

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA**



جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté des Sciences de l'Ingéniorat

Département d'Hydraulique

Année : 2018/2019

THESE

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

Stratégie de mobilisation des ressources en eau non conventionnelle

Approche méthodologique

Etude prospective du cas des eaux usées épurées de la ville d'Annaba

Option Hydraulique

Par

NAFAA Dhikrane

Devant le jury

Président	DJEMILI Lakhdar	Pr.	Université BADJI Mokhtar - Annaba
Encadreur	HAMMAR Yahia	Pr.	Université BADJI Mokhtar - Annaba
Examineur	BENHAMZA Moussa	Pr.	Université BADJI Mokhtar - Annaba
Examineur	BOUTOUTAOU Djamel	Pr.	Université KASDI Merbah - Ouargla
Examineur	MAOUI Amar	Pr.	Université 24 février - Guelma
Examineur	MALKIA Rabia	MCA	Université Chadli BENDJEDID - El Tarf

ملخص

حيث تم معالجة إشكالية الأطروحة في ثلاثة أجزاء، أولها يعرض القضية المثير للجدل في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المطهرة التي ينظر إليها على أنها "قدرة" و "تهديد" لهذا النموذج، وبالتالي فإن استخدام هذا المورد غير التقليدي في الزراعة في ظل القيود المعايير التي وضعها منظمة الصحة العالمية. ومن المتوقع أن تعالج القدرة النظرية لنظام المعالجة هذا، حيث يمكن للكمية أن تبلغ 67.000 متر مكعب في اليوم و 107.000 متر مكعب في اليوم على التوالي بحلول أفق 2025 و 2035، معالجة المياه المستعملة من تكنوبول عنابة، والتي تمثل 80 ٪ من مياه الصرف الصحي المجمعة للولاية والتي سيتم تطهيرها. حيث يضخ حجم 20 هكتومتر مكعب في السنة للمياه المطهرة عبر قناة تحت ضغط على مسافة 35 كلم ليتم تخزينها في سد محشا الذي يتسع للحجمين الأقصى و الأدنى على التوالي 13 هكتومتر مكعب و 3 هكتومتر مكعب . حيث يقوم هذا الخزان بتنظيم للمياه المعالجة ومياه الأمطار لمستجمعات المياه لواد الخنكة الذي يصب في الضفة اليسرى من وادي سيبوس.

أما الجزءان الثاني والثالث للأطروحة فهما مكرسان تماما للمحور الرئيسي لموضوع البحث.

ثم يتم تخصيص هذه المساهمة لمنهجية الاستشراف الاستراتيجي، المكرسة لتطبيق وتنفيذ ثلاثة أدوات البرمجيات :

1. برنامج GPS-X® صمم وطور من طرف الشركة هدرومانتيس. مكنت هذه الأداة من إجراء عمليات محاكاة بهدف تقييم أداء منشآت التنقية في محطة تطهير المياه لعنابة، وبالتالي قياس درجة التنقية فيما يتعلق بالمعايير المطلوبة الخاضعة لمعايير التلوث، DCO، DBO₅، النيتروجين الكلي والفوسفات الكلي، على التوالي. مع قيم كل من 90، 30، 10 و 4 ملغ / لتر
2. تطبيق LINPRO® البرمجي، الذي تم تطويره على أساس منهجية SIMPLEX DANDZIG، لتحسين الاستخدام المشترك لمياه الصرف الصحي ومياه الأمطار النقية في الزراعة.

وتبين النتائج أن متوسط القيمة الاقتصادية المثلى هو 0,182 مليون دج/هكتار من الأراضي المسقية بمساحة زراعية مفيدة تبلغ 3000 هكتار من 5000 هكتار من المحاصيل المزروعة بـ 14 مليون متر مكعب، أي 87.5 ٪ من الطلب الكلي بـ 16 هكتار، والباقي يجب أن يسقى مساحة زراعية مفيدة 267 هكتار من 2000 هكتار مخصصة لزراعة الأشجار.

3 - عملية النمذجة ساعدت في تطبيق وظيفة SPINE CUBIC تحت ماتلاب لمنحنى ملاءمة سد محشا، على محاكاة خلال فترة 43 سنة، المواجهة بين العرض والطلب في ماء السقي من هذا السد. وقد أظهر هذا التطبيق الرقمي أن تنظيم الخليط "مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار" كشف من جهة عن عجز سنوي متوسط قدره 5,7 هكتومتر مكعب مقابل 1.147 هكتارا غير مسقية، ومن ناحية أخرى فإن التأثير الناتج عن الفائض (الانسكاب) المصب 27 متر مكعب / السنة التي من شأنها أن تسمح لإعادة شحن المياه الجوفية وتقديم الدعم لقوة تنقية وادي سييوس على مستوى بلدية ذرعان.

4 - وفي النهاية، تسلط هذه المساهمة الضوء على الإمكانيات التي يتيحها هذا المورد غير التقليدي للمياه في الجزائر، الذي يشكل، إلى جانب مياه الأمطار، حلا بديلا، في ظل شروط معايير منظمة الصحة العالمية المطلوبة من حيث الجودة. وسيكون هذا الاستخدام المشترك، بالمقارنة مع الموارد المائية التقليدية، مفيد اقتصاديا للغاية.

هذا النمط من تعبئة عن طريق استخدام مزيج "مياه مطهرة - مياه الأمطار" في خزان، لذلك سوف تفتح آفاقا واسعة تتجه نحو التعويض، الحد و القضاء على العجز المائي لاسيما في مجال الزراعة.

الكلمات الرئيسية : مياه الصرف الصحي المطهرة، GPS-X®، مساحة زراعية مسقية، النمذجة.

Résumé

Cette thèse mémoire s'articule sur trois parties, la première expose la problématique controversée de la Réutilisation des eaux usées épurée perçue comme "**Potentiel**" et "**Menace**" ce paradigme conditionne donc l'usage de cette ressource non conventionnelle à des fins agricoles sous les contraintes des normes établies par l'Organisation Mondiale de la Santé.

La capacité théorique de ce système épuratoire, prévue de 67.000 m³/j et 107.000 m³/j respectivement à l'horizon 2025 et 2035, devrait traiter les eaux usées domestiques du technopôle de Annaba ; ce qui représente 80% des eaux usées à épurer produite sur le territoire de la wilaya.

Un volume d'eau épuré de 20 hm³/an sera transféré par une conduite sous pression sur une longueur de 35 km pour être stockées dans le barrage Mahcha ayant un volume maximum et un volume minimum respectivement de 13 hm³ et 3 hm³.

Ce réservoir devra alors régulariser conjointement l'eau usée épurée et l'eau pluviale des apports naturels du bassin versant de l'Oued El-Khanka affluent en rive gauche de l'oued Seybouse.

La deuxième et troisième parties sont entièrement dédiées à l'objet cardinal du thème de recherche. Cette contribution est alors, consacrée à une méthodologie de prospective stratégique, consacrée à l'application et la mise en œuvre, de trois outils logiciels :

1. Le code GPS-X conçu et développé par la société Hydromantis ; cet outil a permis de faire des simulations en vue d'apprécier la performance des clarificateurs de la STEP de Annaba pour ainsi, en mesurer le degré d'épuration eu égard des normes requises assujetties aux paramètres de pollution tels la DCO, DBO₅, d'azote et phosphate totaux, de valeurs respectives de 90, 30, 10 et 4 mg/l.
2. Le code LINPRO[®] Software conçu et développé sur le principe de la méthode du SIMPLEX DANDZIG, a été appliqué pour l'optimisation de l'usage conjoint "eaux usées épurée et eau- pluviale" en agriculture.

Les résultats font ressortir une valeur économique moyenne optimale de 0,182 MDA/ha, en irrigué d'une Surface Agricole Utile de 3.000/5.000 ha de cultures assolées avec 14hm^3 , soit 87,5 % de la demande totale de 16hm^3 ; le restant devrait irriguer une Surface Agricole Utile de 267/2.000 ha réservée à l'arboriculture.

3. La modélisation, en application de la fonction Spine Cubic sous Matlab[®] de la courbe de remplissage du barrage Mahcha, a permis de simuler, sur une période de 43 ans, la confrontation "Offre-Demande" en eau pour l'irrigation à partir de ce barrage.

Cette application numérique, a montré que la régularisation du mélange "eau usée épurée - eau pluviale" a révélé d'une part, un déficit moyen annuel de $5,7\text{hm}^3$ correspondant à 1.147 ha non irrigués et, d'autre part l'impact engendré par le surplus (un déversement) à l'aval de $27\text{hm}^3/\text{an}$ qui permettraient la recharge de la nappe alluviale et assurer un soutien au pouvoir épurateur de L'oued Seybouse à l'aval de la commune de Dréan.

4. Au final, cette contribution apporte un éclairage sur les possibilités qu'offre en Algérie, cette ressource en eau non conventionnelle qui constitue en usage conjoint avec les eaux météoriques une solution alternative, sous les conditions des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé requises de qualité.

Cet usage conjoint serait, par rapport à la ressource en eau conventionnelle, économiquement fort avantageuse. Ce mode de mobilisation par le recours au réservoir de stockage du mélange "eaux usées épurée -eau météorique", devra donc ouvrir de larges perspectives tendant à compenser, réduire voire enrayer de déficit en eau particulièrement en agriculture.

Mots clés : eaux usées épurées, GPS-X[®], périmètres irrigués, modélisation.

Abstract

This thesis is articulated on three parts, the first exposes the controversial issue of the Reuse of purified wastewater perceived as "potential" and "threat" this paradigm thus conditions the use of this unconventional resource for agricultural purposes under the constraints standards established by the World Health Organization.

The theoretical capacity of this treatment system, planned at 67000 m³/day and 107000 m³/day respectively by 2025 and 2035, should treat domestic wastewater from the Annaba Techno pole; which represents 80% of the wastewater to be purified produced on the territory of the wilaya.

A volume of purified water of 20 hm³ /year will be transferred by a pressure pipe over a length of 35 km to be stored in the Mahcha dam with a maximum volume and minimum volume respectively of 13 hm³ and 3 hm³. This reservoir will then jointly regulate the purified wastewater and rainwater from natural inputs from the Wadi El-Khanka watershed tributary to the left bank of Wadi Seybouse.

The second and third parts are entirely dedicated to the cardinal object of the research theme.

This contribution is then dedicated to a strategic foresight methodology, devoted to the application and implementation, of three software tools:

1. The GPS-X[®] code designed and developed by Hydromantis; this tool made it possible to make simulations with a view to assessing the performance of clarifiers in the Annaba WWTP and thus to measure the degree of purification with regard to the required standards subject to pollution parameters such as COD, BOD₅, nitrogen and total phosphate, with respective values of 90, 30, 10 and 4 mg/l.
2. The Linpro Software code, developed and developed on the basis of the Simplex method (Dandzig), has been applied for the optimization of the combined use of "treated wastewater-rainwater" in agriculture. The results show an optimal average economic value of 0,182 million DA / ha, irrigated with a Useful Agricultural Area of 3.000/5.000 ha of cropping with 14 hm³, or 87,5% of the total demand of 16 hm³; the rest should irrigate a useful agricultural area of 267/2.000 ha reserved for arboriculture.

3. The modeling, in application of the Spine Cubic function under Matlab of the Mahcha dam filling curve, made it possible to simulate, over a 43 year period, the "supply-demand" confrontation in water for irrigation at from this dam. This numerical application has shown that the regulation of the mixture "Wastewater Purified and rainwater" revealed on the one hand, an average annual deficit of 5,7 hm³ corresponding to 1.147 ha non irrigated and, on the other hand the impact generated by the surplus (a spill) downstream of 27 hm³/year that would allow the recharge of the alluvial aquifer and provide support for the purifying power of Wadi Seybouse downstream from the town of Dréan.
4. In the end, this contribution sheds light on the possibilities offered in Algeria by this unconventional water resource which, in conjunction with meteoric waters, constitutes an alternative solution under the conditions of the WHO standards required for quality.

Key words: treated wastewater, GPS-X®, irrigated perimeters, modeling.

Table des matières.

ملخص	i
Résumé.....	iii
Abstract.....	v
Table des matières	viii
Liste des figures.....	xii
Liste des tableaux	xiv
Abréviations.....	xv
Avant propos.....	1
Introduction générale	3
Chapitre 1. Les eaux usées épurées potentiel et menace.....	7
1. Définition et typologie des eaux usées	7
1.1. Définition	7
1.2. Typologies	7
1.2.1. Eaux usées domestiques	7
1.2.2. Eaux usées industrielles	8
1.2.3. Les eaux agricoles	8
1.2.4. Les eaux pluviales " dites nuisibles "	8
1.3. Etat de l'art et de la connaissance technologique : synthèse bibliographiques sur la REUE	9
1.3.1. Historique et perspectives:	9
1.3.1.1. Dans le monde :	9
1.3.1.2. En Algérie :	10
1.4. Avantages et limites de la réutilisation de l'eau usée :	11
Chapitre 2. Risques et dangers sanitaires de l'utilisation des eaux usées	14
2.1. Notion de risque	14
2.2. Danger microbiologique	14
2.2.1. Agent biopathologique dans les eaux usées	15
2.2.1.1. Protozoaires	15
2.2.1.2. Les helminthes	15
2.2.1.3. Bactéries dans les eaux usées	15
2.2.1.4. Virus dans les eaux usées :	16
2.3. Les paramètres microbiologiques : recommandation OMS pour une REUE	16
2.3.1. Les paramètres microbiologiques pour une REUE : Notion de germes témoins... ..	16
2.4. Les recommandations de l'OMS	17
Chapitre 3. Usage d'eau usée épurée et niveaux de traitements	19
3.1. Usage d'eau usée épurée	19
3.1.1. Le secteur urbain et périurbain :	19
3.1.1.1. Réutilisation pour un usage alimentaire (eau potable)	19
3.1.1.2. Réutilisation pour un usage non-alimentaire :	19

3.1.1.3. Le secteur industriel	20
3.1.1.4. Le secteur agricole	21
3.2. Différents niveaux de traitement des eaux usées avant réutilisation	22
3.3. Production directe et indirecte d'eau potable à partir d'eaux usées	24
3.3.1. Production directe	24
3.3.2. Production indirecte	25
3.4. Evaluation économique des filières de réutilisation des eaux usée	25
3.4.1. Dans le monde	25
3.4.2. En Algérie	26
 Chapitre 4. La station d'épuration de la ville d'Annaba	 32
4.1. Les caractéristiques de la station d'épuration	32
4.1.1. Localisation	32
4.1.2. Procédé de traitement	32
4.1.3. Caractéristiques des ouvrages la STEP	33
4.1.3.1. Equivalents-habitants et capacité de traitement	33
4.1.3.2. Filières d'épuration	34
a. Filière eau	34
b. Filière boues	34
 Chapitre 5. Modélisation du fonctionnement du Clarificateur	 36
5.1. Le modèle théorique de la structure et du fonctionnement : applications sur le logiciel GPS-X®	36
5.1.1. Présentation du logiciel	36
5.1.2. Adaptation du système épuratoire de la STEP d'Annaba sur le logiciel GPS-X® ..	38
5.1.2.1. Les données d'entrée	38
5.1.2.2. Fonctions d'un clarificateur secondaire	40
5.1.3. Structuration de la base de données des EU de la STEP d'Annaba	40
5.2. Simulation des performances du système épuratoire et analyse comparée avec	41
5.2.1. Les valeurs prescrites dans l'étude de la réalisation de la STEP d'Annaba (données théoriques OTV)	41
5.2.2. Les valeurs des données d'exploitation de la STEP fournies par l'OTV/ONA	43
5.2.3. Adaptation conceptuelle à ce logiciel du système épuratoire de la STEP d'Annaba sur le logiciel GPS-X®	43
5.2.4. Définition de scénarios de simulation de la qualité de l'eau usée brute en vue de:	47
5.2.4.1. La simulation des performances des segments du système d'épuration : cas de la clarification	47
5.2.4.2. Comparaison des résultats obtenus de simulation avec les valeurs guides prescrites dans le projet contractuel DRE ANNABA/OTV de l'étude de la STEP de la Ville d'Annaba	48
5.3. Résultats et interprétation	51
5.4. Conclusion	52

