La région du Maghreb face à la rareté de l'eau. L'exemple du défi algérien : mobilisation et gestion durable des ressources. ICID+18, 2nd International Conference: Climate, Sustainability and Development in semi-arid regions, Fortaleza - Ceará, Brazil.

Menani M R., 1991. Étude hydrogéologique de la plaine d'El Maadher (Algérie orientale) : géologie, climatologie, hydrogéologie et modélisation des écoulements souterrains de l'aquifère mio-plioquaternaire. Thèse Doctorat Université Nancy 1 (France) : 409 p.

Menani M R., 2001. Évaluation et cartographie de la vulnérabilité à la pollution de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Maadher, Nord-Est algérien, selon la méthode DRASTIC. Sécheresse, 12, (2) : pp 95-101.

Messahel M., Benhafid M. S., 2004. Aménagements hydro agricoles: situation actuelle et perspectives de développement en Algérie. Options méditerranéennes séries B, N° 48 : 14 p.

Messaoudi L., Lahmami D., Messaoudi Z., 2015. Évaluation de la productivité végétale des eaux usées épurées. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT) V 9, Issue 2 : pp 1-3 (www.iosrjournals.org).

Mokhtari O ., Lahrach A., El Halouani H., 2012. Enquête sur la réutilisation des eaux usées en agriculture périurbaine autour de la ville d'Oujda (Maroc). Science Lib Editions Mersenne, V 4, N ° 12110 : pp 1-5.

MRE, 2001. Les ressources en eau d'Algérie. Ministère des Ressources en Eau, Rapport de synthèse (Algérie) : 73 p.

MRE, 2003. Le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2003.

MRE, 2008. Rapport national Algérie. Conférence de haut niveau sur « L'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique: les défis du changement climatique » Syrte, (Lybie), 15-17 décembre 2008. Ministère des Ressources en Eaux.

MRE, 2012. Ministère des Ressources en Eau, Statistique, Algérie, 2012.

MRE, 2013. Ministère des Ressources en Eau, Statistique, Algérie, 2013.

MRE, 2014. Ministère des Ressources en Eau, Statistique, Algérie, 2014.

MRE, 2016. Ministère des Ressources en Eau, Statistique, Algérie, 2016.

Ndiaye M. L., Pfeifer H.R., Niang S., Dieng Y., Tonolla M., Peduzzi R., 2010. Impacts de l'utilisation des eaux polluées en agriculture urbaine sur la qualité de la nappe de Dakar (Sénégal) », Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 10 numéro 2 | septembre 2010, mis en ligne le 16 septembre 2010, consulté le 17 octobre 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/9965> ; DOI : 10.4000/vertigo.9965.

Nichane M., Khelil MA., 2015. Changements climatiques et ressources en eau en Algérie vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation. Larhyss Journal, N°21 (2015) : pp 15-23.

ONA, 2012. Office national d'assainissement, Unité de Batna, service d'assainissement, Algérie, 2012. <http://www.ona-dz.org>

ONA, 2014. Investir dans le développement durable : La réutilisation des eaux usées épurées. Office national d'assainissement ONA- Zone de Sétif, Unité d'assainissement de Sétif : 28 p.

Oudra B., 1990. Bassins de stabilisation anaérobie et aérobie facultatif pour le traitement des eaux usées à Marrakech : Dynamique du phytoplancton (Microplancton et Picoplancton) et évaluation de la biomasse primaire. Thèse de 3ème cycle, Université Cadi Ayyad, Marrakech (Maroc): 124 p.

PNUD, 2009. Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. Programme de Nations Unies pour le développement (PNUD) : 19 p.

PREM, 2013. Réutilisation des eaux usées en irrigation, in : Water Resources Sustainability Project, projet PREM : Pérennité des Ressources en Eau au Maroc, United States Agency for International Développement, (USA) : 23-55.

Prod'homme J P., 1997. La périurbanisation: menace ou opportunité pour l'agriculture et l'environnement? Le cas de Paris. Revista de Geografía Norte Grande, 24 (1997): pp 245-255.

Puil C., 1998. La réutilisation des eaux usées urbaines après épuration. Mémoire DUESS Eau et Environnement, Université Picardie, Amiens (France) : 62 p.

Ramonet I., 1996. Méga villes, in Le Monde diplomatique, juin 1996 (France).

Remini B., Hallouche W., 2003. Les barrages du Maghreb face au phénomène de l'envasement, Revue VECTEUR Environnement (Canada), V 36 N° 6 : pp 27-30.

Remini B., 2010. La problématique de l'eau en Algérie du nord. Larhyss Journal, N° 08: pp 27-46

Royal Queen Seeds, 2015. Guide de la culture hydroponique du Cannabis. <http://www.royalqueenseeds.fr>. Consulté le : 05/05/2015.

Sadki O., 2003. Agriculture beaucoup d'argent pour rien. In: Le Quotidien d'Oran du 08/7/2003. p 4.

Sauvonsleau.fr : <http://www.eaurmc.fr/> . Consulté le : 02/03/2015.

Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Carbonel Alger vol 1 (Algérie): 219 p.

Sou Y M., 2009. Recyclage des eaux usées en irrigation : potentiel fertilisant, risques sanitaires et impacts sur la qualité des sols. Thèse Doctorat ÈS sciences, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse): 178 p.

Soudi B., Kerby M., Choukrallah R., 2000. Réutilisation des eaux usées en agriculture au niveau des petites et moyennes communes : Directives générales et expérience pilote de la commune de Drarga. Transfert de technologie en agriculture N° 67 (2000) : pp 1-4.

Tamrabet L., Kribaa M., Hamidi B., Alalata S., Berkani W., Hamdoudi A., 2007. Evaluation de l'aptitude des effluents d'Oued El Gourzi (Batna, Nord Est d'Algérie) à l'irrigation et leur impact sur le sol et la qualité des cultures maraîchères et fourragères. Congrès international 'Eau et Déchets'. Université Mohamed premier, Oujda (Maroc).

Tamrabet L., 2011. Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Thèse de Doctorat ES sciences, Université Hadj Lakhdar Batna (Algérie): 146 p.

Texier W., 2015. Contre les préjugés sur l'hydroponie, la bioaponie. General Hydroponics Europe 20105. (<http://www.hydroponie.fr>).

Toron J J., 2001. L'agriculture périurbaine: paradigme et paradoxes d'une péri-agriculture, illustration en région méditerranéenne. Ingénieries, N° 28 : pp 65 - 74.

Touati B., 2010. Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mentouri-Constantine (Algérie) : 384 p.

Veolia: www.service-client.veoliaeau.fr. Consulté le : 02/03/2015.

WWAP, 2009. Actions de la gestion intégrée des ressources en eau. Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (WWAP), PNUE, Centre pour l'eau et l'environnement.

Xanthoulis D., Fonder N., 2005. Sustainability and optimisation of treatments and use of wastewater in agriculture in mediterranean region. INCO project. Gembloux, Belgium.

Zouita N., 2002. Étude de la pollution de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Maadher (Nord-Est Algérien). Mémoire de Magister en Hydraulique. Université de Batna (Algérie) : 97 p.

Annexes

ANNEXE 1. Questionnaire de l'enquête.

Wilaya			
<input type="text"/>			
Commune			
<input type="text"/>			
Lieu-dit			
<input type="text"/>			
1. Géomorphologie Générale			
<input type="radio"/> Plaine	<input type="radio"/> Dépression	<input type="radio"/> Vallée Fluviale	<input type="radio"/> Piémont
<input type="radio"/> Terrasse	<input type="radio"/> Plateau	<input type="radio"/> Colline	
2. Conditions Hydriques -Humidité apparente du site			
<input type="radio"/> Très sèche	<input type="radio"/> Humide	<input type="radio"/> Sèche -Assez sèche	<input type="radio"/> Très humide <input type="radio"/> Assez humide
3. Type de sol			
<input type="radio"/> Calcimagnétique	<input type="radio"/> Peu évoluée	<input type="radio"/> Hydro morphe	
4. Texture			
<input type="radio"/> Argileuse	<input type="radio"/> Argileux-limoneux	<input type="radio"/> Limoneux-argileu-sableux	
5. Appréciation sur le travail du sol			
<input type="radio"/> Bon	<input type="radio"/> Moyen	<input type="radio"/> Mauvais	

ANNEXE 1. Questionnaire de l'enquête (suite).

6. Drainage			
<input type="radio"/> Bon	<input type="radio"/> Moyen	<input type="radio"/> Mauvais	
7. Nature de la roche mère			
<input type="radio"/> Marne	<input type="radio"/> Calcaire	<input type="radio"/> Alluvions et colluvions	
8. Formation végétale ou autre proche de la parcelle			
<input type="radio"/> Forêt	<input type="radio"/> Arboriculture	<input type="radio"/> Cultures maraîchères	<input type="radio"/> Autres
<input type="radio"/> Jachère travaillée	<input type="radio"/> Reboisement	<input type="radio"/> Brise vent prairie	
Si 'Autres', précisez :			
<input type="text"/>			
9. Spéculation			
<input type="radio"/> Céréales	<input type="radio"/> Cultures maraîchères	<input type="radio"/> Arboriculture fruitière	<input type="radio"/> Cultures industrielles <input type="radio"/> Autres
Si 'Autres', précisez :			
<input type="text"/>			
10. Etat de la culture			
<input type="radio"/> Bon	<input type="radio"/> Moyen	<input type="radio"/> Mauvais	
11. Nature de l'exploitation			
<input type="radio"/> EAI	<input type="radio"/> EAC	<input type="radio"/> Ferme pilote	<input type="radio"/> Privé

ANNEXE 1. Questionnaire de l'enquête (suite).

12. Statut foncier des terres				
<input type="radio"/> Melk personnel titré	<input type="radio"/> Melk en indivision titré	<input type="radio"/> Non déclaré	<input type="radio"/> Domaine public	<input type="radio"/> Wakf privé
<input type="radio"/> Melk personnel non titré	<input type="radio"/> Melk en indivision non titré	<input type="radio"/> Domaine privé de l'Etat	<input type="radio"/> Wakf public	<input type="radio"/> Non concerné (Eleveurs)
13. Surface du SAU				
<input type="radio"/> <= 5 ha	<input type="radio"/> 5-20 ha	<input type="radio"/> 20-100 ha	<input type="radio"/> => 100 ha	
14. Ville plus proche				
<input type="radio"/> 1000-10000 m	<input type="radio"/> 10000-200000 m	<input type="radio"/> Plus de 200000 m		
15. Aides agricoles				
<input type="radio"/> OUI	<input type="radio"/> NON			
16. Type d'irrigation				
<input type="radio"/> Aspersions	<input type="radio"/> Goûte à goûte	<input type="radio"/> Pivot	<input type="radio"/> Gravitaire	<input type="radio"/> Pluvial
17. Elevage				
<input type="radio"/> Bovin	<input type="radio"/> Ovin	<input type="radio"/> Caprin	<input type="radio"/> Pas d'élevage	<input type="radio"/> Autres
Si 'Autres', précisez :				
<input type="text"/>				
18. Pâturage				
<input type="radio"/> Direct	<input type="radio"/> Indirect	<input type="radio"/> Pas de pâturage		
19. Fertilisation du sol				
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non			

ANNEXE 1. Questionnaire de l'enquête (suite).

20. Frais de l'irrigation		
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non	
21. Présence des puits		
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non	
22. Présence des habitations		
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non	
23. Vulgarisation agricole		
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non	
24. Contrôle sanitaire		
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non	
25. Faites-vous de la transformation sur votre exploitation?		
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non	
26. Disposez-vous de capacité de stockage?		
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non	
27. D'où proviennent les aliments de vos animaux?		
<input type="radio"/> Ils sont issus de l'exploitation	<input type="radio"/> D'un fournisseur	<input type="radio"/> Autres
Si 'Autres', précisez :		
<input type="text"/>		
28. Comment décrivez-vous la relation que vous avez avec les autorités du territoire		
<input type="radio"/> Bon	<input type="radio"/> Modéré	<input type="radio"/> Absente

ANNEXE 1. Questionnaire de l'enquête (suite).

29. Quelles sont vos attentes, vos besoins en données pour l'irrigation ?			
<input type="radio"/> Très satisfait	<input type="radio"/> Plutôt satisfait	<input type="radio"/> Plutôt insatisfait	<input type="radio"/> Très insatisfait
30. Quels sont les indices du changement climatique les plus marquants dans la zone ?			
<input type="radio"/> Fréquence de la sécheresse	<input type="radio"/> Fréquence des inondations	<input type="radio"/> Fréquences des tempêtes	<input type="radio"/> Autres
Si 'Autres', précisez :			
<input type="text"/>			
31. Irrigation de la SAU			
<input type="radio"/> Surface irriguée	<input type="radio"/> Surface Bour		
32. SAU irriguée par type d'équipement hydraulique			
<input type="radio"/> Seguias	<input type="radio"/> Puits	<input type="radio"/> Autres	
Si 'Autres', précisez :			
<input type="text"/>			
33. Disponibilité en eau			
<input type="radio"/> Disponible	<input type="radio"/> Insuffisante	<input type="radio"/> Non disponible	
34. Y a-t-il des terres agricoles délaissées dans la zone ?			
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non		
35. Est-ce que l'activité agricole actuelle pose-t-elle des problèmes à l'environnement comparé à celle pratiquée auparavant ?			
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non		

ANNEXE 1. Questionnaire de l'enquête (suite).

36. En matière d'irrigation, que pensez-vous des systèmes utilisés ?				
<input type="radio"/> Efficace	<input type="radio"/> Non efficace			
37. Que pensez-vous de la disponibilité de l'eau pour les besoins de l'agriculture, est-elle suffisante?				
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non			
38. Quel est l'impact sur le revenu de l'agriculteur ?				
<input type="radio"/> Bon revenu	<input type="radio"/> Revenu faible	<input type="radio"/> Pas de revenu		
39. Que fait-on pour s'adapter à la pénurie d'eau ?				
<input type="radio"/> Changement de la pratique culturale	<input type="radio"/> Changement de métier	<input type="radio"/> migration	<input type="radio"/> Ne faire rien	
40. Quelles sont les orientations et encouragements de l'Etat pour réduire le gaspillage et mieux exploiter les ressources hydriques ?				
<input type="radio"/> Amélioration des techniques d'irrigation	<input type="radio"/> Réutilisation des eaux usées	<input type="radio"/> Augmentation du prix de l'eau (depuis quand)	<input type="radio"/> Encouragements financiers	<input type="radio"/> Autres`
41. Origine des eaux d'irrigation :				
<input type="radio"/> Forage	<input type="radio"/> Barrage	<input type="radio"/> Source	<input type="radio"/> Autres	
Si 'Autres', précisez :				
<input type="text"/>				
42. Gestion de l'utilisation de l'eau, existe-t-il une organisation traditionnelle ?				
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non			
43. L'eau est-elle en dégradation continue ?				
<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non			

ANNEXE 1. Questionnaire de l'enquête (suite).

44. Si oui. Qu'elles sont les causes qui mènent à cette situation ?

Changement climatique Surexploitation Politiques publiques Autres

Si 'Autres', précisez :

45. En cas de pénurie d'eau, quelles sont les solutions adoptées pour répondre aux besoins croissants en eau face à une diminution progressive de la ressource?

Ressources non conventionnelles Gestion des demandes Autres

Si 'Autres', précisez :

46. A votre avis, y a-t-il dans la zone une autre utilisation (ex. industrie ou autres) qui accentue la problématique de l'eau ?

Oui Non

GRUPE N°1

	Très insatisfait	Plutôt insatisfait	Plutôt satisfait	Très satisfait
47. Êtes-vous satisfait de la qualité de l'eau :	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
47. Êtes-vous satisfait de la disponibilité de l'eau :	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
47. Êtes-vous satisfait du Coûts de reviens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
47. Êtes-vous satisfait du marché agricole	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ANNEXE 1. Questionnaire de l'enquête (suite).