Chapitre 6. Analyse de l'espace agropédologique de la plaine d'El-Hadjar	53
6.1. Introduction	53
6.2. Localisation	53
6.3. Définition et analyse du système agro pédologique de la zone d'étude d'après IFAGRARIA, 1967	53
6.3.1. Situation et perspectives agro économiques	53
6.3.2. Aménagements hydro agricoles projetés	55
6.3.3. Répartition des cultures sur le périmètre	55
6.4. Caractéristiques agro pédologiques et surfaces utiles des sols à irriguer par le Barrage Mahcha	55
6.4.1. Types de sols, et surfaces irrigables	55
6.4.1.1. Classe II	55
6.4.1.2. Classe III	55
6.4.1.3. Classe IV	56
6.4.1.4. Classe V	56
6.4.2. Aptitude à l'irrigation	56
6.4.3. Occupation des sols et assolements	58
6.5. Conclusion	59
Chapitre 7. Etude des besoins en eau des groupes de cultures proposés sur le périmètre d'El-Hadjar	60
7.1. Choix adapté d'une méthodologique	60
7.1.2. Les modèles de calculs des besoins en eau des cultures	60
7.1.2.1. Le modèle de Penmann-Montieth (Allen et al. 1998) in Malkia R., 2016)	60
7.2. Les données utilisées	63
7.2.1. Les données climatiques	64
7.2.2. Les données pédologiques	64
7.3. Les résultats	64
7.4. Interprétation	64
7.5. Conclusion	65
Chapitre 8. Etude de l'optimisation de l'usage du mélange eau pluviale EUE en agriculture:	66
8.1. Présentation de la démarche	66
8.1.1. Les modèles de calculs des besoins en eau des cultures	66
8.1.1.1. Objectif et outils	66
8.2. Définition du modèle mathématique	67
8.2.1. Formulation de la fonction objectif	67
8.2.2. Valeurs des coefficients économiques des groupes de cultures	67
8.3. Résultats et interprétation	68
8.3.1. Résultats	68
8.3.2. Interprétation	69
8.4. Conclusion	70

Chapitre 9. Caractéristiques techniques des transferts des EUE de la STEP d'Annaba vers le barrage Mahcha	71
9.1. Localisation du barrage Mahcha	71
9.2. Rappel du projet de barrage et potentiel d'utilisation	72
9.3. Fonctionnement du barrage et adduction en EUE	72
9.3.1. Les modèles de calculs des besoins en eau des cultures	72
9.3.1.1. Fonctionnement alternatif en "charge décharge"	72
9.3.1.2. Fonctionnement toute l'année en charge	72
9.4. Organisation du transfert et de l'adduction	72
9.4.1. Projet ANBT	72
9.4.2. Qualité requise des EUE	73
9.4.4. Infrastructures et équipements à prévoir	73
9.5. Conclusion	74
Chapitre 10. Modélisation du fonctionnement du barrage Mahcha	75
10.1. Localisation du barrage Mahcha	75
10.2. Une problématique de gestion connexe	75
10.3. Caractéristiques du barrage, évaporation et demande en eau agricole	75
10.4. Approche méthodologique et outils	77
10.4.1. Etapes d'élaborations de l'outil	77
10.4.1.1. Formulation mathématique du système global de fonctionnement d'un barrage-réservoir	78
10.4.1.2. Deuxième étape : Confrontation de l'offre demande à l'horizon 2035 : Schéma synoptique du fonctionnement du système d'Offre/Demande	79
10.5. Résultats, commentaires et suggestions	80
10.6. Conclusion	81
Chapitre 11. Impact éco environnemental de l'aménagement hydro agricole	82
11.1. Coût économique optimal de la production agricole du périmètre d'El Hadjar	82
11.2. Impact de la régularisation par le barrage Mahcha du mélange "EUE-Eau Météorique"	82
11.2.1. Impact des déficits en eau	82
11.2.2. Impact du déversement (surplus)	83
11.3. Conclusion	83
Conclusion générale.....	84
Bibliographie.....	85
Annexe	92

Liste des figures

Figure 1.1: Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines (V. Lazarova, 1998)	10
Figure 1.2 : Volume moyen journalier des eaux usées recyclées en Europe et quelques pays de la Méditerranée (données pour les années 2000-2003, adaptées de Jiménez et Asano, 2007).....	11
Figure 1.3: Volume annuel des eaux recyclées (m ³ /an) utilisant les plus grandes quantités d'eau usée traitée aux pays du Proche-Orient (FAO, 2016)	11
Figure 1.4. Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation (en m ³ /jr). (Condom, 2012).....	12
Figure 1.5 : Potentiel de réutilisation de l'EUE en Algérie (source : PNE-MRE, 2010)	13
Figure 3.1 : Principales filières de traitement pour la réutilisation agricole des eaux résiduaires urbaines (d'après Lazarova V., 1999).....	20
Figure 3.2 : Niveaux de traitement recommandés pour les différents types de réutilisation des eaux résiduaires urbaines (source : Ecosse D., 2001)	23
Figure 3.3: Investissement estimé pour les installations d'épuration d'eaux usées recyclées, en US\$ (1996) (d'après V. Lazarova, 1999)	27
Figure 3.4 : Répartition des STEP sur le territoire national (source : ONA, 2016)	30
Figure 4.1 : Situation géographique de la STEP d'Annaba	33
Figure 4.2 : Situation des ouvrages de la STEP d'Annaba	35
Figure 4.3 : Schéma des deux filières eau/boue dans la STEP d'Annaba (source : OTV-DRE, 2007)	35
Figure 5.1 : Schéma de la filière d'une STEP sous GPS-X [®]	37
Figure 5.2 : unité de traitement par boues activées (Source : Sadowski, 2009)	39
Figure 5.3 : vue en coupe d'un clarificateur cylindrique (Source : Sadowski, 2009).....	40
Figure 5.4 : Configuration avec 6 clarificateurs (horizon 2020 et 2025)	46
Figure 5.5 : configuration avec 8 clarificateurs (horizon 2035)	46
Figure 5.5: Simulation des débits théorique en temps pluvieux max. horizon 2020	47
Figure 5.6: Simulation des débits théorique en temps pluvieux max. horizon 2035	47
Figure 5.7: Simulation des débits théorique en temps pluvieux max. horizon 2035	47
Figure 5.8: Moyenne max. en temps pluvieux des débits (m ³ /j)	48
Figure 5.9: Moyenne max. en temps pluvieux des concentrations des MES, DCO et DBO ₅ (mg/l)	48
Figure 5.10: Moyenne max. en temps pluvieux des concentrations des Nt, et Pt (mg/l)	48
Figure 5.11 : Moyenne max. en temps sec des débits (m ³ /j)	50
Figure 5.12 : Moyenne max, en temps sec des concentrations (mg/l) des MES, DCO et DBO ₅	50

Figure 5.13 : Moyenne max. en temps sec des concentrations (mg/l) de Nt et Pt.....	50
Figure 6.1 : Carte des sols et localisation du périmètre	54
Figure 6.2. Caractéristiques des sols irrigables (type II et III) du périmètre d'El-Hadjar (ex. Duzerville) synthèse.....	57
Figure 10.1 : Localisation et schéma du système de l'offre demande du barrage Mahcha	76
Figure 10.2: Schéma de principe de la confrontation Offre/Demande en eau (Source Nafaa K., 2008)	79
Figure 10.3 : La courbe de remplissage empirique du barrage Mahcha.....	80
Figure 1.1: Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines (V. Lazarova, 1998)	10
Figure 1.2 : Volume moyen journalier des eaux usées recyclées en Europe et quelques pays de la Méditerranée (données pour les années 2000-2003, adaptées de Jiménez et Asano, 2007).	11
Figure 1.3: Volume annuel des eaux recyclées (m ³ /an) utilisant les plus grandes quantités d'eau usée traitée aux pays du Proche-Orient (FAO, 2016) ...	11

Liste des tableaux

Tableau 3.1 : Différent modes de traitement recommandés en fonction du type de réutilisation des eaux usées (d'après V. Lazarova, 1999)	24
Tableau 5.1: Eaux brutes en entrées a la STEP (OTV, 2007)	41
Tableau 5.2 : Objectif de traitement des eaux usées (OTV, 2007)	42
Tableau 5.3: Rendements de décantation primaire des eaux usées (OTV, 2007)	42
Tableau 5.4 : eau décantée (OTV, 2007)	42
Tableau 5.5 : Eaux à traiter par filière biologique (OTV, 2007)	42
Tableau 5.6: Eaux à traiter par clarification (OTV, 2007)	43
Tableau 5.7 : Maximum Mensuel de temps pluvieux (OTV, 2011,2012; ONA, 2013-2016)	44
Tableau 5.8 : Maximum Mensuel de temps Sec (OTV, 2011,2012; ONA, 2013-2016)	45
Tableau 5.9 : Moyenne Max. Pluvieux exploitation 2011-2015	49
Tableau 5.10 : Moyenne Max. Pluvieux exploitation 2011-2015	49
Tableau 5.11 : Moyenne Max. sec. exploitation 2011-2015	49
Tableau 5.12 : Moyenne Max. Sec Exploitation 2011-2015	49
Tableau 6.1 : Classe de sol II du Profil 17 :	56
Tableau 6.2 : Classe de sol III du Profil 31 :	57
Tableau 6.3 : Cultures et assolements dans le périmètre d'El Hadjar (IFAGRARIA, 1967)	58
Tableau 6.4 : Répartition des cultures sur les sols irrigables	58
Tableau 7.1 : Valeurs moyennes de l'évapotranspiration de référence	64
Tableau 7.2 : Besoins en eau des groupes de cultures du périmètre d'El-Hadjar	65
Tableau 8.1 : Valeurs optimales des variables de décision (ha) et de la fonction objectif (103 DA/ha)	69
Tableau 10.1 : Caractéristiques du Barrage (ANBT, 1990)	76
Tableau 10.2 : Evaporation mensuelle moyenne en mm barrage Bounamousa	77
Tableau 10.3 : Demandes en eau agricole mensuelle du périmètre d'El-Hadjar en hm ³	77
Tableau 10.4 : Présent le système d'équations du bilan et du fonctionnement d'un barrage-réservoir	78
Tableau 10.5 : Côte NGA, hauteur de la digue et volume correspondant dans le barrage Mahcha	79
Tableau 10.6 : Coefficients des segments de la courbe de fonctionnement du barrage Mahcha $V = f(h)$	80
Tableau 10.7 : Déficits moyen annuel, SAU non irriguée, surplus (déversements) et volumes restants moyen mensuels	80
Tableau 11.1: Prix de revient du m ³ de la REUE (avec/sans le transfert vers le barrage Mahcha)	82
Tableau 3.1 : Différent modes de traitement recommandés en fonction du type de réutilisation des eaux usées (d'après V. Lazarova, 1999)	24
Tableau 5.1: Eaux brutes en entrées a la STEP (OTV, 2007)	41

Abréviations

ANBT	Agence national des barrages et transfères
ANRH	Agence national des ressources hydrauliques
CAG	Charbon actif en grains
CF	Coliformes fécaux
CIID	Commission international de l'irrigation et du drainage
CPHE	Côte des plus hautes eaux
CRN	Côte de la retenue normale
CT	Coliformes totaux
DA	Dinars algériens
DBO ₅ ,	Demande biologique en oxygène pendant 5 jours
DCO	Demande chimique en oxygène
DP	Percolation en profondeur
DRE	Direction des ressources en eau
EH	Equivalent habitant
EM	Eau météorique
EP	Eau pluviale
ETM	Evapotranspiration maximale
EU	Eau usée
EUC	Eau usée commerciale
EUE	Eau usée épurée
FAO	Food and agriculture organization
GPI	Grand périmètre d'irrigation
GPS-X [®]	General purpose simulator
ha	Hectare
hr	Heure
hm ³	Hectomètre cube
j	Jour
Kc	Coefficient cultural
MES	Matière en suspension
MDA	Millions de dinars algériens
m ³	Mètre cube
NGA	Nivellement Général d'Algérie
NGL	Azote globale
Nt	Azote total
NTK	Azote total Khejaldbak
OI	Osmose inverse
OMS	Organisation Mondiale de Santé
ONA	Office national d'assainissement
pH	Potentiel hydrogène
PMH	Petite et moyenne hydraulique
Pt	Phosphore totale
REUE	Réutilisation des eaux usées épurées
RO	Perdue par ruissellement
SAU	Surface agricole utile
STEP	Stations d'épuration
UFC	Unités formant colonies

Avant propos

Avant propos

Les concepts de planification, de prospective, de stratégie, sont dans la pratique intimement liés, chacun appelle les autres et s'y mêle : on parlera de planification stratégique, de management et de prospective stratégique. (Godet M., 1997). Cet auteur affine son analyse en présentant la définition et concept associés de chacune de ces approches qui renvoient à un référentiel de définitions, de problèmes et de méthodes dont la spécificité est d'autant moins établie que le langage n'est pas stabilisé. (Godet M., 1997).

Ces concepts ont évolué à travers les époques et sont ainsi définis :

- **La planification stratégique :**

Concept apparu à la fin des années soixante (Ansoff I., 1989) pour traduire le fait que la planification d'entreprise devait de plus en plus tenir compte des turbulences de l'environnement (dit stratégique) et adapter ses objectifs en conséquence.

- **Le management stratégique :**

Concept lancé au milieu des années soixante-dix toujours par (Ansoff I., 1989), pour mettre en avant les conditions qui permettent aux structures et aux organisations de s'adapter dans un monde de plus en plus turbulent.

- **La prospective stratégique :**

Concept des années quatre-vingt-dix où l'anticipation de la prospective est mise au service de l'action stratégique et du projet d'entreprise (Godet M., 1997); cet auteur souligne que la mise en œuvre de cette prospective stratégique se projette par des **scénarios** : jeux cohérents d'hypothèses conduisant d'une situation origine à une situation future.

Pour davantage éclairer le lecteur sont ci-après donnés quelques mots clé relatifs au concept de la stratégie :

- **Stratégie :**

Ensemble des règles de conduite d'un acteur lui permettant d'atteindre ses objectifs et son projet. Au concept de stratégie est associé celui de **Tactique** : presque toujours au pluriel, défini comme voies et moyens pour parvenir aux objectifs de la stratégie en fonction des circonstances.

- **Planification :**

Consiste à concevoir un futur désiré ainsi que les moyens réels y parvenir. (Ackoff L., 1973)

- **Prospective :**

Anticipation pour éclairer l'action. Cette "indiscipline intellectuelle" (Masse P., 1973), s'attache à voir "loin, large et profond" (Berger G., 1959), mais aussi autrement et ensemble.

En d'autres termes, la vision globale, volontariste et à long terme s'impose pour donner un sens à l'action.

L'anticipation et l'action entretiennent une relation dialectique permanente. Cette dialectique repose sur deux logiques différentes, mais complémentaires qui peuvent se résumer par deux questions : Que peut-il advenir ? Que puis-je faire ? (Hugues J., 1967).

Face à l'incertitude et aux potentialités de l'avenir, Michel Godet, distingue pour la prospective trois attitudes: passive (subir le changement), réactive (attendre le changement pour réagir) et prospective dans le double sens de la pré-activité et de la pro-activité. La pré-activité, écrit-il, c'est se préparer à un changement anticipé alors que la pro-activité, c'est agir pour provoquer un changement souhaitable (Godet M., 1997).

Chapitre 1.
Définition et typologie
des eaux usées

Chapitre 1.

Les eaux usées épurées : Problématique contrastée, menace et potentiel

Il existe une différence fondamentale entre le traitement des eaux naturelles, qui a pour fonction de les transformer en eau potable et, l'épuration des eaux usées rejetées par le consommateur après divers usages, à cette fin l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la pollution organique, microbiologique et chimique dont elles sont chargées avant leur rejet dans le milieu naturel. :

1. Définition et typologie des eaux usées :

1.1. Définition :

Les eaux usées sont des eaux naturelles qui au cours de leur cycle hydrologique et/ou anthropologique ont subi des transformations qualitatives caractérisant des pollutions de diverses catégories; on distingue les eaux usées domestiques, industrielles, agricoles et pluviales (nuisibles).

1.2. Typologies :

1.2.1. Les eaux usées domestiques :

Produite par les différents usages domestiques, cette catégorie d'eau est essentiellement porteuse de pollution organique. Elles se répartissent :

- ✓ en **eaux ménagères**, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants et de débris organiques, etc.
- ✓ et en **eaux vannes**, il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée à :

- de 70 à 90 grammes de matières en suspension;
- de 60 à 70 grammes de matières organiques;
- de 15 à 17 grammes de matières azotées;
- de 4 grammes de phosphore;
- de plusieurs milliards de germes pour 100 ml.

1.2.2. Les eaux usées industrielles :

Très différentes des précédentes, car les eaux usées industrielles en plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

Certaines d'entre elles doivent, avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, faire l'objet d'un prétraitement afin qu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas de ce fait, le fonctionnement des systèmes d'épurations (STEP).

1.2.3. Les eaux agricoles :

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable, car, elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses.

Les épandages d'engrais nitrates et phosphatés sous une forme ou en quantité tel qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes conduisent, à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. Parmi les polluants d'origine agricole, il faut tenir compte aussi des détergents se dispersant lors des applications de traitement des cultures (Gomella et Guerre, 1978).

1.2.4. Les eaux pluviales" dites nuisibles" :

En période de temps pluvieux, les eaux pluviales peuvent engendrer d'importantes pollutions des cours d'eau, notamment à la suite d'épisodes orageux; au contact de l'air (fumées industrielles, cendre d'incinération), l'eau de pluie se charge d'impuretés puis, en ruisselant, elle entrainerait des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...).