48. Est-ce que vous utilisez les eaux usées traitées pour irrigation ?

Oui Non

49. Si oui pourquoi ?

50. Que pensez vous sur la qualité et la quantité des eaux usées traitées ?

51. Quels sont les problèmes rencontrés ?

52. Est-ce que vous pensez qu'il y a un risque sur les produits agricoles ?

53. Y a-t'il des obstacles psychiques ou cultureux pour cette pratique ?

54. Est ce que les produit agricole sont appréciable sur le marché ?

ANNEXE 1. Questionnaire de l'enquête (suite).

55. Quels est le type de l'irrigation utilisées ?

56. Quels est l'effet sur le rendement ?

57. Fait-vous des analyses sur les eaux et les sols ?

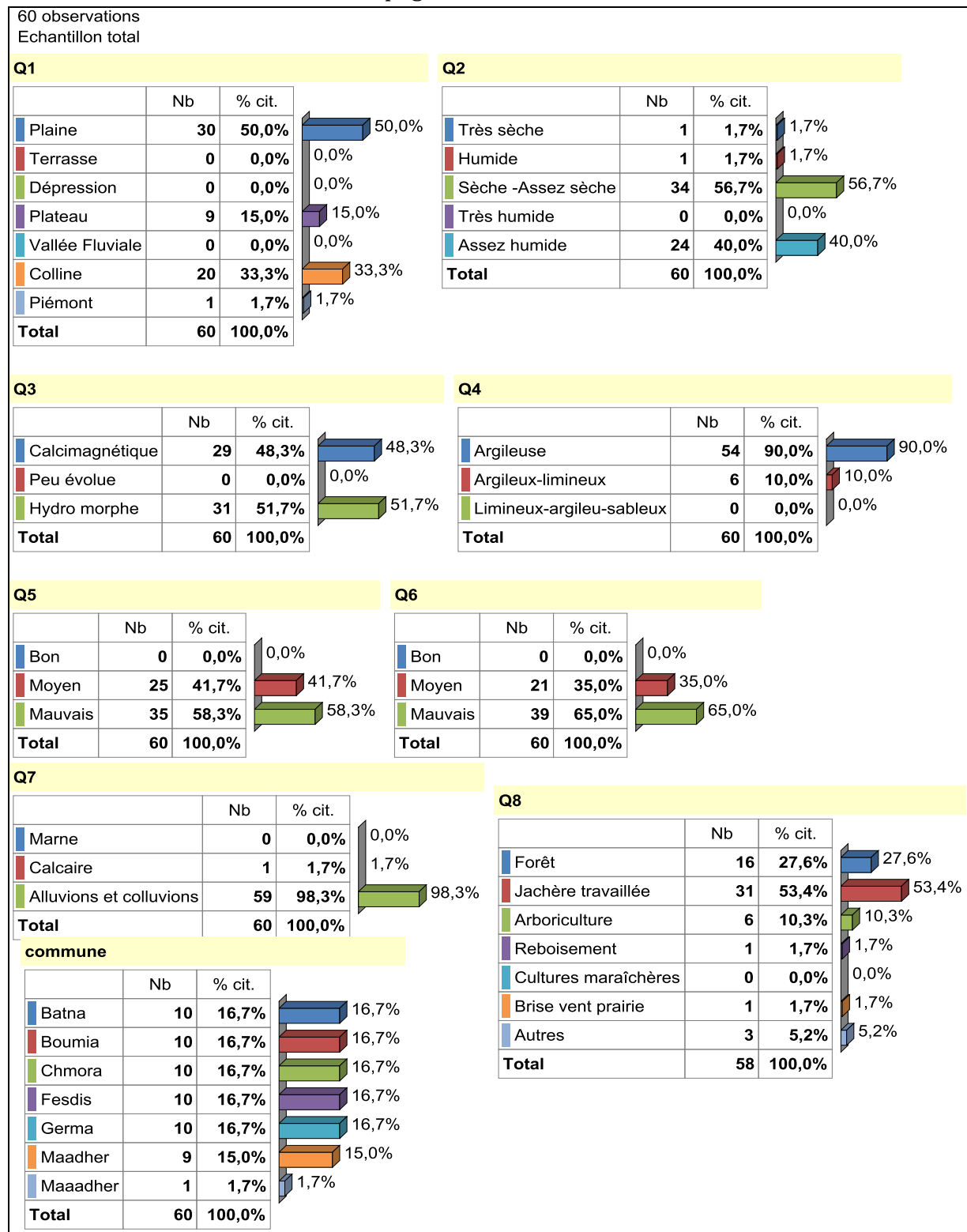
58. Est-ce que vous payiez pour utiliser les eaux usées ?

59. Quels est le rôle des services agricoles et les services hydrauliques ?

60. Que proposez-vous aux autorités ?

61. Est que vous découlez vos produits agricoles sur le marché de la ville proche ?

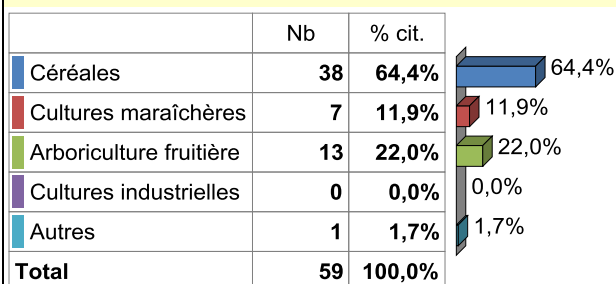
ANNEXE 2. Tableau de bord n°1 - page 1.



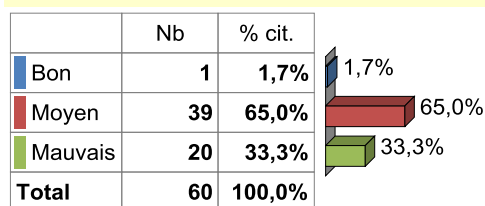
ANNEXE 2. Tableau de bord n°1 - page 2.

60 observations
Echantillon total

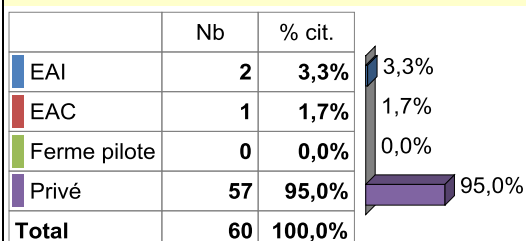
Q9



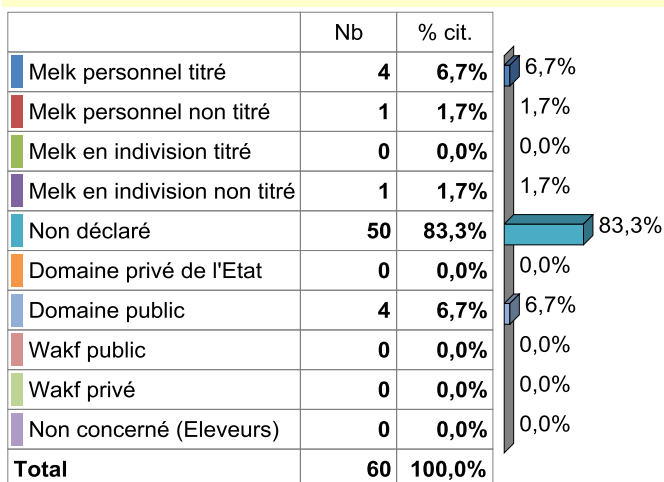
Q10



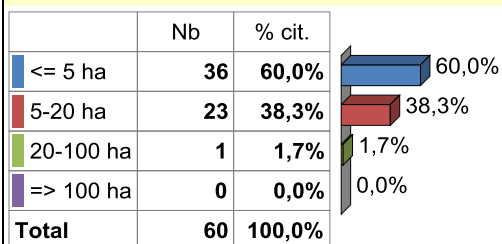
Q11



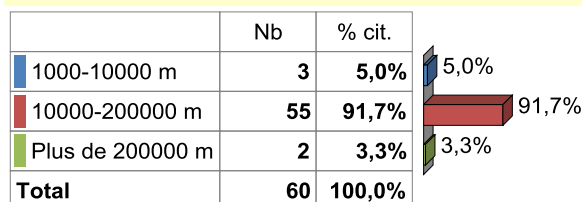
Q12



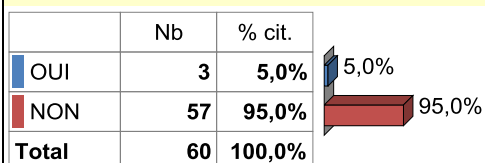
Q13



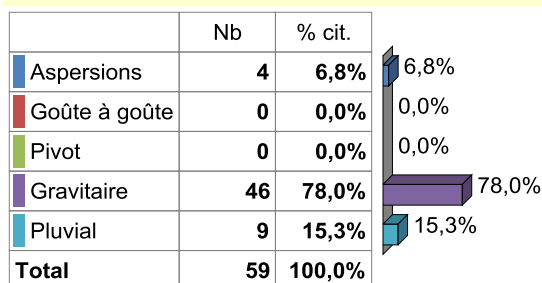
Q14



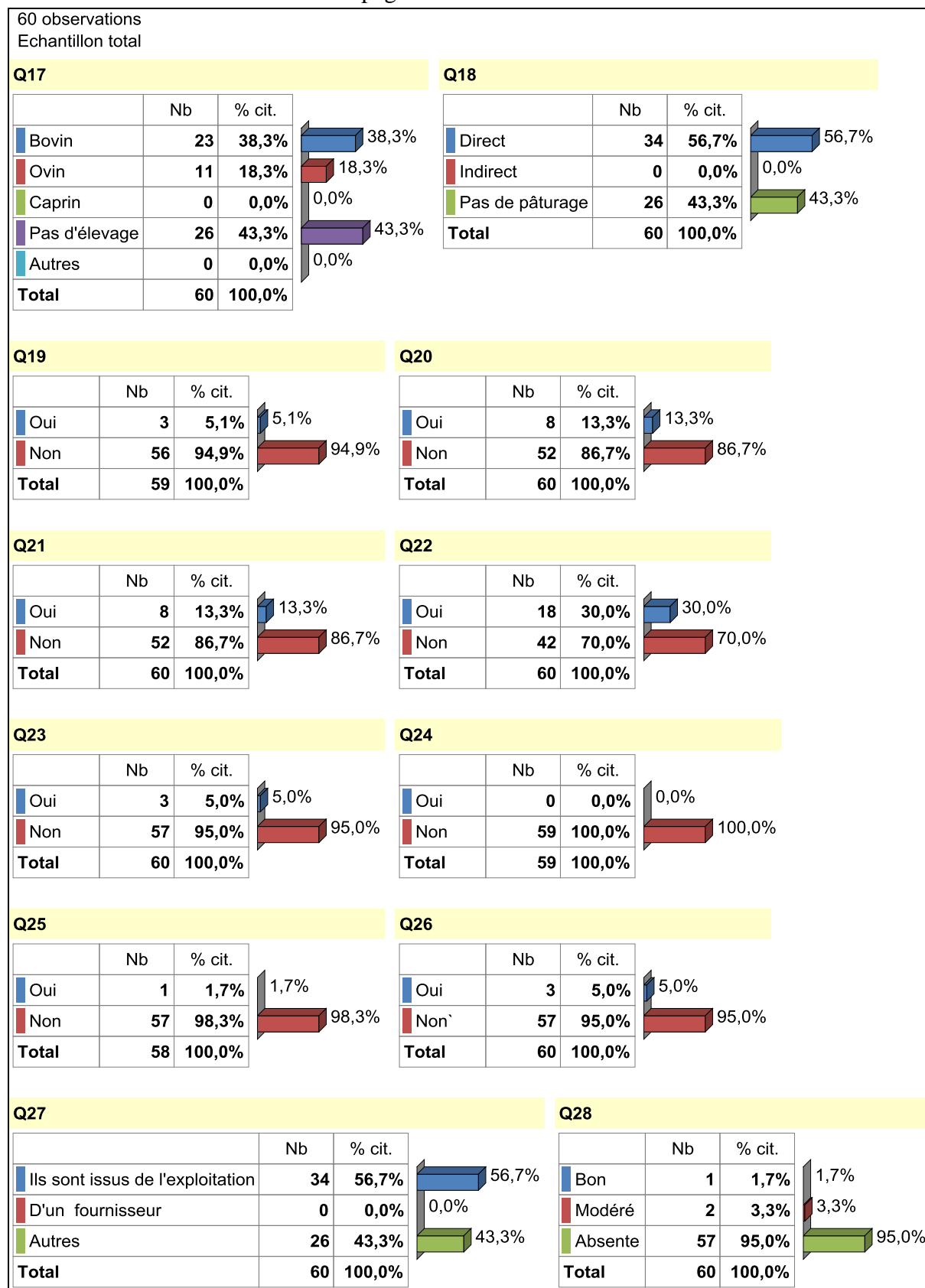
Q15



Q16



ANNEXE 2. Tableau de bord n°1 - page 3.

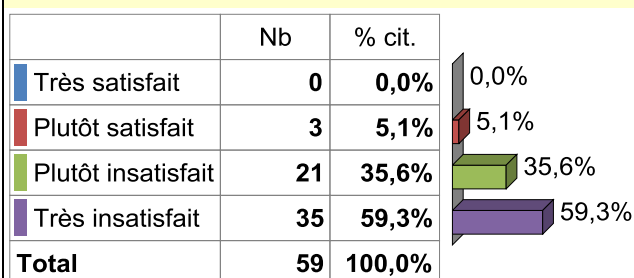


ANNEXE 2. Tableau de bord n°1 - page 4.