En outre, lorsque le système d'assainissement est de type "unitaire", les eaux pluviales se mélangent aux eaux usées domestiques, dans cette situation, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement ("délestage") de ce "mélange" très pollué dans le milieu naturel.

Enfin, dans les zones urbaines, la forte imperméabilisation des sols dans les zones urbaines augmente le risque d'inondation qui s'ajoute à celui de la pollution. Cette situation accentue la vulnérabilité du milieu.

1.3. État de l'art et de la connaissance technologique : Synthèses bibliographiques sur la REUE:

1.3.1. Historique et perspectives:

1.3.1.1. Dans le monde :

La REUE, a durant la dernière décennie, connu un développement très rapide qui en Europe, aux États Unis et en Chine, les volumes d'EUR, atteint le chiffre impressionnant 10 à 29 % par an, en Australie ils ont atteints 41 %.

Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5 à 1,7 hm³/j dans plusieurs pays, comme par exemple en U.S.A. (Californie, Floride), au Mexique et en Chine.

Selon une étude récente (Global Water Intelligence, 2005), seulement 5% des eaux usées traitées de la planète sont réutilisées à l'heure actuelle, ce qui représente un volume global d'environ 7,1 km³/an, soit 0,18 % de la demande mondiale en eau.

Estimée à environ 4.000 km³/an. Ce volume ne représente qu'environ 30 % des ressources d'eau douce renouvelables et facilement accessibles, estimées entre 10.000 km³/an et 14.000 km³/an (d'après les données de l'UNESCO, 2003) (cf. figure 1.2)

D'ores et déjà, certains pays (Australie, Californie, Floride, Israël, Jordanie, etc.) visent dans les 5 à 10 prochaines années, l'objectif de satisfaire 10 à 30 % de leur demande en eau par cette ressource alternative (non conventionnelle).

En Europe, Chypre et l'Espagne ont des objectifs des plus ambitieux : réutiliser 100 % des eaux usées à Chypre et, à Madrid, satisfaire 10 % de la demande en eau par la réutilisation en augmentant les volumes actuels d'eaux usées soumis à un traitement tertiaire de 62.240 m³/j à 96.000 m³/j en 2007 et à 140.000 m³/j en 2010 (Martinèz-Herrero, 2007). (figure 1.2).

Tandis que le Proche-Orient qui couvre 14% de la surface totale du monde dont il n'abrite qu'environ 10% de sa population, ses ressources en eau sont évaluées à moins de 2% de toutes les ressources en eau renouvelables dans le monde.

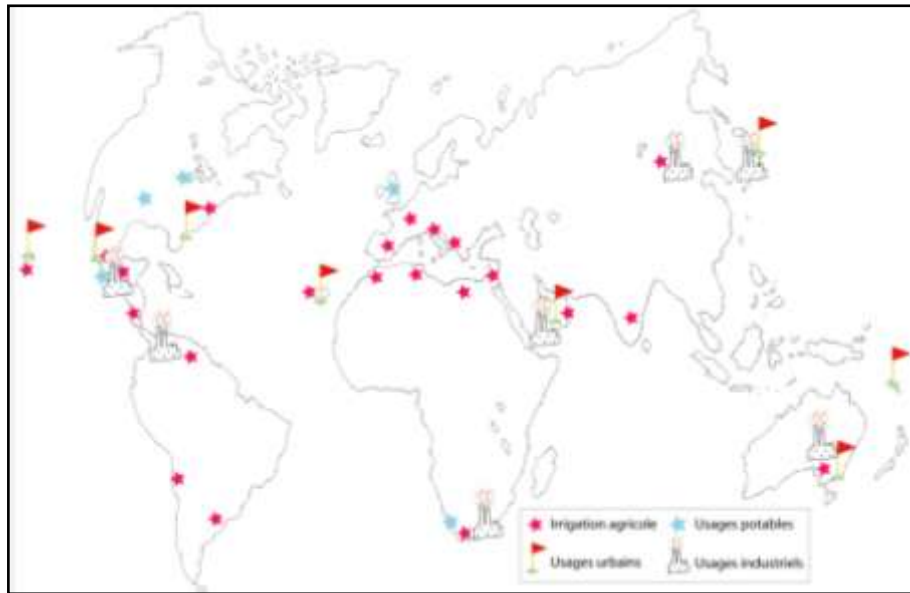


Figure 1.1: répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines (Lazarova V. et al., 1998)

La REUE urbaine n'est pas un nouveau concept; elle a acquis un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaires en eau; ce qui est particulièrement important pour des pays du Proche-Orient dont la plupart se situent sur des latitudes climatiques arides, voire semi-arides.

L'utilisation de l'eau en irrigation a été pratiquée, bien que sans contrôle, dans beaucoup de pays de la région.

En 1997, on estimait à 1.200 millions de m³/an la quantité d'EU traitée, utilisée pour l'irrigation dans des pays du Proche-Orient (Figure 1.3). Ceci aidera à résoudre partiellement le problème de la pénurie de l'eau et à faire face au problème environnemental impérieux du rejet des eaux usées.

Cependant, la protection de la santé publique et de l'environnement sont des préoccupations associées à la réutilisation, qui n'ont pas été sérieusement considérées dans un certain nombre de pays.

Afin de sauvegarder la santé publique et protéger l'environnement. Un contrôle de la qualité de la vie, est impératif pour veiller aux limites acceptables des risques sur la santé publique.

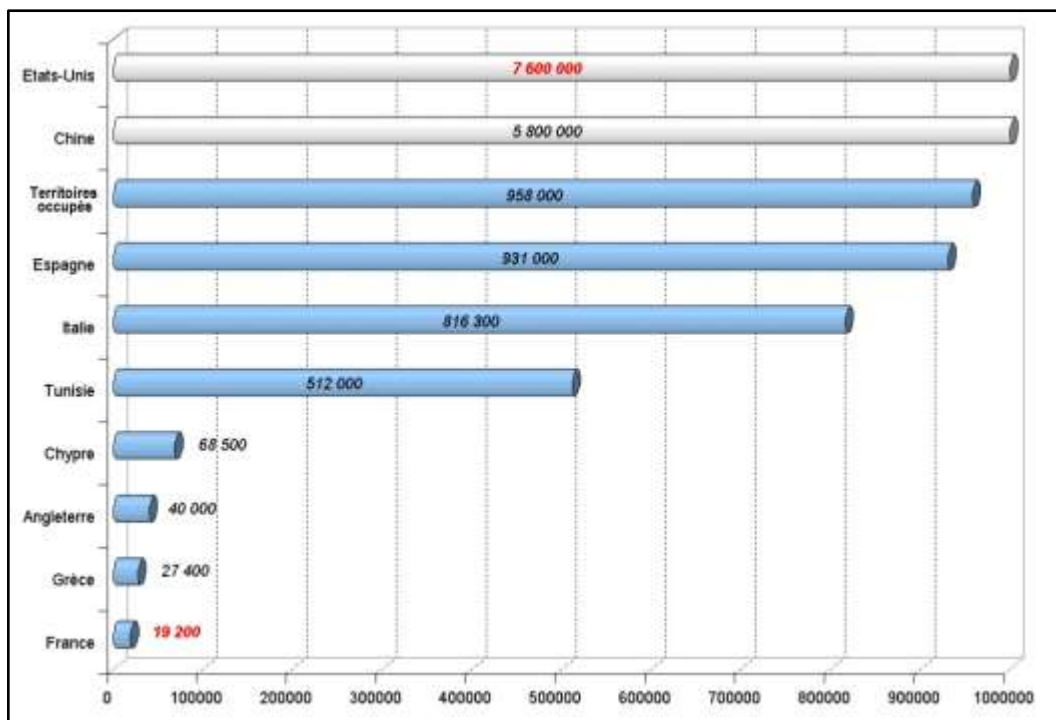


Figure 1.2 : Volume moyen journalier des eaux usées recyclées en Europe et quelques pays de la Méditerranée (données pour les années 2010-2013, (source : Lazarova, V. et Brissaud, F., 2017)

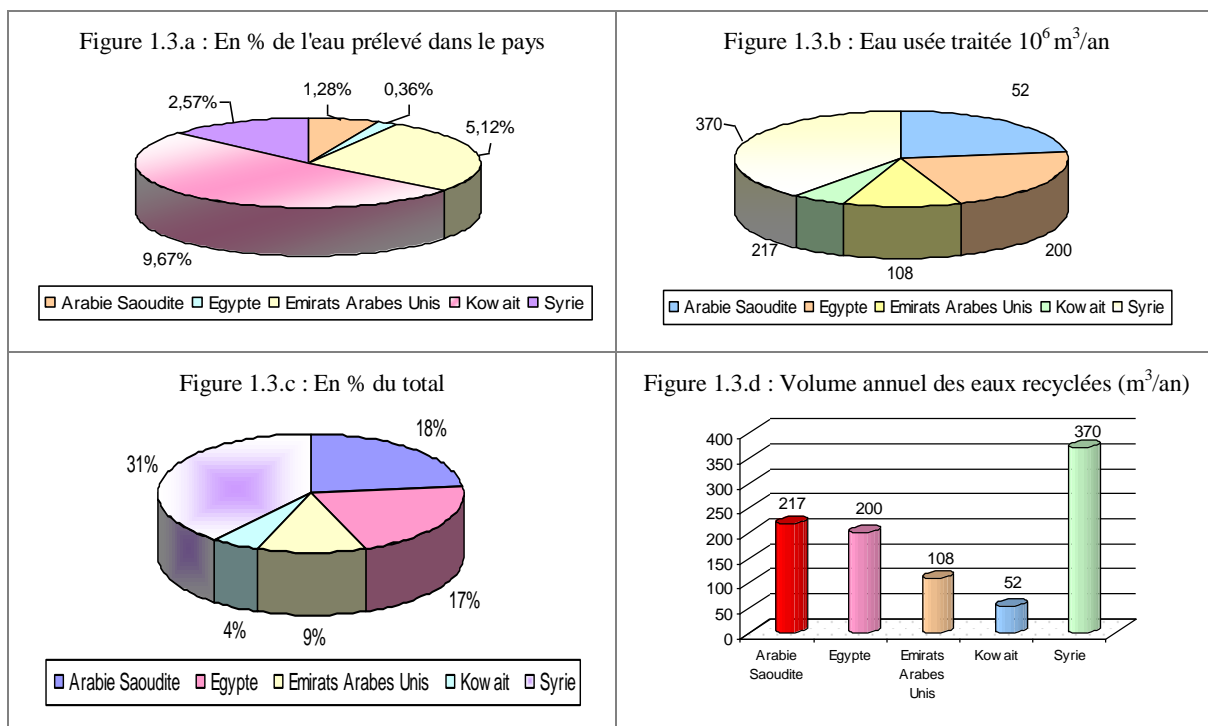


Figure 1.3: Volume annuel des eaux recyclées (m³/an) utilisant les plus grandes quantités d'eau usée traitée aux pays du Proche-Orient (FAO, 2016)

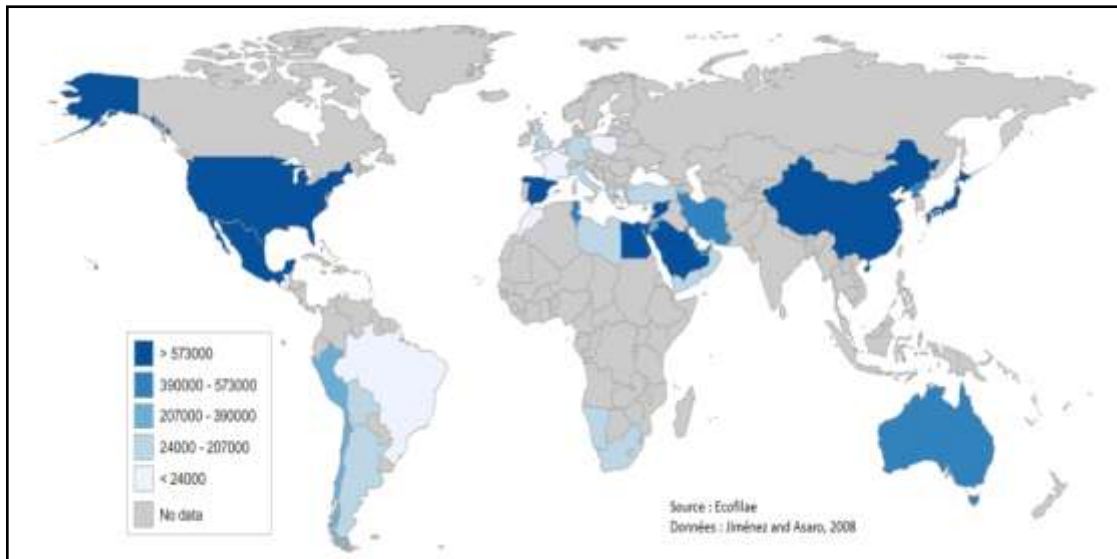


Figure 1.4. Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation (en m³/jr). (Condom, 2012)

1.3.1.2. En Algérie :

1- Du point de vue du potentiel en eaux usées épurées, en 2004, le volume d'EUC est estimé à 485,1 hm³/an, auquel correspondrait un volume d'EUE de 182,6 hm³/an. En 2030, le volume consommé d'eau potable sera de 1.782 hm³/an, et devrait générer un flux d'eaux usées évalué à 1.425 hm³/an.

Les systèmes épuratoires établis à l'échelle nationale pourront à long terme en traiter 762 hm³/an, qu'on projette d'utiliser, en partie dans l'irrigation des GPI (395 hm³/an), et en partie dans la PMH (367 hm³/an).

Il reste donc 100 hm³/an qui ne seront pas utilisés, leur mobilisation n'étant pas rentable économiquement (distances et/ou dénivelés par rapport aux lieux d'usage).

Les surfaces potentiellement irrigables dépendront d'un certain nombre de variables (hydro climatiques, agro pédologiques), des types de culture, et des modèles d'assolements adaptés, des politiques agricoles, difficilement chiffrables.

Notons qu'enfin et, à l'échelle nationale, le secteur de l'industrie bien qu'il présente un potentiel de REUE telle la sidérurgie d'El-Hadjar (Wilaya d'Annaba) n'est pas inscrit dans la stratégie des gestionnaires, le secteur municipal est encore moins enclin à s'orienter vers ce type d'usage des EUE.

2- Les critères de qualité requis pour la REUE doivent être conformes aux normes requises, pour garantir la protection des milieux récepteurs et permettre autant, leurs usages à des fins agricoles, sans risque critique sur la santé humaine; ceci devra être assuré par les

mesures de contrôle des paramètres tels : DBO₅, MES, DCO, microbiologiques, parasitologiques, physico-chimiques y compris les métaux lourds et éléments traces des produits de synthèse (détergents, engrais et phytosanitaires, rejets industriels divers sans traitement) .

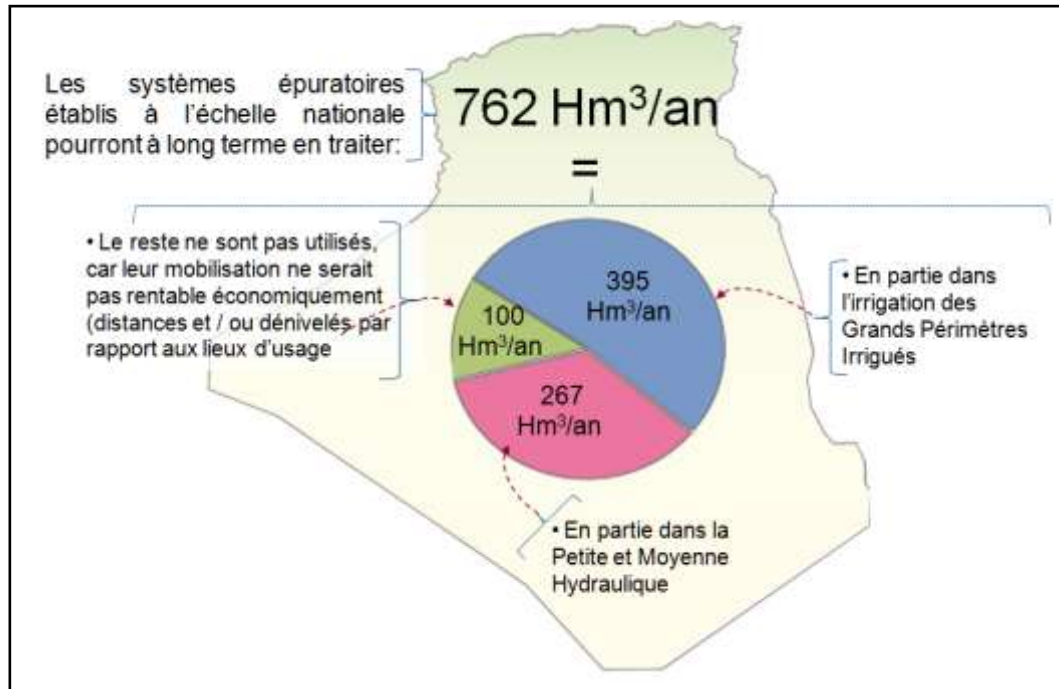


Figure I.5 : Potentiel de réutilisation de l'EUE en Algérie

(source : PNE-MRE, 2010)

1.4. Avantages et limites de la réutilisation de l'eau usée :

L'EU et d'autres eaux de mauvaises qualités sont importantes dans le contexte de la gestion globale des ressources en eau. En libérant des ressources d'eau douce pour l'approvisionnement domestique et d'autres usages prioritaires, la réutilisation apporte une contribution à la conservation de l'eau et de l'énergie et améliore la qualité de la vie.