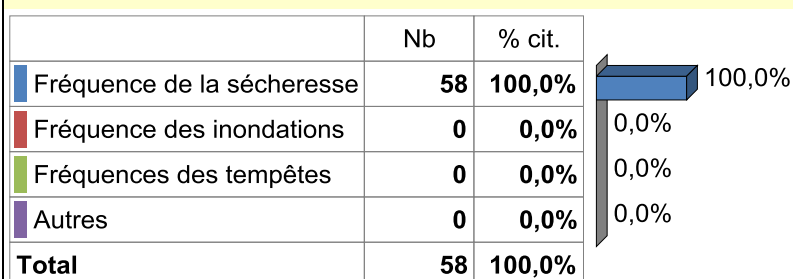
60 observations

Echantillon total

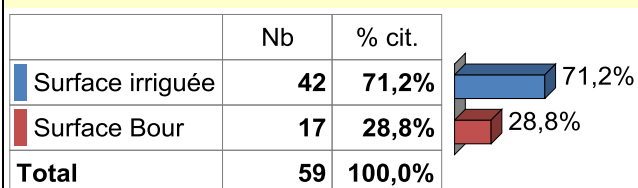
Q29



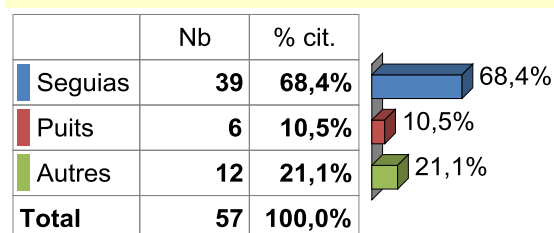
Q30



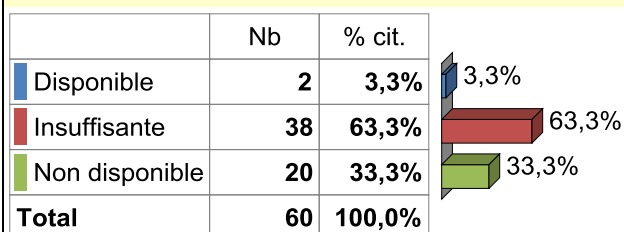
Q31



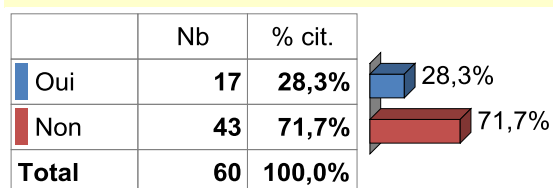
Q32



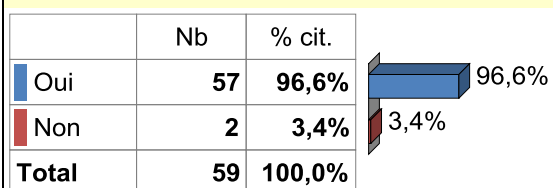
Q33



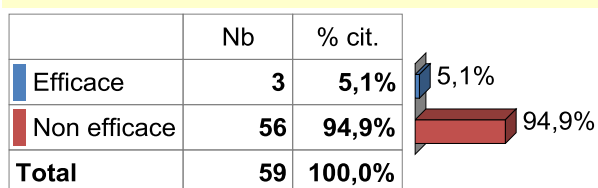
Q34



Q35



Q36



ANNEXE2. Tableau de bord n°1 - page 5.

60 observations
Echantillon total

Q37

	Nb	% cit.
Oui	2	3,4%
Non	57	96,6%
Total	59	100,0%

Q38

	Nb	% cit.
Bon revenu	2	3,3%
Revenu faible	48	80,0%
Pas de revenu	10	16,7%
Total	60	100,0%

Q39

	Nb	% cit.
Changement de la pratique culturale	4	6,8%
Changement de métier	1	1,7%
migration	0	0,0%
Ne faire rien	54	91,5%
Total	59	100,0%

Q40

	Nb	% cit.
Amélioration des techniques d'irrigation	2	3,3%
Réutilisation des eaux usées	53	88,3%
Augmentation du prix de l'eau (depuis quand)	0	0,0%
Encouragements financiers	0	0,0%
Autres`	5	8,3%
Total	60	100,0%

Q41

	Nb	% cit.
Forage	2	3,4%
Barrage	0	0,0%
Source	0	0,0%
Autres	57	96,6%
Total	59	100,0%

Q42

	Nb	% cit.
Oui	0	0,0%
Non	59	100,0%
Total	59	100,0%

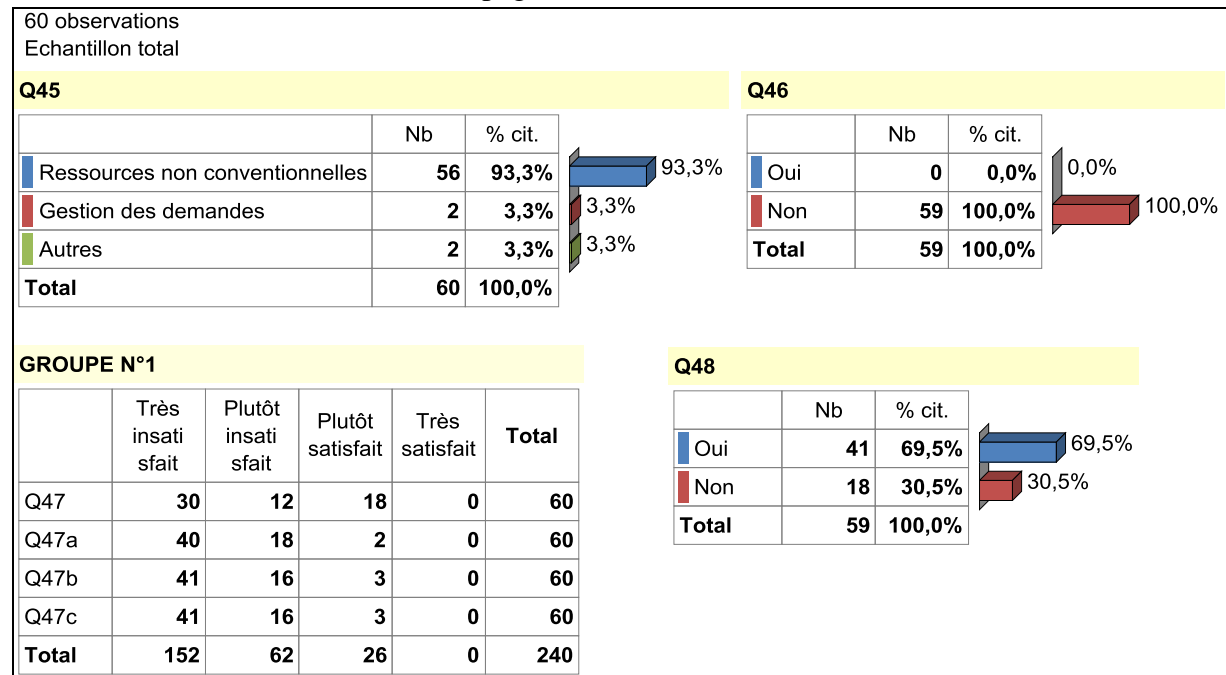
Q43

	Nb	% cit.
Oui	58	96,7%
Non	2	3,3%
Total	60	100,0%

Q44

	Nb	% cit.
Changement climatique	2	3,4%
Surexploitation	3	5,1%
Politiques publiques	53	89,8%
Autres	1	1,7%
Total	59	100,0%

ANNEXE 2. Tableau de bord n°1 - page 6.



ANNEXE 3. Tableau de bord n°2 - page 1.

60 observations Echantillon total			
Groupe n°1			
20. Frais de l'irrigation			
21. Présence des puits			
29. Quelles sont vos attentes, vos besoins en données pour l'irrigation ?			
	Oui (20. Frais de l'irrigation)	Non (20. Frais de l'irrigation)	20. Frais de l'irrigation
Oui (21. Présence des puits)	8	0	8
Non (21. Présence des puits)	0	52	52
21. Présence des puits	8	52	60
Très satisfait (29. Quelles sont vos attentes, vos besoins en données pour l'irrigation ?)	0	0	0
Plutôt satisfait (29. Quelles sont vos attentes, vos besoins en données pour l'irrigation ?)	3	0	3
Plutôt insatisfait (29. Quelles sont vos attentes, vos besoins en données pour l'irrigation ?)	5	16	21
Très insatisfait (29. Quelles sont vos attentes, vos besoins en données pour l'irrigation ?)	0	35	35
29. Quelles sont vos attentes, vos besoins en données pour l'irrigation ?	8	51	59
Groupe n°2			
31. Irrigation de la SAU			
32. SAU irriguée par type d'équipement hydraulique			
33. Disponibilité en eau			
	Surface irriguée	Surface Bour	31. Irrigation de la SAU
Seguias	32	6	38
Puits	6	0	6
Autres	3	9	12
32. SAU irriguée par type d'équipement hydraulique	41	15	56
Disponible	2	0	2
Insuffisante	36	1	37
Non disponible	4	16	20
33. Disponibilité en eau	42	17	59

ANNEXE 3. Tableau de bord n°2 - page 2.

60 observations Echantillon total				
Groupe n°3				
38. Quel est l'impact sur le revenu de l'agriculteur ?				
20. Frais de l'irrigation				
39. Que fait-on pour s'adapter à la pénurie d'eau ?				
40. Quelles sont les orientations et encouragements de l'Etat pour réduire le gaspillage et mieux exploiter les ressources hydriques ?				
	Bon revenu	Revenu faible	Pas de revenu	38. Quel est l'impact sur le revenu de l'agriculteur ?
Oui	2	6	0	8
Non	0	42	10	52
20. Frais de l'irrigation	2	48	10	60
Changement de la pratique culturale	2	2	0	4
Changement de métier	0	0	1	1
migration	0	0	0	0
Ne faire rien	0	45	9	54
39. Que fait-on pour s'adapter à la pénurie d'eau ?	2	47	10	59
Amélioration des techniques d'irrigation	1	1	0	2
Réutilisation des eaux usées	1	44	8	53
Augmentation du prix de l'eau (depuis quand)	0	0	0	0
Encouragements financiers	0	0	0	0
Autres	0	3	2	5
40. Quelles sont les orientations et encouragements de l'Etat pour réduire le gaspillage et mieux exploiter les ressources hydriques ?	2	48	10	60

ANNEXE 3. Tableau de bord n°2 - page 3.