L'EUE peut avoir des résultats agronomiques positifs; D'ailleurs, les systèmes d'utilisation d'EU, lorsqu'ils sont correctement planifiés et contrôlés, peuvent avoir un impact environnemental et sanitaire positif, en surplus des rendements agricoles accrus.

Chapitre 2.

**Risques et dangers
sanitaires de l'utilisation
des eaux usées**

Chapitre 2.

Risques et dangers sanitaires de l'utilisation des eaux usées

Les eaux usées constituent un puissant vecteur d'agents bio-pathologique (parasites, bactéries et virus) et chimiques (métaux lourds surtout) issus de l'activité humaine et/ou industrielle; à ce titre, l'impact de leur rejet serait très remarquable particulièrement dans les zones d'épandage.

Les risques sur la santé publique et animale sont provoqués par des pathologies qui peuvent être transmis directement lors du contact direct avec les eaux usées, ou indirectement par la consommation de cultures irriguées avec ces eaux usées, ou encore par des produits d'origine animale.

2.1. Notion de risque :

Trop souvent, l'isolement des agents pathogènes à partir des cultures, du sol ou de l'eau d'irrigation est considéré comme indicateur d'un risque potentiel pour la santé de ceux qui entreraient en contact avec l'élément contaminé.

Parfois, l'isolement même d'un germe non (ou exceptionnellement) pathogène, mais utilisé comme marqueur usuel de contamination (par exemple : *Escherichia coli*), suffit pour considérer que le risque est réel (Prost et Boutin, 1989). Selon Prost et Boutin (1989), on distingue trois niveaux de risque :

- Le risque théorique ou potentiel,
- Le risque expérimental,
- Le risque réel.

2.2. Danger microbiologique :

Le danger infectieux peut être estimé par la prévalence qui s'exprime par le pourcentage, relatif à un certain temps donné, des individus infectés dans une population. Elle donne la fréquence de la maladie au sein de la population.

La détermination de la prévalence donne une information importante sur les mesures préventives à prendre, car, le danger microbiologique est dû aux agents pathogènes véhiculés par les eaux usées (parasites, bactéries et virus).

2.2.1. Agent bio-pathologique dans les eaux usées :

2.2.1.1. Protozoaires :

Les **protozoaires** sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Les protozoaires pathogènes sont des organismes **parasites** qui se développent aux dépens de leur hôte; certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée **kyste**, sous cette forme ils peuvent généralement résister aux procédés de traitements des eaux usées.

2.2.1.2. Les helminthes :

Les **helminthes** sont des vers multicellulaires; comme les protozoaires, ils sont majoritairement des organismes **parasites**; leurs **œufs d'helminthes** sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées.

La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs/ml (Faby et Brissaud, 1997).

Les tableaux en annexe A regroupent les principaux protozoaires et helminthes que l'on trouve dans les eaux usées, avec les pathologies qui leur sont associées, éventuellement le nombre moyen de parasites que l'on trouve dans un litre d'EU et la principale voie de contamination du pathogène.

2.2.1.3. Bactéries dans les eaux usées :

Avec une taille comprise entre 0,1 et 10 µm, les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g (Asano T., 1998). La majorité de ces bactéries ne sont pas pathogènes; cependant, chez un hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important. Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire une grande quantité de matière carbonée et de nutriments, et une température relativement élevée (37 °C). Leur temps de survie dans le milieu extérieur, où les conditions sont totalement différentes, est donc limité (cf. annexe A).

Par ailleurs, se trouvant en compétition avec les bactéries indigènes, les bactéries pathogènes verront leur développement réduit.

Les eaux usées contiennent en moyenne 10^7 à 10^8 bactéries/ml. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 /l (Faby et Brissaud, 1997). Le nombre de germes peut être multiplié par 1.000 dans les eaux de rivières après un rejet urbain.

La voie de contamination majoritaire est l'ingestion, comme le montre le tableau en annexe A. Les bactéries pathogènes d'origine hydrique sont responsables de la mort de 3 à 10 millions de personnes par an dans le monde.

2.2.1.4. Virus dans les eaux usées :

De très petite taille (10 à 350 nm), les virus sont des organismes infectieux qui se reproduisent en infectant un organisme hôte (cf. annexe A); ils ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement.

L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour *Coronavirus* où elle peut aussi avoir lieu par inhalation, sont recensés la plupart :

- des virus rencontrés les eaux usées et les symptômes de la maladie qui leur est associée ;
- éventuellement le nombre moyen de virus évalué dans un litre d'EU ainsi que la voie de contamination principale.

2.3. Les paramètres microbiologiques : recommandation OMS pour une REUE :

2.3.1. Les paramètres microbiologiques pour une REUE : Notion de germes témoins :

On constate que les normes ne prennent pas en considération les rejets microbiologiques des eaux usées, principal facteur du risque sanitaire. Les recommandations nationales et internationales sur la REUE fixent donc, en sus des normes chimiques précédentes, des normes microbiologiques, contrôlées grâce à la mesure de la concentration en germes témoins.

Rechercher les organismes pathogènes de manière spécifique est trop coûteux et aléatoire, c'est pourquoi l'on s'intéresse aux concentrations de germes témoins (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux en général) pour estimer la population de pathogènes.

En effet, il existe une corrélation entre la présence de ces bactéries témoins et la présence de bactéries pathogènes. Cependant, cette estimation de la contamination de l'eau par l'utilisation de germes témoins n'est pas toujours suffisante;

En effet, certains micro-organismes "échappent" à cette surveillance : il s'agit essentiellement des formes de résistance des protozoaires (kystes) et des œufs d'helminthes. Ainsi, une épidémie à Milwaukee en 1993 aux États-Unis a mis en évidence les failles du système de surveillance sanitaire.

En quelques mois, 400.000 cas de gastro-entérites ont été identifiés (dont 80 cas mortels), et si l'origine hydrique de la contamination était suspectée, aucun indicateur de suivi de la qualité de l'eau ne l'avait signalée.

L'accident de Milwaukee a aussi mis en évidence les limites des traitements de désinfection au chlore, qui sont relativement inefficaces contre les virus et les formes de résistance des parasites (kystes de protozoaires et œufs d'helminthes). Les autres modes de traitement (membrane, lagunage, etc.) sont aujourd'hui en pleine essor.

2.4. Les recommandations de l'OMS

Afin de garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures. Il existe deux grands groupes de normes : les recommandations de l'OMS (1989) et la réglementation californienne "titre 22" (1978). L'objectif principal est d'éliminer les risques sanitaires.

Ainsi, pour l'irrigation sans restriction, la pollution microbiologique des eaux usées utilisées doit, selon l'OMS, rester au-dessous de 1.000 (CF)/100 ml et moins de 1 œuf d'helminthe/l.

Le "Titre 22" californien fixe des restrictions plus sévères, voire l'absence totale de germes-tests: moins de 2,2 (CT)/100 ml. Dans certains pays, les normes sont draconiennes pour les végétaux destinés à la consommation. Ainsi, l'Afrique du Sud exige une qualité d'eau potable pour cette application; l'état d'Arizona a introduit l'absence de virus comme nouveau paramètre microbiologique;

Dans les pays où les normes existantes sont très sévères (Australie, États-Unis, certains pays du Moyen-Orient), un traitement secondaire est obligatoire, et parfois, en sus, un traitement tertiaire.

La dernière édition des recommandations de l'OMS relative à la réutilisation des eaux usées en agriculture a été publiée en septembre 2006; dans cette nouvelle édition, une approche plus contemporaine et plus souple est proposée, basée sur les données épidémiologiques disponibles et sur un processus d'évaluation quantitative des risques sanitaires. Ce parti pris, qui consiste à fonder une réglementation sur une démarche scientifique, est radicalement novateur et n'a d'équivalent que dans la réglementation australienne (NRMMC-EPHC, 2006).

Un autre principe essentiel adopté par l'OMS est de proposer des recommandations qui assurent le même niveau de protection qu'il s'agisse de l'alimentation en eau potable, de la réutilisation des eaux usées ou de la baignade.

Dans le cas de l'irrigation de produits consommés crus (ou réutilisation sans restriction), une réduction de 6 (dans le cas d'une laitue) à 7 (dans le cas des oignons) unités logarithmiques de la concentration en pathogénies est recommandée entre l'eau usée brute et l'eau qui demeure sur le légume ou le fruit consommé.

Cette réduction peut être envisagée soit comme obtenue en cumulant l'effet du traitement, de l'abattement naturel des germes dans l'environnement et du lavage des produits consommés, soit en comptant uniquement sur le traitement de l'EU, soit par les effets cumulés du traitement et de l'irrigation localisée ou d'autres combinaisons encore.

Dans le premier cas, le traitement doit permettre d'atteindre une désinfection telle que la concentration en *Escherichia Coli* soit inférieure à une valeur acceptée entre 10^3 et 10^4 UFC/100 ml et, dans le cas d'un traitement seul, entre 10 (pour la laitue) et 1 (pour les oignons) UFC/100 ml.

On voit ainsi que, selon que l'on compte ou non sur l'abattement naturel des germes pathogènes dans le milieu naturel et sur diverses mesures de contrôle de la contamination, le niveau de désinfection que le traitement doit garantir diffère considérablement.

Ces nouvelles recommandations de l'OMS couvrent uniquement l'irrigation agricole. L'irrigation des terrains de golf et des espaces verts n'y est pas prise en compte. L'aspersion n'est que rapidement évoquée; elle n'a pas fait l'objet d'évaluation quantitative des risques, faute de références relatives aux doses infectantes par voie respiratoire et de données suffisantes pour une évaluation quantitative de l'exposition au risque.

Chapitre 3 .

Usage d'eau usée épurée et niveaux de traitements

Chapitre 3.

Usage d'eau usée épurée et niveaux de traitements

3.1. Usage d'eau usée épurée :

3.1.1. Le secteur urbain et périurbain :

3.1.1.1. Réutilisation pour un usage alimentaire (eau" potable") :

Le progrès technologique du métier de l'eau permet de produire une eau de très bonne qualité, même à partir des eaux usées. De nombreuses études ont conclu à l'absence d'objection pertinente à la réutilisation des eaux résiduaires correctement traitées à des fins potables.

Toutefois, les principales contraintes pour ce type d'usage sont psychologiques et culturelles associées à la perception de l'EU comme dangereuse et malsaine. De ce fait, la tendance principale aujourd'hui est l'usage indirect, après un séjour temporaire de l'eau usée traitée dans le milieu naturel.

Ce type de réutilisation peut, en fonction de la destination de l'eau réutilisée, peut être classé soit dans la catégorie de réutilisation potable, soit pour des usages non potables.

Dans le premier cas, il faut souligner l'impact psychologique très positif de ce détour par le milieu naturel qui permet à l'eau destinée à la réutilisation de perdre son identité d'EU (P. Renaud et al., 1997).

3.1.1.2. Réutilisation pour un usage non-alimentaire :

Les usages urbains et périurbains des eaux usées correctement traitées se développent rapidement et deviennent un élément fondamental de la politique de gestion intégrée de l'eau dans les grandes agglomérations (P. Renaud et al., 1997), d'après ce même auteur plusieurs municipalités du Japon (pionnier des pays développés : 8 % du volume total des eaux usées réutilisées soit environ 8 millions m³/an) et des villes des États-Unis ont déjà construit des systèmes de distribution double: eau potable et eaux usées à réutiliser.

Les bénéfices obtenus sont importants (cf. annexe B). Il faut noter en premier lieu que dans les zones résidentielles avec beaucoup d'espaces verts, la réduction de la demande en eau potable peut atteindre 10 à 15 %, voire 40 % (K. Miller, 1990).

Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie.

Une autre application importante est le recyclage en immeuble avec, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage des sanitaires. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à de tels usages sont très sévères et voisines à celles en vigueur pour l'eau potable.

Pour les usages urbains, l'Afrique du Sud et l'Australie sont les pays dont les normes sont les plus sévères. Ils exigent respectivement une qualité d'eau potable et l'élimination totale des virus. Dans ce cas, les filières de traitement se rapprochent de celles de production d'eau réutilisée pour des usages potables (P. Renaud et al., 1997). (cf. figure 3.2).

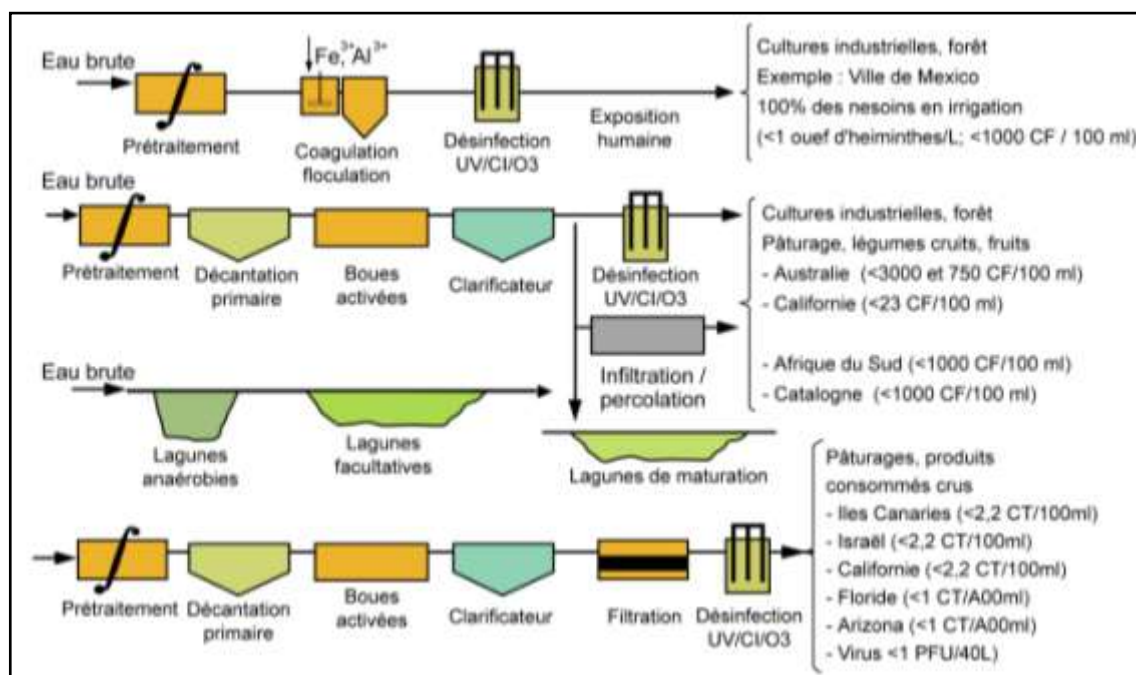


Figure 3.1 : principales filières de traitement pour la réutilisation agricole des eaux résiduaires urbaines (d'après Lazarova V., 1999)

3.1.1.3. Le secteur industriel :

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries.

La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle. La part des eaux usées urbaines ne dépasse pas 15% du volume des eaux réutilisées en industrie. Aux États-Unis, par exemple, le volume des eaux résiduaires réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m³/j, dont 68 % pour le refroidissement (P. Renaud et al. 1997).

3.1.1.4. Le secteur agricole :

La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concerne des utilisations agricoles. Pour ce secteur, la réutilisation des eaux améliore les rendements des cultures et apporte des bénéfices financiers.

Afin de garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures. Il existe deux grands groupes de normes (Cf. recommandations de l'OMS, 1989) et la réglementation californienne" titre 22" -1978). L'objectif principal est d'éliminer les risques sanitaires. Ainsi, pour l'irrigation sans restriction, la pollution microbiologique des eaux usées utilisées doit, selon l'OMS, rester au-dessous de 1.000 coliformes fécaux CF/100 ml et moins de 1 œuf d'helminthe/l.

Le" Titre 22" californien fixe des restrictions plus sévères, voire l'absence totale de germes-tests : moins de 2,2 coliformes totaux CT/100 ml. Dans certains pays, les normes sont draconiennes pour les végétaux destinés à la consommation. Ainsi, l'Afrique du Sud exige une qualité d'eau potable pour cette application; l'état d'Arizona a introduit l'absence de virus comme nouveau paramètre microbiologique (P. Renaud et al., 1997).

Dans les pays où les normes existantes sont très sévères (Australie, États-Unis, certains pays du Moyen-Orient), un traitement secondaire est obligatoire, et parfois, en sus, un traitement tertiaire.