60 observations					
Echantillon total					
Groupe n°4					
41. Origine des eaux d'irrigation :					
21. Présence des puits					
47. Êtes-vous satisfait de la qualité de l'eau :					
47. Êtes-vous satisfait de la disponibilité de l'eau :					
47. Êtes-vous satisfait du Coûts de reviens					
47. Êtes-vous satisfait du marché agricole					
48. Est-ce que vous utilisez les eaux usées traitées pour irrigation ?					
	Forage	Barrage	Source	Autres	41. Origine des eaux d'irrigation :
					:
Oui	2	0	0	6	8
Non	0	0	0	51	51
21. Présence des puits	2	0	0	57	59
Très insatisfait	0	0	0	29	29
Plutôt insatisfait	1	0	0	11	12
Plutôt satisfait	1	0	0	17	18
Très satisfait	0	0	0	0	0
47. Êtes-vous satisfait de la qualité de l'eau :	2	0	0	57	59
Très insatisfait	0	0	0	39	39
Plutôt insatisfait	1	0	0	17	18
Plutôt satisfait	1	0	0	1	2
Très satisfait	0	0	0	0	0
47. Êtes-vous satisfait de la disponibilité de l'eau :	2	0	0	57	59
Très insatisfait	0	0	0	40	40
Plutôt insatisfait	1	0	0	15	16
Plutôt satisfait	1	0	0	2	3
Très satisfait	0	0	0	0	0
47. Êtes-vous satisfait du Coûts de reviens	2	0	0	57	59
Très insatisfait	0	0	0	40	40
Plutôt insatisfait	1	0	0	15	16
Plutôt satisfait	1	0	0	2	3
Très satisfait	0	0	0	0	0
47. Êtes-vous satisfait du marché agricole	2	0	0	57	59
Oui	0	0	0	40	40
Non	2	0	0	16	18
48. Est-ce que vous utilisez les eaux usées traitées pour irrigation ?	2	0	0	56	58

ANNEXE 3. Tableau de bord n°2 - page 4.

60 observations Echantillon total				
Groupe n°5				
33. Disponibilité en eau				
31. Irrigation de la SAU				
48. Est-ce que vous utilisez les eaux usées traitées pour irrigation ?				
	Disponible	Insuffisante	Non disponible	33. Disponibilité en eau
Surface irriguée	2	36	4	42
Surface Bour	0	1	16	17
31. Irrigation de la SAU	2	37	20	59
Oui	0	32	9	41
Non	2	5	11	18
48. Est-ce que vous utilisez les eaux usées traitées pour irrigation ?	2	37	20	59



GESTION ET VALORISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE

HANNACHI A.¹, GHARZOULI R.², DJELLOULI TABET Y.³

^{1,2}Université Ferhat ABBAS- Sétif (Algérie)

³Université du Maine-Le Mans (France)

hakhannachi@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'eau est un facteur limitant du développement de l'agriculture, la rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique. Face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture en Algérie, une politique active de mobilisation des ressources en eau a été mise en œuvre, ainsi que de nouveaux instruments de gestion, c'est la réutilisation des eaux usées en agriculture.

En Algérie, la présence de normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012) constituent une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées.

Les dirigeants, publics et privés, ont des décisions à prendre en matière de réutilisation des eaux usées en agriculture. Ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des quantités en augmentation, afin de répondre à des demandes toujours plus grandes. La gestion intégrée des eaux usées épurées en Algérie, désormais institutionnellement reconnue comme un modèle de partenariat public-privé, est la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace et durable des eaux usées épurées, face à des demandes en eau en augmentation.

Mots clés : Eaux usées, Textes réglementaires, Gestion intégrée, Partenariat, Agriculture, Algérie.



Revue Recherches et Etudes en Développement

Revue périodique à comité de lecture
Editée par le laboratoire d'études et de recherches en développement rural
Université de Bordj Bou Arreridj – Algérie

N° 01 Décembre 2014

• L'histoire du concept du développement agricole
ou rural durable : le cas algérien Ahmed Rouadjia

• Le recyclage des eaux usées, une fonctionnalité à développer dans
l'agriculture de la région de Batna Algérie
Hannachi A. et Gharzouli Rachid

• القرات المعماري بالمغرب: الذاكرة المجالية ومظاهر التعمين
قراءات في التجربة التنموية الصيفية:
عبد الرحمان الدكاري

أسرار النجاح ودروس مستفادة
زرقين عيود

• هياكل التمويل الأصغر الجوّاري والتنمية الإقليمية:
مدخل لتحريك الأقاليم الريفية المغاربية
رحيم حسين

• الأشكال الحديثة للمعمّان بالمناطق الريفية المحيطة بالمدن ورهانات الغد؟
حالة ظهير مدينة الصويرة (المغرب)
عبد المجيد هلال

• أدوات حماية البيئة بالمحميات الطبيعية
قويدر كمال

Revue des Recherches et Etudes en Développement

N° 01 Décembre 2014

ISSN 2392-5469

LES AUTRES THÈMES

RÉUTILISATION DES EAUX USÉES

Gestion environnementale des eaux usées à Batna (Algérie) : entre législation et réalité

Hannachi Abdelhakim, Université 20 août 1955,
Département d'agronomie (Algérie)
Gharzouli Rachi,
Université Ferhat Abbas (Algérie) et
Djellouli Tabet Yamna,
Université du Maine, Le Mans (France)

La station d'épuration de Batna, mise en service en 2005, repose sur un procédé classique de boues activées, selon une filière de type contact-stabilisation comprenant une charge massique moyenne suite à une aération conventionnelle dans le but d'obtenir une bonne élimination de la DBO. Cette filière de traitement ne permet pas de traiter correctement la pollution azotée et phosphorée. La quasi-totalité des polluants qui s'écoulent dans l'Oued El Gourzi provient de sources urbaines acheminées vers la station d'épuration de Batna. Le procédé épuratoire a connu plusieurs dysfonctionnements causés par la présence de substances non domestiques, notamment des huiles industrielles. La valeur quotidienne moyenne de l'indice de Mohlman des boues activées est environ 200 mg/ml (> 150 mg/ml). Ces rejets non prévus sont à la base de la perturbation du processus épuratoire. Les autorités doivent prendre leurs responsabilités au regard du traitement des eaux usées, et doivent notamment développer un programme d'actions pour éliminer les substances toxiques de l'Oued El Gourzi en exigeant une séparation des rejets industriels des rejets urbains, en tenant compte du fait que ces eaux épurées qui s'écoulent le long de l'Oued El Gourzi sont utilisées pour l'irrigation des céréales dans les plaines d'El Maâdher et Chmora, ainsi que certaines cultures maraîchères dans la région de Fesdis, ce qui aggrave la situation.



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



Effet de l'irrigation par des eaux usées traitées (EUT) sur une culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Effect of irrigation by treated wastewater (TWW) on a durum wheat crop (*Triticum durum* Desf.)

HANNACHI Abdelhakim^{*}, KHELFI Selma et SOUILEH Nabila

Université 20 Aout 1955, Département d'agronomie, Skikda-21000, Algérie

Auteur correspondant: *HAKHANNACHI@yahoo.fr

ARTICLE INFO

Reçu : 18-09-2016

Accepté : 12-12-2016

Mots clés :

Développement, EUT, Irrigation, MO, *Triticum durum* Desf.

Key words :

Development, TWW, Irrigation, OM, *Triticum durum* Desf.