L'irrigation de cultures ou d'espaces verts est la voie la plus répandue de réutilisation des eaux usées urbaines. Au niveau mondial, c'est également la solution qui a le plus d'avenir à court et à moyen terme.

L'expérience de Mexico City apparaît comme le plus important projet de réutilisation des eaux usées au niveau mondial (Jiménez-Cisneros B. et Chavez-Mejia A., 1991).

Presque 100% des eaux usées brutes de la capitale mexicaine (de 45 m³/s à 300 m³/s par temps de pluie) sont réutilisées pour l'irrigation de plus de 85 000 ha de diverses cultures agricoles.

Aux États-Unis, la réutilisation agricole est une pratique très répandue; 34 états disposent de réglementations ou de recommandations, souvent très sévères. Ces mesures législatives, et plus de trente ans d'expérience font des États-Unis un pays phare au plan mondial dans le domaine de la réutilisation des eaux usées.

En Floride et en Californie, respectivement 34 % (340.000 m³/j) et 63 % (570.000 m³/j) du volume total d'eaux usées réutilisées le sont pour l'agriculture (K. Miller, 1990).

L'usine de réutilisation de West Basin (Californie) (capacité finale 270 000 m³/j), gérée par United Water Services, filiale de Suez Lyonnaise des Eaux, a développé le plus vaste programme de réutilisation basé sur des technologies de pointe et des usages diversifiés : 70% de l'effluent sont réutilisés pour l'irrigation agricole après un traitement type Titre 22 (filtration tertiaire et désinfection), une partie de l'eau traitée est destinée à la réutilisation industrielle après élimination complémentaire de la pollution azotée par la bio filtration Biofor, une partie de l'effluent sert même à la production d'eau potable. Après l'extension prévue de l'usine, celle-ci deviendra la plus importante des États-Unis (Lazarova V. et al., 1998).

3.2. Différents niveaux de traitement des eaux usées avant réutilisation :

En fonction des besoins spécifiques de la réutilisation, plusieurs niveaux de traitement peuvent être exigés (Figure 3.2). Le choix des méthodes de traitement dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont la qualité de l'effluent, le type de réutilisation, les exigences de qualité et de taille des installations. En fonction des conditions locales et des critères technico-économiques, différentes technologies extensives ou intensives peuvent être envisagées.

Les techniques extensives (lagunage, l'infiltration-percolation, l'infiltration dans les sols et les aquifères, les zones humides) sont bien adaptées aux conditions climatiques des régions tropicales et subtropicales.

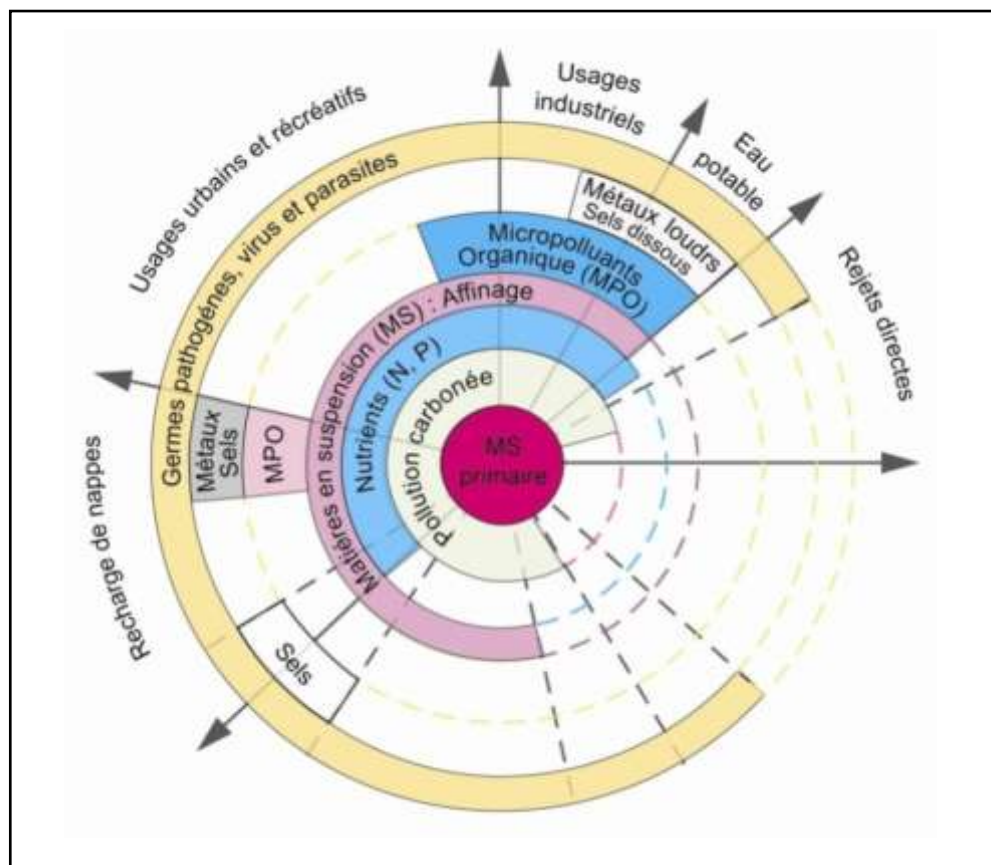


Figure 3.2 : niveaux de traitements recommandés pour les différents types de réutilisation des eaux résiduaires urbaines (source : Ecosse D., 2001)

D'autre part, leur faible coût et l'exploitation relativement facile leur confèrent des avantages non négligeables pour les pays en voie de développement (Renaud P. et al., 1997).

Les technologies intensives (filtration, traitement physico-chimique, membranes) et, en particulier, les procédés avancés de désinfection (chloration, irradiation UV, ozonation), sont plus compacts et garantissent une meilleure qualité de l'eau produite (Renaud P. et al., 1997, Lazarova V. et al., 1998). Leur implantation permet d'assurer une meilleure protection de l'environnement et de nouvelles applications dans les zones urbaines. Mais elles sont plus coûteuses.

Plusieurs modes de traitements recommandés pour les différents types de réutilisation des eaux usées sont résumés dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 : Différent modes de traitement recommandés en fonction du type de réutilisation des eaux usées (d'après V. Lazarova, 1999)

Mode de réutilisation	Traitement extensif	Traitement Intensif
1. Irrigation de Cultures bien définies (arbres fruitiers, forêts, prairies)	E.1. Bassins de stabilisation en série ou lagunes aérées; marais; infiltration percolation	1.1. Traitement secondaire par boues activées ou filtre biologique, avec ou sans désinfection
2. Irrigation da cultures sans restrictions, légumes consommés crus	E.2. Même chose que E.1, avec étapes de désinfection finale réservoirs de stockage	1.2. Même chose que 1.1 avec filtration et désinfection
3. Utilisation urbaine pour l'Irrigation de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf	E.3. Même chose que E.2	1.3. Même chose que 1.2, l'étape de filtration est recommandée en cas d'accès libre pour le public
4. Restauration des nappes phréatiques	E.4. Même chose que E.2, et filtration dans le sel vers l'aquifère	1.4. Même chose que 1.2 avec élimination des nutriments (si nécessaire)
5. Réseaux doubles pour recyclage des eaux grises en immeubles	E.5. Non applicable	1.5. Même chose que 1.3 avec filtration sur charbon actif (si nécessaire) ou filtration sur membrane et désinfection
6. Utilisation directe ou indirecte dans le réseau d'eau potable	E.6. Non applicable	1.6. Traitement secondaire, tertiaire et quaternaire, avec charbon actif, filtration sur membrane et désinfection poussée

3.3. Production directe et indirecte d'eau potable à partir d'EU

3.3.1. Production directe

L'unique exemple historique de production directe d'eau potable à partir des EU est celui de l'usine de Windhoek, en Namibie (Haarhoff J. et Van Der Merwe B. V., 1996). Plusieurs projets de démonstration de production directe d'eau potable à partir des eaux résiduaires urbaines ont été menés à Denver aux États-Unis, à Capetown en Afrique du Sud, à Sao Paolo au Brésil et à Mexico City (P. Renaud et al., 1997).

Selon différentes études, la qualité de l'eau produite aux États-Unis à partir d'effluents secondaires est meilleure que celle de bien des ressources naturelles de surface (Wright R. R. et Missimer T. M., 1995). Les études épidémiologiques indiquent l'absence de risques microbiologiques et toxicologiques.

3.3.2. Production indirecte

Le stockage intermédiaire des EU (en partie assainies) peut s'effectuer dans des nappes phréatiques, des lacs ou des réservoirs artificiels. Le taux de dilution des eaux usagées réutilisées avec l'eau des ressources naturelles varie de 16 à 40 %. Aucun impact négatif sur la santé humaine de ce type d'eau réutilisée n'a jamais été détecté.

Le premier objet de production indirecte d'eau potable à partir des EU en Europe a été mis en place en 1997 dans la région d'Essex en Grande Bretagne par la société Essex & Suffolk Water.

Plus de 35.000 m³/j d'eaux usées traitées sont mélangées aux eaux de surface (taux de dilution maximale de 37 %) et envoyés dans le réservoir d'eau potable d'Hanninglied. Un suivi rigoureux de la qualité des eaux réutilisées a été mis en place (virus, œstrogènes), complété par de nombreuses études d'impacts sur l'environnement et la santé publique (Lazarova V. et al., 1998).

3.4. Évaluation économique des filières de réutilisation des eaux usées :

3.4.1. Dans le monde :

L'analyse économique porte sur la valeur des fonds investis pour la construction et l'exploitation d'un projet de réutilisation, mesurée en termes financiers et calculée sur la base actuelle des prix.

Seul le coût marginal du recyclage des eaux usées : traitement supplémentaire, stockage et distribution doivent être inclus (à l'exclusion du coût de collecte et de traitement des EU). La Figure 3.3 montre les éléments constitutifs du coût total de la réutilisation de l'eau qui comprend les coûts du stockage, de traitement supplémentaire, de collecte de l'effluent secondaire, et du réseau de distribution et de tous les raccordements.

La répartition entre les coûts d'exploitation et maintenance ainsi que les coûts d'investissement change d'un projet à l'autre et dépend des procédés de traitement mis en œuvre. Les coûts sont également fortement influencés par les contraintes locales : prix du site de construction, distance entre le site de production et les consommateurs, nécessité de doubler ou d'aménager le réseau (Aussoleil M., 1983).

Les deux dernières contraintes sont primordiales, car dans de nombreux projets l'investissement principal est dû au réseau de distribution à mettre en place;

D. Richard et al., (1993), ont analysés l'influence de la capacité de l'installation sur l'investissement pour le traitement secondaire classique (boues activées) et différents post-traitements (Figure 3.3). Il s'avère que plus l'installation produit d'eau potable, plus les coûts d'investissement des post-traitements sont élevés. À noter que la mise en pratique de la réglementation "titre 22" est la plus onéreuse.

L'investissement pour la filtration tertiaire et la désinfection, ou même pour un traitement complet "titre 22" de coagulation-floculation, filtration et désinfection ne dépassaient pas 30 à 40 % de l'investissement exigé pour le traitement secondaire. Des dépenses nettement supérieures sont nécessaires si l'on utilise des filtres à charbon actif (CAG) ou l'osmose inverse (OI).

Sur la base de l'expérience des États-Unis, le coût total annualisé du traitement d'eaux résiduaires brutes jusqu'à la production d'une eau recyclable en irrigation varie de 0,43 US\$/m³ à 1,10 US\$/m³. La part des coûts d'exploitation et maintenance, comparée à l'amortissement du capital dans le coût total, dépend de la technologie de traitement.

Il faut souligner que le coût unitaire d'une eau usée recyclée dépend non seulement du débit de l'installation et de la chaîne de traitement, mais aussi de la composition de l'EU, des exigences de qualité finale et d'autres conditions locales (coûts de l'énergie, de la main-d'œuvre, etc.) (Lazarova V., 1999).

Le coût du réseau de distribution reste un élément important du coût de l'eau recyclée. Il peut atteindre 70 % du coût total en fonction des conditions spécifiques du site. La construction de nouveaux réseaux est moins chère que l'aménagement de réseaux existants. On rapporte Mohamed S. Al-A'ma et G. F. Nakhla, (1995), à 0,14 et 0,36 US\$/m³ respectivement dans la région de Dan et à Jérusalem, Territoires occupés (G. Shelef, 1991).

3.4.2. En Algérie :

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) (cf. annexe B) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des EU et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les EUE

(décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrête interministériel du 2 janvier 2012) (cf. Annexe C) constituent une promotion de projets de REUE.

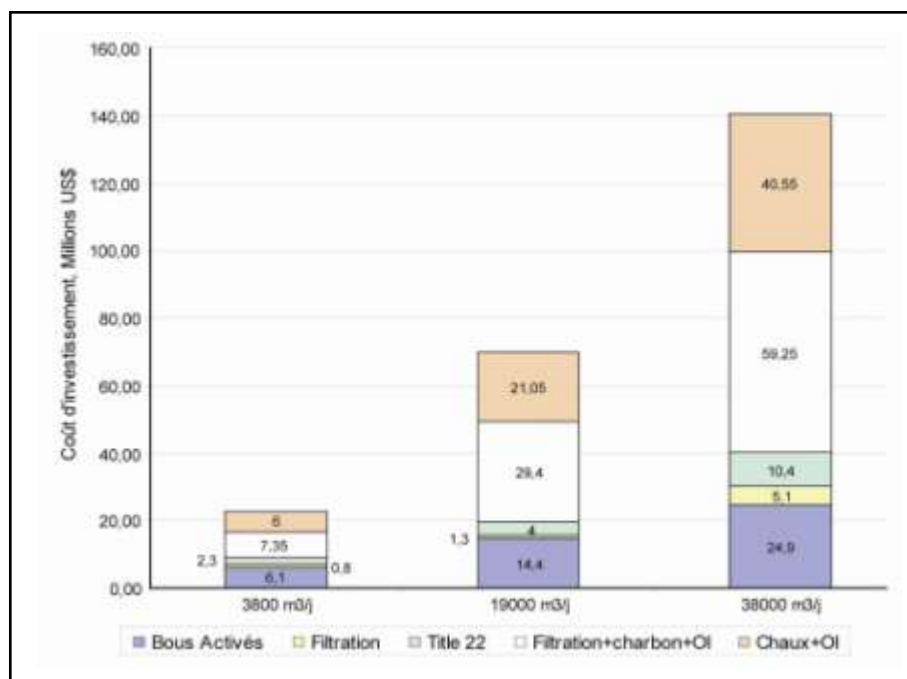


Figure 3.3 : Investissement estimé pour les installations d'épuration d'eaux usées recyclées, en US\$ (1996) (d'après Lazarova V., 1999)

Cette dernière consiste à une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages.

Aujourd'hui, la stratégie nationale du développement permanent en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir: économique, sociale et Environnementale (MRE, 2012).

Face à l'insuffisance de la ressource en eau conventionnelle, l'Algérie ne peut plus se permettre de délaissier la potentialité de réutiliser les énormes volumes d'EU rejetées dans les milieux naturels. C'est donc l'orientation vers la culture de la REU, qu'il faut s'atteler afin d'espérer de sortir de nouveaux comportement. Ce qui explique aujourd'hui, l'ambition que l'Algérie d'épurer ces EU afin de leurs réutilisations principalement en irrigation (MRE, 2012).

Le nombre de STEP en évolution, aujourd'hui l'Algérie compte 145 STEP (figure 3.4), exploitées comme suit :

-
- 136 ONA;
 - 7 SEAAL;
 - 2 SEAOR;
 - 1 SEACO.

Réparties selon la technique d'épurations intensive ou extensive comme suit :

- 74 stations à boues activées;
- 71 stations de lagunage : 39 Naturelles et 27 aérés

La capacité globale installée de ces 145 stations est de 12.540.294 EH soit une capacité de 803.576.335 m³/j.

Au cours du mois de Février 2018, un volume d'EU de 334.921.080 de m³, ont été traités, soit un débit moyen journalier de 917.592 m³/j.

Le taux moyen d'utilisation des capacités installées des 145 STEP est de 46 %, avec :

- Taux < 25 %, pour 32 stations;
- 25 % ≤ Taux ≤ 50%, pour 41 stations;
- 50% ≤ Taux < 100%, pour 55 stations;
- Taux ≥ 100, pour 12 stations;
- Les cinq stations restantes sont à l'arrêt.

Ces stations d'épuration sont souvent en panne (parfois même abandonnées) ou fonctionnent irrégulièrement avec un rendement épuratoire presque nul.

Il faut souligner que les systèmes d'épuration utilisent des procédés et des technologies non adaptées et non appropriées au climat et à l'environnement de notre pays.

Pourtant les dispositions de code des eaux, dans son article 85 bis précis que " Les agglomérations de plus de 100.000 habitants doivent disposer impérativement de procédés et de systèmes EUE " (cf. annexe C). Cette déperdition énorme des EU surtout d'origine domestique, est systématiquement à travers tout le pays.

L'inventaire préliminaire des grands oueds en Algérie et d'après les informations collectées, on a pu considérer 26 oueds et cours d'eau (Béni Messous, Bouthmira, Bouzedjar, Chélif, Cherka, Djemaa, El- Hallouf, El Harrach, Feraraa, Fodda, Ghazlia, Kebir, Mafragh, Mazzafra, Meboudja, Mekhaissia, Messida, Ouahrane, Ouzert, Réghaia, Saf Saf, Seybouse, Soummam, Tafna, Tayeb) (PAM/PNUE, 2009).

En ce qui concerne les villes/agglomérations et les installations d'épuration respectives, il convient de noter que les villes/agglomérations (Annaba, El Bouni, Oran, Ain El Turk, Arzew, Marsa El Hadjaj, Jijel, Sidi Ben Adda, Ténès, Sidi Abderahmane, Skikda, Kerkera, Collo, Flifila, Bejaia, Souk El Tenine Et Melbou, Aokas) ont été exclues de l'analyse.

Ce fut aussi le cas pour les villes de Hamrouche Hamoudi, Hamadi Krouma et El-Hadayek qui sont desservies par la STEP de Skikda qui déverse dans la mer, la ville de Guantra El Hamra qui déverse ses eaux dans le Lac Mellah et Larbi Ben M'Hidi, qui déverse dans la mer par le biais d'un émissaire sous-marin. Par conséquent, 56 villes / agglomérations ont été incluses dans l'analyse avec une population résidente de 1.102.565 habitants.

Des extensions ou de nouvelles stations d'épurations sont prévues à court et moyen termes.

À plus long terme, les premières orientations du schéma directeur assainissement (en cours de finalisation) semblent indiquer la nécessité de prévoir à l'échéance 2025 de nouvelles stations ou extensions. La capacité de traitement des stations d'épurations passerait de 1.565.000 EH à 2.900.000 EH à court terme puis à 4.200.000 EH à plus long terme.

Le volume global d'EU rejetées annuellement est évalué à près de 600 millions de m³, dont 550 pour les seules agglomérations du nord. Ce chiffre passerait à près de 1.150 millions de m³ à l'horizon 2020.

La réponse, c'est l'épuration des EU et leur réutilisation. On a recours à cette activité pour différents motifs:

- Absence d'exutoire;
- Déficit en eau;
- Souci de protéger l'environnement.

Les usagers possibles sont théoriquement illimités : Irrigation, recharge des aquifères, industrie, nettoyage de la voirie, etc. La REUE pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle afin d'alléger le recours à cette dernière.

La réutilisation des EU nécessite, comme pour les eaux naturelles, une infrastructure de collecte, de traitement, de transport et de distribution. Des risques sanitaires existent et des précautions doivent donc être prises pour éviter les risques de contamination. Les obstacles d'ordre psychologique et culturel ne sont pas à négliger non plus et, là encore, des actions d'information soutenues sont nécessaires pour lever les préjugés.

L'objectif stratégique retenu dans le cadre du plan directeur national de REUE consiste à augmenter graduellement le taux de REUE de 2% des EUC estimé en 2005 pour atteindre progressivement 51 % en 2020 et 55 % en 2030. Ceci implique la mise en place d'un projet de réutilisation à l'ensemble des STEP existantes et en projet.

Il est projeté a cet effet qu'entre 2020 et 2030 seront irriguées respectivement 48.000 ha et 63.000 ha, on estime que 767 hm³ pourront être mobilisées à cet usage (PNE-MRE; 2010).

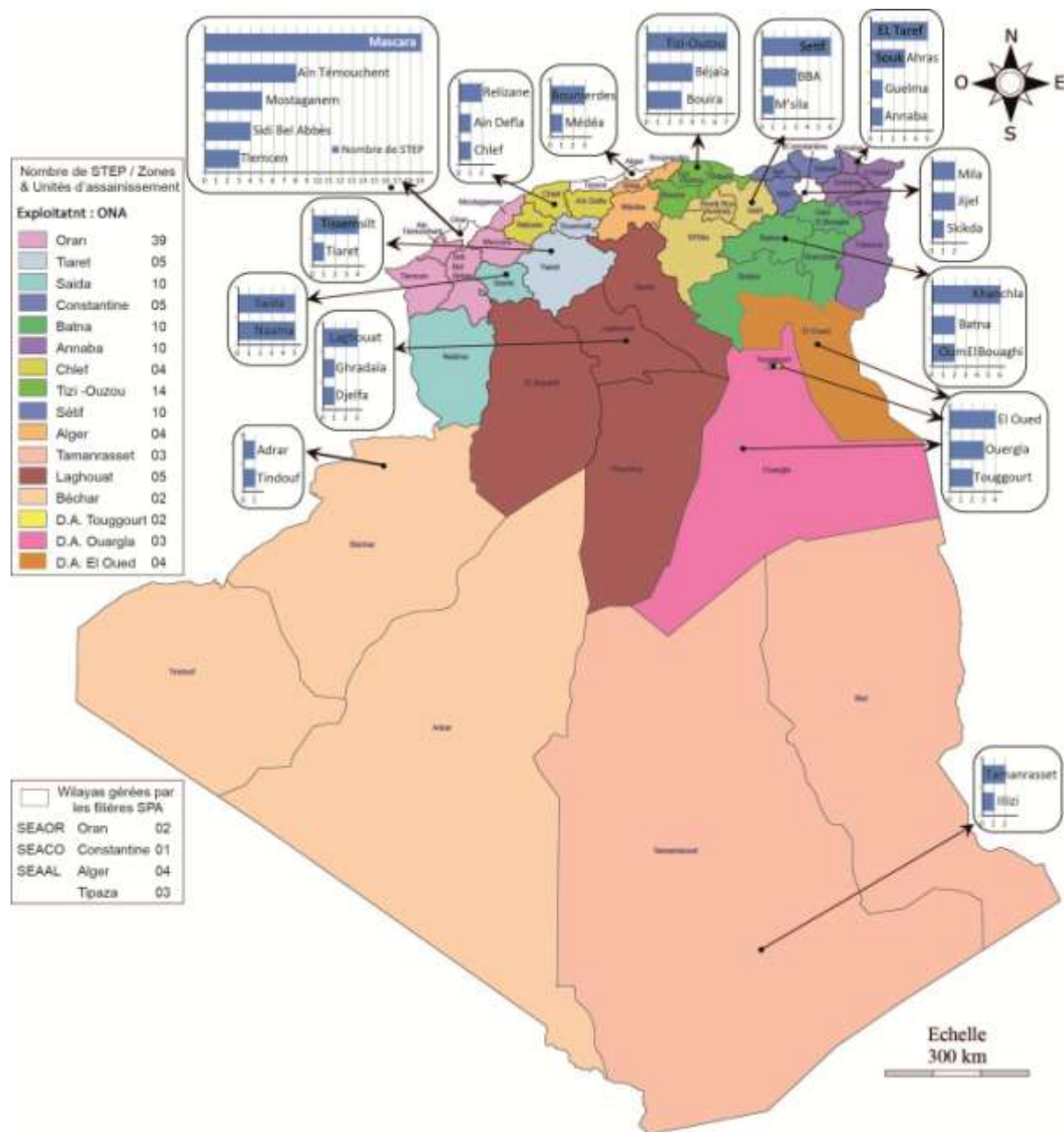


Figure 3.4 : Répartition des STEP sur le territoire national (source : ONA, 2016)

D'après le rapport annuel du diagnostic du système d'épuration à travers l'Algérie, réalisé par l'ONA en 2007, et l'en ressort que les coûts de traitement s'évaluent en moyenne à 30,55DA/m³ EUE.

Par ailleurs, bien que la REUE à grande échelle soit actuellement inexistant, mais toute fois il est projeté à moyen et long terme la création de trois projets pilotes pour les STEP de Barraki, Touggourt et Griss, et pour un volume total de 60 hm³/an et permettre l'irrigation de 6.000 ha et 2.500 ha respectivement avec et sans stockage, les coûts du développement du m³ d'EUE réutilisé calculé sur 22 ans (2008 à 2030) seraient selon l'importance du projet de 23,5 DA pour Barraki , 13,21 DA pour Touggourt et 8,98 DA pour Griss.

Dans la suite de cette contribution, sera développé le cas de la wilaya d'Annaba et notamment l'optimisation de la mobilisation des EU de la STEP d'Annaba pour l'usage agricole.

Chapitre 4.

La station d'épuration de la ville d'Annaba

Chapitre 4 :

La station d'épuration de la ville d'Annaba

4.1. Les caractéristiques de la station d'épuration :

4.1.1. Localisation :

La STEP de la Ville d'Annaba a été mise en service le 8 juin 2010. Construite sur 15 ha sur la commune d'El-Bouni. L'exploitation de la STEP est confiée à l'ONA.

La STEP d'Annaba est localisée dans la plaine d'Allélik, sur la rive gauche de l'Oued Seybouse, au Sud-est de la ville d'Annaba. (Figure 4.1)

4.1.2. Procédé de traitement :

Elle est de type boues activées à faible charge ce qui permet d'envisager à priori une qualité de rejet compatible avec la REUE; d'une capacité nominale est de 580.000 EH à l'horizon 2025, projetée à 700.000 EH à l'horizon 2035, d'où un volume d'effluents en entrée à capacité nominale 2025 de 83.620 m³/jour (base : débit moyen journalier par temps sec), ce débit est porté à 107.840 m³/jour à l'horizon 2035 (OTV-DRE, 2007),

L'origine des effluents est essentiellement domestique, ce qui devrait limiter les risques de pollution et de permettre la valorisation de EUE et boue ultérieurement.

Sachant que la ville d'Annaba et ces agglomérations (Annaba, El-Bouni, Boukhadra, Sidi Salem, Boucédra, Bouzaaroura, et des couloirs Kherraza et Oued El-Nil) drain un réseau d'assainissement de type unitaire, pour collecter et cheminer les EU, vers l'usine d'épuration, afin de garantir un bon fonctionnement des ouvrages épuratoires, les eaux en excès en temps de pluie sont by-passées.

Le débit maximum toléré en entrée de STEP par temps de pluie est de 2,45 m³/s. Le volume maximum d'effluent susceptible d'être rejeté est donc d'environ 210.000 m³/jour (OTV-DRE, 2007).

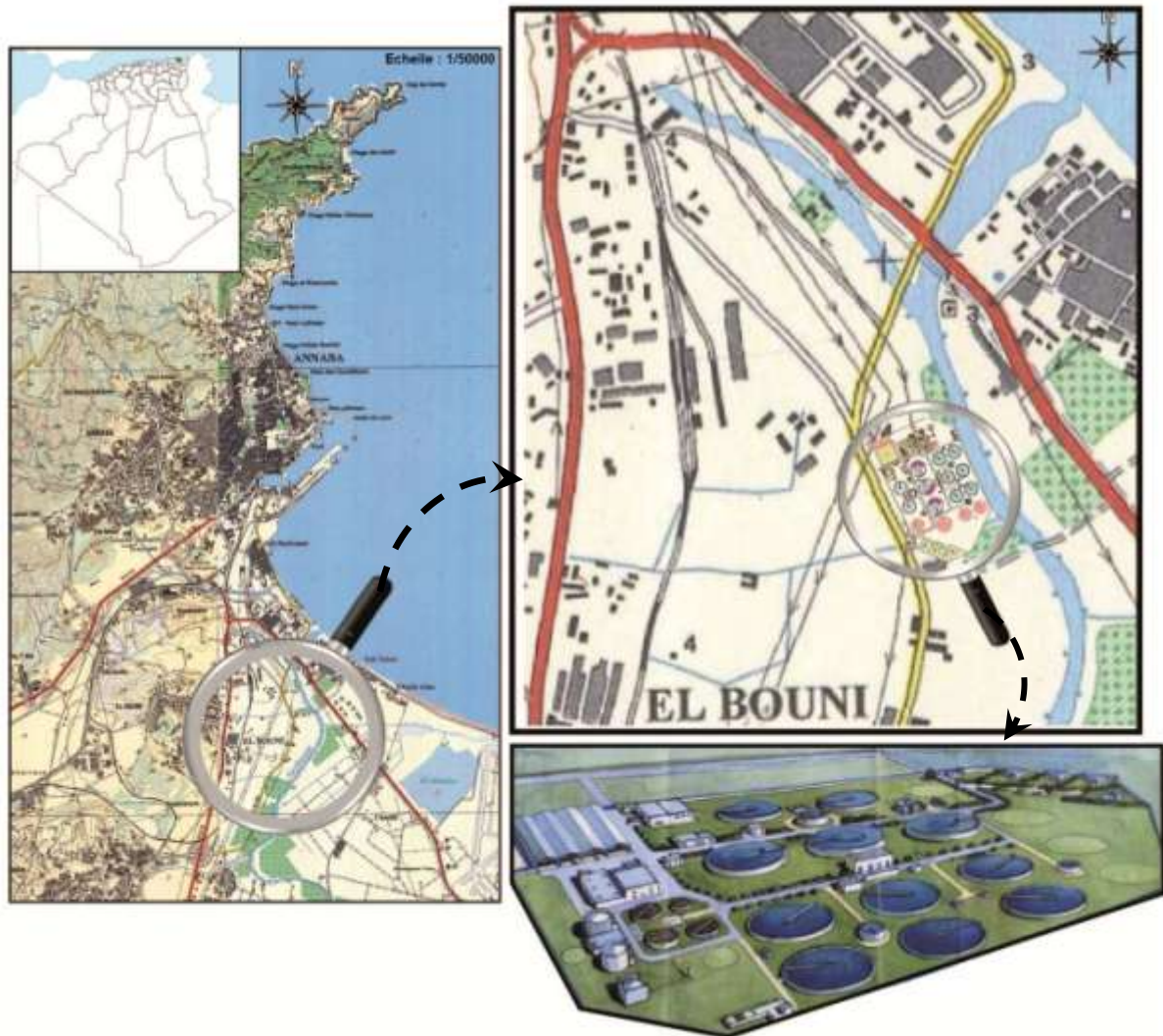


Figure 4.1 : Situation géographique de la STEP d'Annaba

4.1.3. Caractéristiques de la STEP :

4.1.3.1. Équivalents-habitants et capacité de traitement :

- 653.888 EH (horizon 2025);
- Débit : 133.229 m³/j (horizon 2025);
- extensible à 787.659 EH (horizon 2035);
- Débit : 160.485 m³/j (horizon 2035);
- Procédé à boues activées à faible charge.

4.1.3.2. Filières d'épuration:

a. Filière eau (Figure 4.3):

▪ Prétraitement :

- **Dégrilleur grossier** : 01.
- **Dégrillage fin** : 04 canaux parallèles équipés de 04 dégrilleurs automatiques.
- **Dessablage dégraissage** : 03 dessableurs dégraisseurs longitudinaux avec reprise des graisses par pompage.

▪ Traitement primaire :

- **Décanteur primaire** : 02 décanteurs de 42 m de diamètre.
- **Poste de relevage** : 03 pompes de 3,06 m³/h.
- **Bassin anoxie** : de 2.400 m³ avec 04 déversoirs de répartition.

▪ Traitement biologique :

- **Bassins biologiques** : 03 bassins de 14.200 m³ chacun :
 - Zone centrale anaérobie,
 - Un chenal d'aération périphérique avec local de production d'air (03 compresseurs d'air).
- **Dégazage** : 02 ouvrages de dégazage et de répartition.
- **Clarification** : 08 clarificateurs de 42 m chacun, un puits de pompage des boues de circulation (figure (4.2) :
 - 06 clarificateurs (jusqu'à l'horizon 2025),
 - 02 clarificateurs (projeté pour horizon 2035).

b. Filière boues (Figure 4.3):

▪ Épaississement des boues :

- 01 épaisseur de boues primaires,
- 02 épaisseurs de boues biologiques de 20 m de diamètre.

▪ Digestion des boues :

- 02 digesteurs de 3.090 m³.

▪ **Déshydratation :**

- 02 filtres-presses de 7.300 litres (unitaire).

▪ **Stockage :**

- Couvert pour 06 mois de production de boues 33.623 m³/an.