RÉSUMÉ

Notre étude est menée sur le comportement d'une variété de blé dur (*Triticum durum* Desf.) irriguée avec deux types d'eau d'origine différente. Le premier est provient des eaux de puits et le deuxième est provenu des eaux usées issue de la station d'épuration et traitée biologiquement. Pour chaque type d'irrigation trois parcelles uniformes cultivées sur une surface de 1 m², aux mêmes conditions édaphiques et climatiques (Serre expérimentale). Les doses d'eau sont effectuées selon le taux d'humidité du sol et sont identiques pour les deux essais. Les résultats obtenus sur les plantes irriguées par les eaux usées traitées (EUT) montrent un bon développement par rapport aux plantes irriguées par les eaux des puits, surtout le nombre de talles par plante, la hauteur des plantes et de la longueur des épis. Les mêmes résultats sont obtenus sur les composants de rendement concernant : épis/m², PMG, grains/épis et le rendement biologique. Les plantes irriguées par les eaux usées traitées présentent une précocité de levée, de montaison et d'épiaison, qui a dû à la charge importante de la matière organique (MO). Dans le sol, l'irrigation a entraîné, tout d'abord, l'enrichissement du sol en ammonium et en nitrate, ce qui explique que les eaux usées issues du traitement biologique sont riches en éléments minéraux nécessaires à la croissance et le développement de blé dur.

ABSTRACT

Our study is conducted on the behavior of a variety of hard wheat (*Triticum durum* Desf.) irrigated with two types of water of different origin. The first is from well water and the second is from wastewater from the treatment plant and treated biologically. For each type of irrigation, three uniform plots cultivated on a surface of 1 m², under the same edaphic and climatic conditions (experimental greenhouse). The doses of water are carried out according to the soil moisture content and are identical for the two tests. The results obtained on plants irrigated by treated wastewater (TWW) show a good development compared to plants irrigated by well water, especially the number of tillers per plant, the height of the plants and the length of the cobs. The same results are obtained on yield components concerning: ears / m², TKW, grains / ears and biological yield. The plants irrigated by the treated wastewater have a precocity of emergence, run and heading, due to the heavy load of organic matter (OM). In the soil, irrigation has led, first of all, to enriching the soil with ammonium and nitrate, which explains why wastewater from biological treatment is rich in mineral elements necessary for the growth and development of durum wheat.

ABDELHAKIM HANNACHI ET SOUHILA AMIOUR

REMÉDIER LA SALINITÉ DU SOL

Valoriser des déchets liquides



LES ÉDITIONS
DU NET 



Abdelhakim Hannachi
Imen Makhzoum
Nadjet Guassaa

La réutilisation des eaux usées traitée en orge hydroponique

WASTEWATER REUSE IN AGRICULTURE IN THE OUTSKIRTS OF THE CITY BATNA (ALGERIA)

A. Hannachi^{1*}, R. Gharzouli¹, Y. Djellouli Tabet², A. Daoud³

¹Ferhat Abbas University - Setif 1 (Algeria)

²University of Maine - Le Mans (France)

³University August 20, 1955 - Skikda (Algeria)

Received: 29 May 2016 / Accepted: 05 August 2016 / Published online: 01 September 2016

ABSTRACT

The study is based on a survey of farmers. The data collected allow us to understand the reasons for the reuse of wastewater. This resource can be an important element in irrigation water management strategy. The possibilities of wastewater reuse in agriculture are significant, as is the case in the Batna region. In this context, the presence of texts establishing the modality of wastewater reuse, are a prerequisite for promotion of wastewater reuse projects. Policymakers are faced with the need to exploit the increase in volumes to meet greater demand. To do this, the integrated management should be considered now as a public / private partnership model and as the best approach for development and efficient and sustainable management.

Keywords: Farmers, Irrigation, Management, Public Policy, Texts.

Author Correspondence, e-mail: hakhannachi@yahoo.fr

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v8i3.15>

1. INTRODUCTION

En Algérie, la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles est une pratique qui se répand



Journal of Fundamental and Applied Sciences is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). We are listed under [Research Associations](#) category.



Environmental Context of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Batna (Algeria)

Hannachi Abdelhakim* and Gharzouli Rachid

University Ferhat Abbas of Setif 1, El Bez, Setif, Algeria

Abstract

An investigative study was reported on the wastewater treatment plant (WWTP) in Batna city which is located in the Algerian east, in order to highlight the problem of industrial wastewaters pollution and their impact on WWTP function. The average value of "COD / BOD" was reported as high (3.5) compared to the contract value (2.5) which characterize the biodegradable rejection. In addition the concentrations of industrial discharge were higher than the Algerian's standards. Our analyses showed that the daily index measurement Mohlman is 200 mg/ml (≥ 150) which confirm the disruption of the biological process; this is why they must be treated before being discharged. Many solutions should be made to lutter against this problem: Applying the rules, additional treatments and rehabilitation of the WWTP in a more conventional extended aeration process for better elimination of pollution. Finally, for a better understanding of the industrial pollution problem, an obligated characterization of wastewater must be made for each industry to improve the discharge quality.

Keywords: Batna; COD/BOD report; Industrial discharge; Quality; WWTP

Introduction

The increase in wastewater quantities generated by industries in the world presents risks to health and the environment [1]. The countries are trying to find safe ways environmentally to treat and eliminate this wastewater [1]. The large volume of industrial wastewater discharged daily in the wadis, continue to be a real problem of pollution through the territory of the region of Batna.

Liquid industrial wastes from factories, and wash stations, have a negative impact on the quality of wastewater. It is the fact that agricultural irrigation to polluted wastewater is carried out in some parts of the region of Batna with potential impacts on public health. Designed for only 200,000 inhabitants, the wastewater treatment plant of Batna is unable to process the discharge of a considerable volume from homes and other structures rapidly growing large city now but actually more than 299 230 inhabitants in 2012 [2].

The purpose of this work is an investigation at the WWTP of the city of Batna (east of Algeria) to show the problem of industrial wastewater pollution and its impact on the operation of a WWTP purification, since it is necessary to consider the wastewater treatment plant, not as a machine purifying industrial pollution but a satisfactory solution to minimize their impact on the environment.

Description of Wastewater Treatment Plant in the City of Batna

The project of the wastewater treatment plant of the city of Batna (east of Algeria) was started in 2005, which will cost 980 million DZD (about 9 million Euros). It is managed by the National Sanitation Office (NSO) [2], which used to treat 20,000 m³ per day, or discharging the population rubbishes for 200000 numbers of people.

The wastewater treatment plant for the city of Batna was in service following to the classic procedures of the activated sludge: (normal-medium or average process). In this process, the power of the flow is major sources which cause the erosion of the biofilm as improving the oxygenation operation. The floating water being faster in the said process which requires another circulation before the clarification step.

The sludge are lesser oxidized and must be recovered after secondary sedimentation [3].

According to the process mentioned before a field of contact type stabilization, including an average mass loading after a conventional aeration in order to obtain the required elimination of the biological oxygen demand (BOD) (Table 1).

The wastewaters of the sanitation system of the city of Batna, before reaches the wastewater treatment plant crossing firstly el-wadi (this is a loan word from Arabic which means a stagnated water) called: El Gourzi in a culvert of: 1 × 1 m, and suspended above el-wadi, however, if there is an over load of the wastewaters, automatically going to be poured in el-wadi (Figure 1).

Monthly operating reports from January to October were observed. Table 2 lists the average flow and COD / BOD reports (report indicative of biodegradability; COD: chemical oxygen demand) on the entry side, and the effectiveness of treatment. Concerning the power flow during its entering to the WWTP, we notice a regular increase to more than 20 000 m³ per day in September and October. However the WWTP has been designed for a daily average flow of 19,875 m³ per day and a maximum flow power in dry weather of 27,210 m³ / day.

However the average monthly rates of more than 20000 m³ / day were regularly observed, with some monthly average of more than 22000 m³/day. The average monthly beginnings were lower because of the dropping in dry weather.