Figure 4.2 : Situation des ouvrages de la STEP d'Annaba

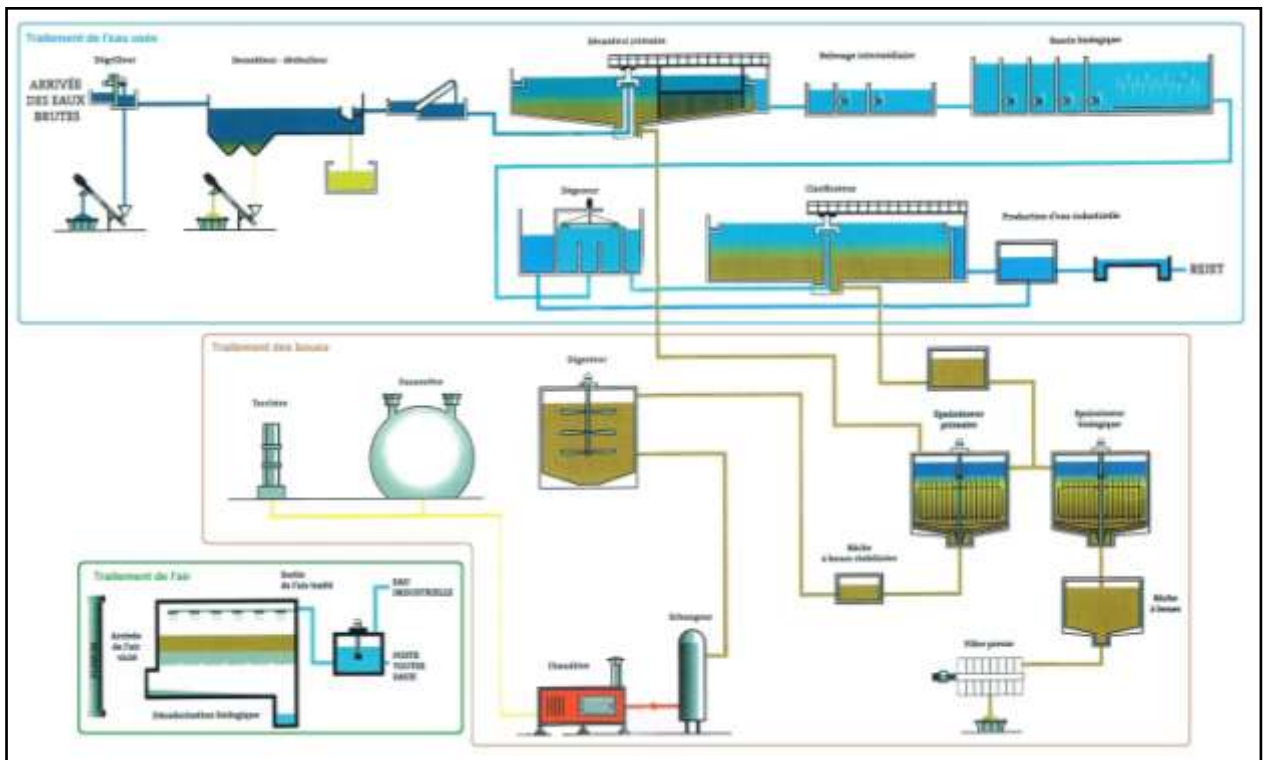


Figure 4.3 : Schéma des deux filières eau/boue dans la STEP d'Annaba (source :OTV-DRE, 2007)

Chapitre 5.

Modélisation du fonctionnement du Clarificateur

Chapitre 5.

Modélisation du fonctionnement du clarificateur

5.1. Le modèle théorique de la structure et du fonctionnement : applications sur le logiciel GPS-X[®] :

5.1.1. Présentation du logiciel :

Différents logiciels de modélisation et de simulation dynamique de stations d'épurations des eaux usées existent sur le marché. La plupart des logiciels sont utilisés à la fois en recherche et en industrie. Nous pouvons citer par exemple :

- AQUASIM[®], ASIM[®] (EAWAG, Suisse);
- BioWin[®] (Envirosim, Canada);
- EFOR[®] (Krüger, Danemark);
- GPS-X[®] (Hydromantis, Canada);
- SASSPRO[®] (Science Traveller international, États-Unis);
- SIMBA[®] (Ifak System, Allemagne);
- SIMBA[®]/SIMBAD[®] (Anjou Recherche, France);
- STOAT[®] (WRc, Grande-Bretagne);
- WEST[®] (MOSTforWATER, Belgique).

D'autres logiciels non dédiés sont aussi utilisés en modélisation du traitement des eaux résiduaires (MATLAB[®]/SIMULINK[®], par exemple).

Pour notre étude, l'utiliser du logiciel GPS-X[®] (version 6.4) de conception et commercialisation par la société canadienne Hydromantis. Acquis dans le cadre du Programme national de Recherche.

Le logiciel GPS-X[®], conçu depuis 1988, fonctionne sur PC sous le système d'exploitation Microsoft Windows. Bien qu'il soit commercialisé **uniquement dans la langue anglaise**. Cet est utilisé partout dans le monde par des compagnies de consultants, des industries, des municipalités. Il est en constante évolution et adaptation par rapport aux recherches dans le domaine de l'assainissement.

GPS-X[®] détient les fonctionnalités les plus étendues : régime permanent, régime dynamique, analyse de sensibilité, analyse d'optimisation.

Le langage utilisé est à la fois du Fortran et un de ces dérivés, l'ACSL; **intégrant** de nombreux modèles répertoriés dans une bibliothèque (*library*). Les modèles utilisés sont à la fois les modèles publiés au niveau international (ASM), mais aussi des modèles développés en interne par Hydromantis. De plus l'utilisateur peut créer son propre modèle.

Il permet de prédire l'effet induit par les perturbations fonctionnelles éventuelles de la station sur la qualité de l'effluent de sortie. Il permet de réaliser des niveaux de personnalisation de station très poussés. Pour ces raisons, GPS-X[®] est un outil qui permet d'optimiser selon différentes alternatives, le fonctionnement des stations de traitement.

Un grand nombre d'applications à travers le monde démontrent que son utilisation permet d'améliorer l'efficacité des stations d'épuration, entraînant par le fait même des économies substantielles en coûts de fonctionnement.

La capacité de GPS-X[®] à simuler une station particulière en fait un outil pratique pour la gestion. Un opérateur peut contrôler son usine" virtuelle" en temps réel, tout en observant à l'écran l'effet des changements de certains paramètres de fonctionnement.

Le logiciel nous permet de créer la configuration actuelle de la station. L'utilisation de GPS-X[®] se fait par l'élaboration de schémas simplifiés de la station à l'aide d'outils prédéfinis. Chaque outil représente un ouvrage (effluent d'entrée, bassin d'aération, clarificateur..) que le concepteur doit ensuite assembler pour définir le profil hydraulique.

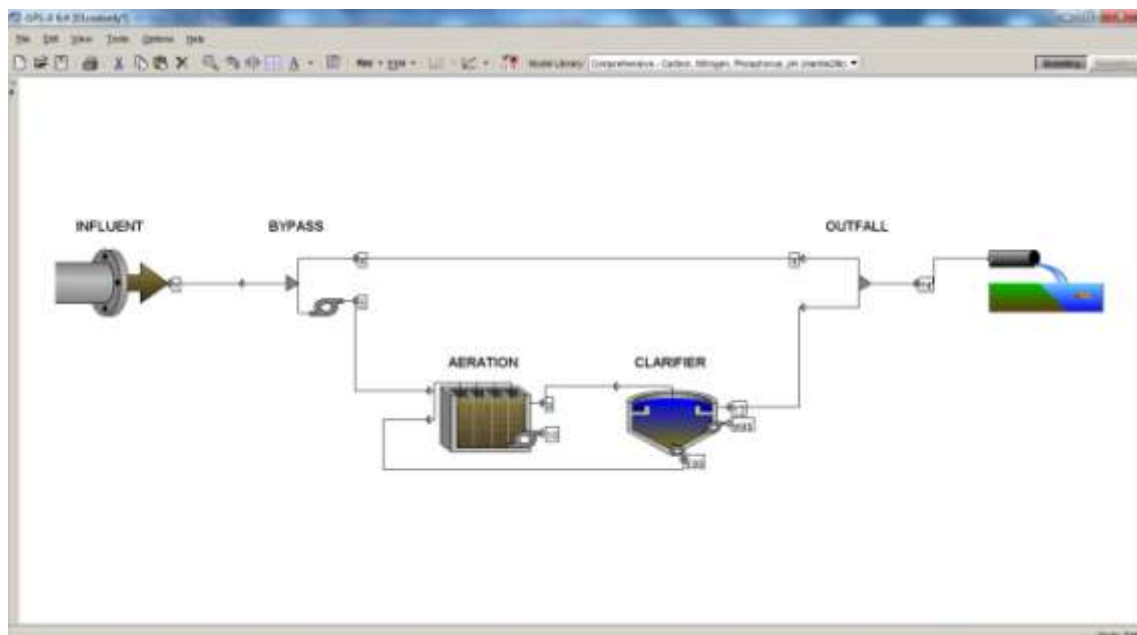


Figure 5.1 : schéma de filière d'une STEP sous GPS-X[®]

5.1.2. Adaptation du système épuratoire de la STEP d'Annaba sur le logiciel GPS-X® :

L'évolution au cours du temps (temps sec et temps de pluie) de la nature et des flux de pollution en entrée de STEP est généralement mesurée grâce aux paramètres classiques (DCO totale, DBO₅, MES, NTK, ...).

Pour essayer de mieux comprendre l'influence de ces variations (quantitative, mais aussi qualitative) sur les performances et la demande en oxygène d'une STEP à boues activées traitant la pollution carbonée et azotée, on utilise une approche plus fine

5.1.2.1. Les données d'entrée :

Pour modéliser le fonctionnement d'une station d'épuration, il est impératif de disposer de données spécifiques et fiables telles que la description physique de la filière (dimensions des ouvrages, débits des pompes, caractéristiques du clarificateur...), descriptif du fonctionnement (début de l'alimentation, l'aération, la recirculation l'extraction de boue, le rejet des EUE dans le milieu naturel), mesures de la quantité et de la qualité des eaux usées à épurer. Les modèles requièrent le plus souvent des données qui ne sont pas aisément accessibles et pour lesquelles il n'existe pas de protocole de mesure simple et normalisé.

L'objet de cette étude est de valoriser les eaux usées urbaines épurées dans l'irrigation, et pour ce fait, la séparation physique du solide liquide est une phase importante qu'assure le clarificateur dans le fonctionnement de la filière eau de la STEP, considéré comme l'étape finale de cette dernière où l'EU partiellement épurée traverse le dernier ouvrage avant qu'elle soit complètement épurée et rejetée dans le milieu naturel, bien évidemment en respectant les normes de rejet.

Le procédé de traitement par boues activées est constitué de deux entités principales. D'une part, le réacteur au sein duquel la pollution incidente est dégradée et qui est régi par des mécanismes essentiellement biologiques; d'autre part, le clarificateur dont la fonction est de séparer l'eau traitée de la biomasse et des autres composés particuliers, et pour lequel les mécanismes qui entrent en jeu sont essentiellement physiques (Chachuat et al., 2000).

Une unité de traitement par boues activées comprend toujours :

- Un ensemble de prétraitement permettant la rétention des graisses, la suppression d'éléments volumineux (dégrillage) et la décantation des matières en suspension lourdes représentées par les sables contenues dans l'eau résiduaire brute,

- Une filière eau, composée d'au moins un réacteur biologique, un dispositif d'aération et de brassage, un dégazeur, un clarificateur secondaire (auss appelé décanteur secondaire), une recirculation des boues et un système d'extraction des boues en excès
- Une filière boue pour le stockage et traitement des boues en excès issues du décanteur secondaire comme représenté sur la figure 5.2.

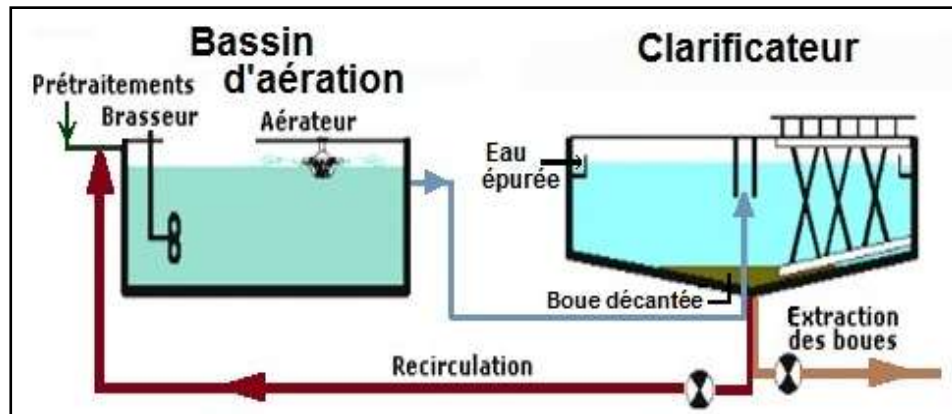


Figure 5.2 : Unité de traitement par boues activées (Source : Sadowski A. G., 2009)

5.1.2.2. Fonctions d'un clarificateur :

Le clarificateur secondaire a trois fonctions, représentées sur la figure 5. 2 :

→ La clarification :

Fonction la plus intuitive et la plus connue, elle permet de séparer l'eau interstitielle de la biomasse formée afin de rejeter un effluent pauvre en MES.

→ Le stockage :

Cette fonction permet de faire face au transfert d'une partie de la biomasse du réacteur biologique vers le clarificateur lors de pics hydrauliques en entrée de station, fréquents sur les réseaux de type unitaire lors d'événements pluvieux.

→ L'épaississement :

L'augmentation de la concentration des boues dans le clarificateur permet le retour permanent de biomasse dans le réacteur biologique tout en, à flux de soutirage égal, baissant le débit de recirculation et, par voie de conséquence, limitant le flux d'entrée sur le clarificateur.

L'épaississement est souvent déterminé par un indicateur dit facteur d'épaississement, dont la valeur est égale au quotient de S_r sur S_a . (cf. figure 5.2).

Les paramètres les plus cités pour leur influence sur ce facteur d'épaississement sont le temps de séjour des boues dans le clarificateur, l'indice de décantation et le type de pont pour la reprise des boues (ATV-DVWK-A 131E; CTGREF, 1979; Sadowski A. G., 2009).

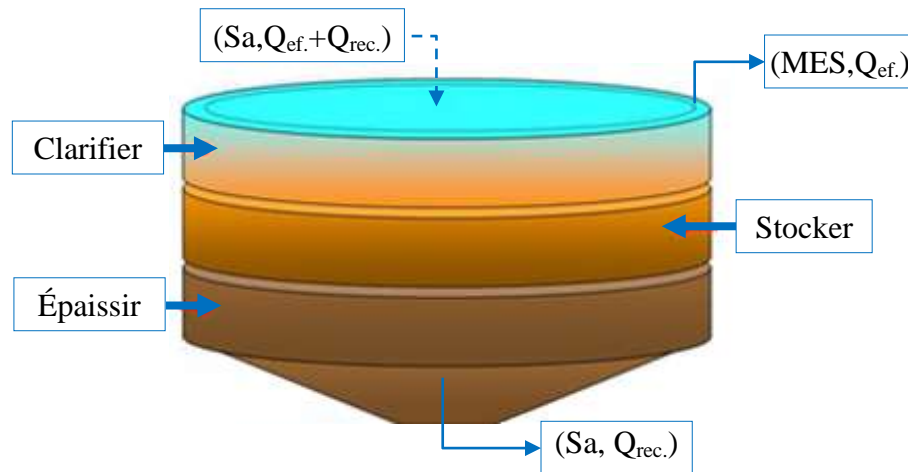


Figure 5.3 : Vue en coupe d'un clarificateur cylindrique (Source : Sadowski A. G., 2009)

Avec

S_a = [MES] bassin aération ;

S_r = [MES] recirculées ;

Q_e = débit de l'effluent traité ;

Q_r = débit recirculé.

Le dysfonctionnement de l'une ou l'autre de ces fonctions se répercute, dans la plupart des cas, sur la qualité de l'effluent de sortie qui est inévitablement affectée d'un excès en matières en suspension, mais aussi sur le fonctionnement du réacteur biologique.

C'est pourquoi la compréhension et la maîtrise des mécanismes de fonctionnement de cet ouvrage, ainsi que sa relation avec le bassin d'aération via la recirculation des boues, est fondamentale.

5.1.3. Structuration de la base de données des EU de la STEP d'Annaba :

Les données utilisées pour la simulation sous GPS-X® sont celles fournies par les rapports d'exploitations d'OTV et de l'ONA établis respectivement durant les années 2011 à 2012 et des années 2013 à 2016, comme la simulation a porté sur le fonctionnement du clarificateur, il était impératif de prendre en considération tout l'abattement de pollution généré par les segments d'épuration amont (décanteur primaire et bassin biologique), à ce titre OTV propose un taux d'abattement de la dépollution de 34 et 29% respectivement pour le décanteur primaire et le bassin biologique

L'analyse des données des rapports/bilan d'OTV/ONA des 6 années a permis de relever une discontinuité, à l'échelle journalière, des valeurs des paramètres physico-chimiques (ceci s'expliquerait par la défaillance de gestion conjuguée au manque chronique de réactifs (ONA).

Pour pallier à cette insuffisance, l'on a considéré le maximum mensuel de ces valeurs enregistrées en temps secs et pluvieux. Cette hypothèse contribue à anticiper sur la capacité nominale de la STEP.