Process performance

The wastewater reaches the wastewater treatment plant of the city of

*Corresponding author: Hannachi Abdelhakim, University Ferhat Abbas of Setif 1, El Bez, Setif, Algeria, Tel: 00213553189324; E-mail: HAKHANNACHI@yahoo.fr

Received April 07, 2017; Accepted April 20, 2017; Published April 28, 2017

Citation: Abdelhakim H, Rachid G (2017) Environmental Context of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Batna (Algeria). Int J Waste Resour 7: 274. doi: 10.4172/2252-5211.1000274

Copyright: © 2017 Abdelhakim H, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Résumé

Les eaux usées sont collectées dans la ville de Batna à travers Oued El Gourzi. Il se disperse sur des terres agricoles en aval de la ville, dans la mesure où ses eaux usées sont exploitées par les agriculteurs comme eau d'irrigation. L'étude de cette réutilisation des eaux usées se fonde sur une enquête auprès des agriculteurs propriétaires de ces parcelles agricoles. Les données recueillies le confirment et permettent de comprendre les raisons de cette utilisation par les agriculteurs. Aussi, cette ressource peut constituer un élément important dans la stratégie de gestion de la demande en eau d'irrigation. En particulier dans les zones où le climat est aride ou semi-aride. Les possibilités de réutilisation des eaux usées en agriculture ne sont pas négligeables, comme c'est le cas dans la région de Batna. Toutefois, cette exploitation est à associer à de bonnes pratiques agricoles, des traitements des eaux usées en amont et en aval de la ville de Batna (Stations d'épuration) et de plans d'assurance de la qualité des eaux usées. Ceci pourrait améliorer la productivité agricole et alléger les contraintes sur les ressources en eau conventionnelles. Dans cette optique, la présence de normes des rejets spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) et la constitution de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées avec la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par ces eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012), sont un préalable indispensable à une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole. Les décideurs, tant du domaine public ou du domaine privé, doivent dans ce cas encourager et développer cette réutilisation mais doivent veiller, en parallèle, au respect des normes d'exploitation et de la réglementation spécifique établies. À cet effet, ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des volumes en augmentation constante afin de répondre à des demandes toujours plus grandes. Pour ce faire, la gestion intégrée des eaux usées épurées doit être considérée désormais comme un modèle de partenariat public/privé et comme la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace, rationnelle et durable des eaux usées épurées. Les politiques publiques doivent prendre des mesures plus fiables au regard du traitement des eaux usées, notamment à travers le développement un plan d'actions pour éliminer les substances toxiques de l'Oued El Gourzi en exigeant une séparation des rejets industriels des rejets urbains, en tenant compte du fait que ces eaux épurées s'écoulent le long d'Oued El Gourzi sont utilisées pour l'irrigation des cultures dans la périphérie de la ville de Batna.

Mots clés : Agriculture, Batna, Eaux usées traitées, Irrigation, Politiques publiques.

Abstract

Wastewater is collected in the town of Batna through Wadi El Gourzi, it spreads to agricultural parcels downstream of the city Batna, insofar as its wastewaters are exploited by farmers as irrigation water. The study of this reuse of wastewater is based on a survey of the farmers who own these agricultural parcels. The data gathered confirm this and provide an understanding of the reasons for this use by farmers. Also, this resource can be an important element in the management strategy of irrigation water demand. Especially in areas where the climate is arid or semi-arid. The possibilities for reuse of wastewater in agriculture are not negligible, as is the case in the Batna region. However, this operation is to be combined with good agricultural practices, wastewater treatment upstream and downstream of the town of Batna (wastewater treatment plants) and wastewater quality assurance schemes. This could improve agricultural productivity and alleviate constraints on conventional water resources. To this end, the presence of specific disuse standards for the reuse of wastewater in agriculture (Executive Decree No. 93-160 of 10 July 1993 and Executive Decree No. 06-141 of 19 April 2006) and the constitution of statutory instruments fixing the method of re-use of waste water with the list of crops and the conditions of their irrigation by these purified waste water (Executive Decree n° 07-149 of 20 May 2007 and the interministerial decree of 2 January 2012) To the promotion of treated waste water reuse projects in the agricultural sector. In this case, decision-makers, whether in the public domain or in the private domain, must encourage and develop this reuse, but must also ensure compliance with operating standards and specific regulations. To this end, they are confronted with the need to exploit increasing volumes in order to meet ever-increasing demands. To this end, integrated wastewater management should be seen as a public / private partnership model and as the best approach for the efficient, sustainable and efficient management and management of treated wastewater. Public policies must take more reliable measures with regard to wastewater treatment, in particular through the development of an action plan to eliminate toxic substances from the El wadi El Gourzi by requiring the separation of industrial discharges from urban wastewater. Taking into account the fact that these purified waters flowing along wadi El Gourzi are used for the irrigation of crops on the outskirts of the town of Batna.

Keywords: Agriculture, Batna, Treated wastewater, Irrigation, Public policies.

ملخص

يتم جمع مياه الصرف الصحي في مدينة باتنة عبر وادي القرزي **El Gourzi**. حيث ينتشر بدوره على الأراضي الزراعية المحيطة بالمدينة. أين تستغل مياهها من قبل المزارعين كمياه للري. تستند الدراسة على إعادة استخدام مياه الصرف الصحي. على تحقيق مع المزارعين الذين يملكون هذه الأراضي الزراعية. وتؤكد البيانات على فهم أسباب استخدامها من قبل المزارعين. أيضا، يمكن أن يكون هذا المورد عنصرا هاما في استراتيجية إدارة الطلب على مياه الري. ولا سيما في المناطق حيث المناخ الجاف أو شبه الجاف. إمكانيات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة كبيرة، كما هو الحال في منطقة باتنة. ومع ذلك، ربط هذه العملية مع الممارسات الزراعية الجيدة. ومعالجة مياه الصرف الصحي في المنبع والمصب من مدينة باتنة (محطة معالجة مياه الصرف الصحي) وخطط التأمين لنوعية مياه الصرف الصحي. هذا يمكنه تحسين الإنتاجية الزراعية وتخفيف القيود المفروضة على الموارد المائية التقليدية. في هذا السياق، فإن وجود معايير محددة لتصريف مياه الصرف الصحي في الزراعة (المرسوم التنفيذي رقم 93-160 من 10 يوليو 1993 والمرسوم التنفيذي رقم 06-141 في 19 نيسان 2006)، وإنشاء لوائح تحديد طريقة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي مع قائمة المحاصيل وشروط الري من مياه الصرف الصحي المعالجة (المرسوم التنفيذي رقم 07-149 الصادر في 20 مايو 2007، والقرار الوزاري من 2 يناير 2012)، هي شرط مسبق لتعزيز مشاريع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة. صناع القرار، سواء العام أو الخاص، يجب في هذه الحالة تشجيع وتطوير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي ولكن يجب أن تضمن، في موازاة ذلك، الامتثال للمعايير التشغيل والأنظمة المحددة المعمول بها. لهذا الغرض، إنهم يواجهون الحاجة لإعادة استخدام وحدات التخزين التي في تزايد مستمر لتلبية المطالب المتزايدة. للقيام بذلك، ينبغي النظر في الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي المعالجة الآن كنموذج للشراكة بين القطاعين العام / الخاص وأفضل نهج لتطوير وإدارة فعالة، عقلانية ومستدامة لمياه الصرف الصحي. ينبغي للسياسات العامة إجراء قياسات أكثر موثوقية في ما يتعلق بمعالجة مياه الصرف الصحي، بما في ذلك من خلال وضع خطة عمل لإزالة المواد السامة من في وادي القرزي التي تتطلب فصل التصريفات الصناعية عن الحضرية في مع الأخذ بعين الاعتبار أن مياه الصرف الصحي المعالجة المتدفقة على طول وادي القرزي **El Gourzi** تستخدم لري المحاصيل في ضواحي مدينة باتنة.

كلمات البحث: الزراعة، باتنة، مياه الصرف الصحي المعالجة، الري، السياسة العامة.