Si l'on se réfère à l'horizon 2020 pour lequel la capacité nominale de la STEP a été à 67.968 m³/j (cf. tableau 5.1), le tableau 5.1 présente les rapports des débits maximum enregistrés durant les 2011 à 2016 à la capacité nominale sus exposée, il en ressort qu'en moyenne le débit d'eau usée brute à l'entrée de la STEP s'établit à 77 % de la capacité nominale à l'horizon 2020 (cf. tableaux 5.7 et 5.8 colonnes des débits en m³/j).

5.2. Simulation des performances du système épuratoire et analyse comparée avec :

5.2.1. Les valeurs prescrites dans l'étude de la réalisation de la STEP d'Annaba (données théoriques OTV) :

Tableau 5.1: Eaux brutes en entrée à la STEP (OTV-DRE, 2007)

Paramètres	Unités	Échéance 2020	Échéance 2025	Échéance 2035
Population	EH	472.000	580.700	674.000
Débit	m ³ /j	67.968	83.620	107.840
Débit de pointe temps sec	m ³ /j	90.624	129.600	142.176
Débit de pointe temps de pluie*	m ³ /j	135.936	194.400	213.216
DBO₅	mg/l	451	375	417
DCO	mg/l	1.083	750	833
MES	mg/l	521	438	486
NTK	mg/l	83	75	-
Pt	mg/l	12	11	-

* L'hydraulique de la STEP d'Annaba est dimensionnée pour accepter le débit de pointe temps de pluie 2025 avec les ouvrages construits à l'échéance 2020.

Tableau 5.2 : Objectif de traitement des eaux usées (OTV-DRE, 2007)

Échéance	Paramètres	Unités	Concentrations maximales journalières admissibles	Rendement minimal
2020 et 2035	DBO₅	mg/l	30	
	DCO	mg/l	90	
	MEST	mg/l	30	
	NGL	mg/l	10	
	Pt	%	-	80 % juin à sept.
	Pt	%	-	50 % oct. à mai
2025	DBO₅	mg/l	30	
	DCO	mg/l	90	
	MES	mg/l	30	
	NGL	mg/l	10	

Tableau 5.3: rendements de décantation primaire des eaux usées (OTV-DRE, 2007)

Paramètres	Échéance 2020	Échéance 2025	Échéance 2035
DBO₅	29,70%	27,90%	28,30%
DCO	34,00%	29,30%	29,80%
MES	58,70%	57,70%	56,60%
NTK	11,10%	9,70%	-
Pt	7,70%	12,70%	-

Tableau 5.4 : eaux usées décantées (OTV-DRE, 2007)

Paramètres	Unités	Échéance 2020	Échéance 2025	Échéance 2035
Population	EH	472.000	580.700	674.000
Volume	m ³ /j	67.968	83.620	107.840
DBO₅	mg/l	317	270	299
DCO	mg/l	715	530	585
MES	mg/l	215	185	211
NTK	mg/l	74	68	-
Pt	mg/l	11	10	-

Tableau 5.5 : eaux usées à traiter par filière biologique (OTV-DRE, 2007)

Paramètres	Unités	Échéance 2020	Échéance 2025	Échéance 2035
Population	EH	472.000	580.700	674.000
Volume	m ³ /j	67.968	83.620	107.840
DBO₅	mg/l	310	264	294
DCO	mg/l	699	520	578
MES	mg/l	237	204	230
NTK	mg/l	75	70	-
Pt	mg/l	11	10	-

Tableau 5.6: eaux usées à traiter par clarification (OTV-DRE, 2007)

Paramètres	Unités	Échéance 2020		Échéance 2025		Échéance 2035	
		Hiver	été	Hiver	été	Hiver	été
Population	EH	472.000		580.700		674.000	
Volume	m ³ /j	67.968		83.620		107.840	
Saison		Hiver	été	Hiver	été	Hiver	été
Débits	m ³ /j	135.936	90.624	194.400	129.600	213.216	142.176
DBO₅	mg/l	191,77	285,02	121,24	259,06	171,15	277,10
DCO	mg/l	253,85	361,88	160,49	269,21	221,58	299,23
MES	mg/l	490,33	699,00	310,00	520,00	428,00	578,00
NTK	mg/l	98,12	84,03	98,86	106,94	92,80	79,62
Pt	mg/l	12,00	11,00	8,00	8,00	11,25	10,55

5.2.2. Les valeurs des données d'exploitation de la STEP fournies par l'OTV/ONA :

Sont représentés dans les tableaux tableau 5.7 et tableau 5.8 sur les pages suivantes

5.2.3. Adaptation conceptuelle à ce logiciel du système épuratoire de la STEP d'Annaba sur le logiciel GPS-X[®] :

Nous avons dessiné sur le logiciel le schéma de fonctionnement de la filière eau d'épuration des eaux usées de la ville d'Annaba qui consiste en l'ouvrage du clarificateur.

Comme cité dans le chapitre précédent. la STEP avec 6 clarificateurs jusqu'à l'horizon 2025 (figure 5.3) ainsi avec 8 clarificateurs pour l'horizon 2035 (figure 5.4)

Tableau 5.7 : Maximum Mensuel de temps pluvieux

Année	Temps	Exploitant	Lieu	Débits m ³ /j	MES mg/l	DCO mgDCO/l	DBO ₅ mgO ₂ /l	NTK mgN/l	Pt mgP/l	NH ₄ mgN/l	NO ₃ mgN/l	NO ₂ mgN/l	pH
2011	Maximum Mensuel Pluvieux	OTV	Entrée eau usée brute	46.794,33	200,00	228,10	97,22	27,67	8,35	17,96	1,95	0,96	7,64
			Rejet Oued Seybouse	40.243,13	8,04	37,52	18,74	10,74	1,46	2,77	1,95	0,96	7,64
2012			Entrée eau brute	51.982,76	263,00	222,70	121,35	27,67	3,33	19,68	0,58	2,62	7,70
			Rejet Oued Seybouse	50.537,24	6,02	32,69	14,25	8,08	1,67	2,61	4,65	0,23	7,69
2013		ONA	Entrée eau brute	52.536,00	244,40	31,40	480,70	18,41	4,60	16,40	0,87	3,63	7,60
			Rejet Oued Seybouse	48.436,12	21,85	10,54	65,10	0,82	2,95	1,57	5,60	0,30	7,60
2014			Entrée eau brute	71.520,00	363,00	250,00	184,00	63,20	7,15	39,60	1,24	3,59	7,70
			Rejet Oued Seybouse	61.210,00	82,80	62,60	25,00	28,40	7,49	21,00	5,69	0,53	7,69
2015	Entrée eau brute		53.120,67	201,58	228,00	311,00	51,22	8,43	62,46	1,02	4,91	7,60	
	Rejet Oued Seybouse		36.266,56	171,25	122,30	68,00	11,61	7,80	14,16	15,75	0,82	7,97	
2016	Entrée eau brute		42.685,00	320,18	490,33	214,00	30,98	13,20	35,20	0,78	11,00	7,62	
	Rejet Oued Seybouse		36.687,00	171,25	122,30	68,00	24,46	9,38	27,80	11,08	0,82	7,70	

source : (OTV, 2011 à 2012, ONA, 2013 à 2016)

Tableau 5.8 : Maximum Mensuel de temps Sec :

Année	Temps	Exploitant	Lieu	Débits m ³ /j	MES mg/l	DCO mgDCO/l	DBO ₅ mgO ₂ /l	NTK mgN/l	Pt mgP/l	NH ₄ mgN/l	NO ₃ mgN/l	NO ₂ mgN/l	pH
2011	Maximum Mensuel Sec	OTV	Entrée eau brute	27.984,84	205,35	266,60	130,92	36,50	7,68	21,20	1,82	2,12	7,68
			Rejet Oued Seybouse	25.186,35	166,12	46,16	40,29	18,88	7,85	12,81	3,62	1,34	7,90
2012			Entrée eau brute	47.253,00	201,00	245,23	158,45	28,52	8,49	21,05	1,95	1,52	7,65
			Rejet Oued Seybouse	45.252,00	11,85	39,85	23,85	10,74	1,46	3,42	1,95	1,52	7,67
2013		ONA	Entrée eau brute	46.436,33	158,18	65,32	317,86	18,28	8,13	16,10	3,54	1,25	7,56
			Rejet Oued Seybouse	40.863,97	10,98	31,01	42,09	0,30	1,38	2,74	3,54	1,25	7,60
2014			Entrée eau brute	55.250,00	217,00	342,00	118,00	40,10	8,68	27,96	3,34	1,10	7,38
			Rejet Oued Seybouse	54.150,00	20,80	54,80	15,00	17,60	7,59	11,60	3,34	1,10	7,32
2015			Entrée eau brute	40.425,74	460,00	710,00	333,42	39,95	12,01	32,12	2,22	1,24	7,46
			Rejet Oued Seybouse	38.630,54	32,05	80,06	200,60	35,72	8,59	32,12	2,22	1,24	7,52
2016	Entrée eau brute		5.657,00	352,00	710,00	342,33	28,27	15,01	31,21	2,54	1,42	7,96	
	Rejet Oued Seybouse		4.590,00	28,00	85,05	14,80	25,04	9,45	28,45	9,52	4,84	7,52	

source : (OTV, 2011 à 2012, ONA, 2013 à 2016)

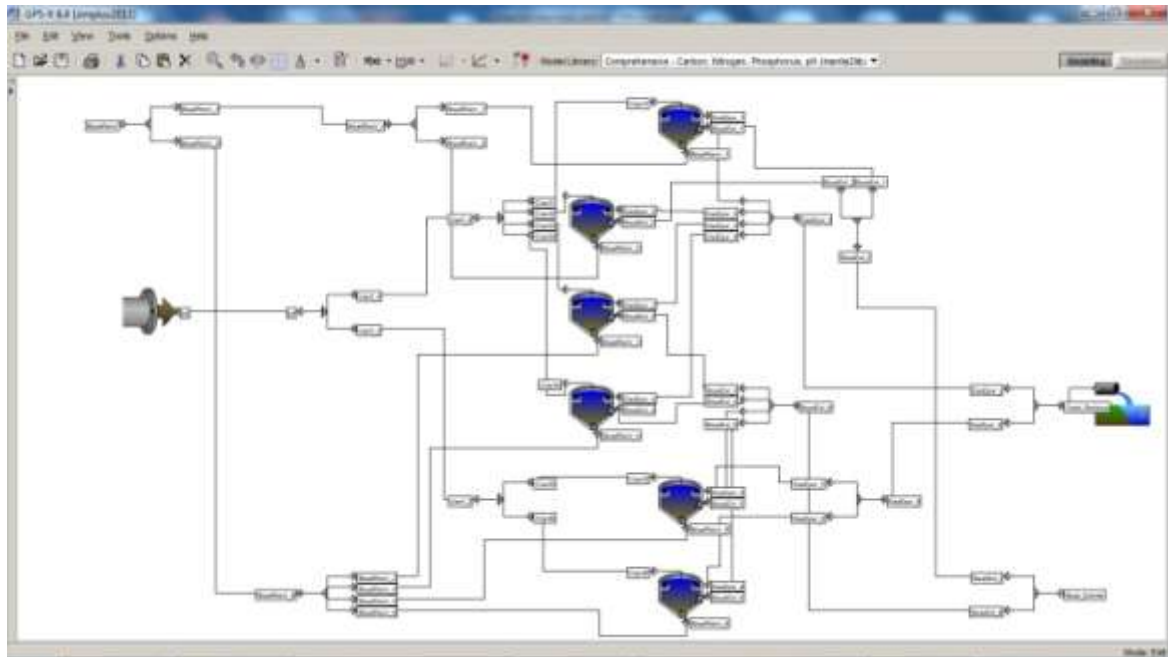


Figure 5.3 : Configuration avec 6 clarificateurs (horizon 2020 et 2025)

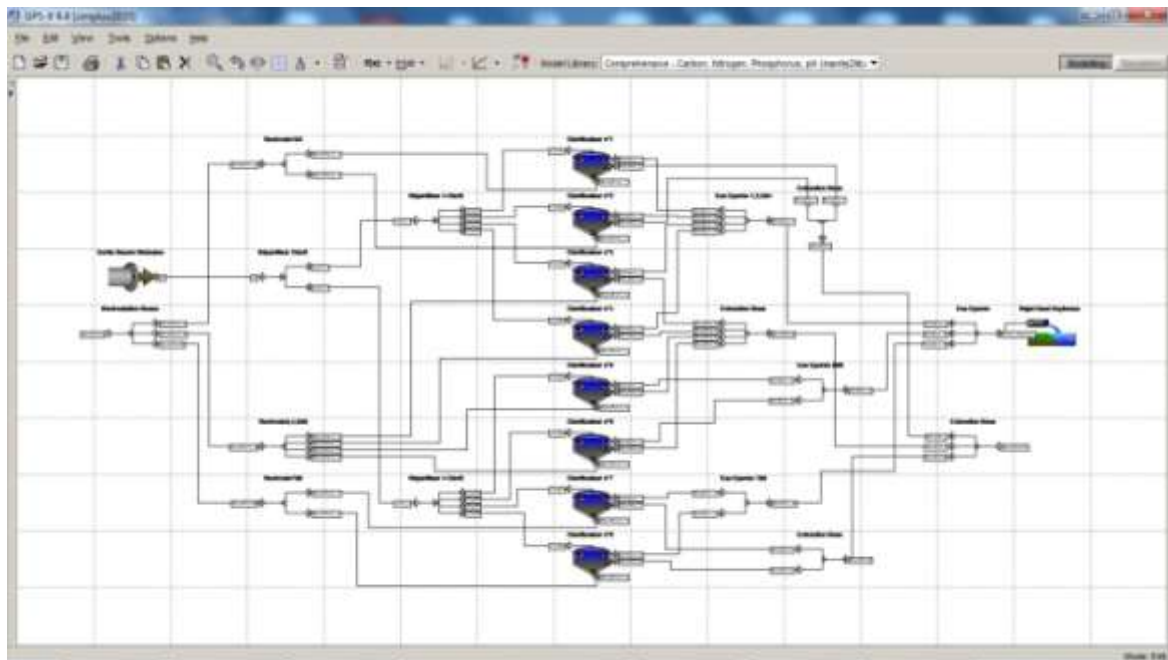


Figure 5.4 : configuration avec 8 clarificateurs (horizon 2035)

5.2.4. Définition de scénarios de simulation de la qualité de l'eau usée brute en vue de:

5.2.4.1. La simulation des performances des segments du système d'épuration : cas de la clarification :

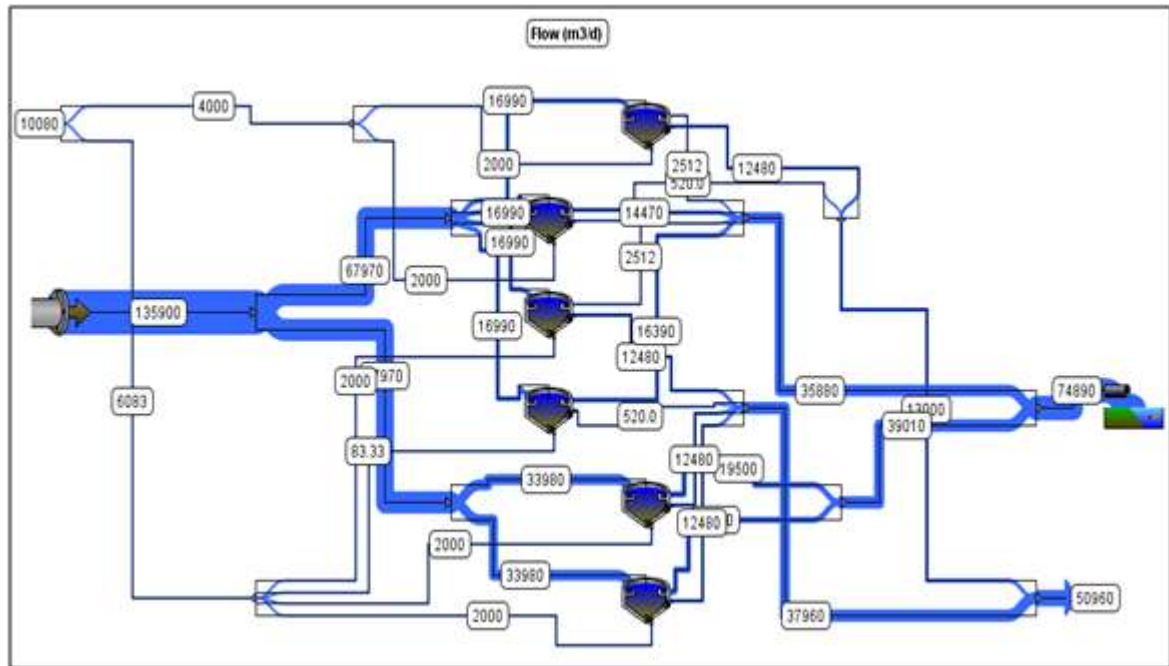


Figure 5.5: Simulation des débits théorique en temps pluvieux max. horizon 2020

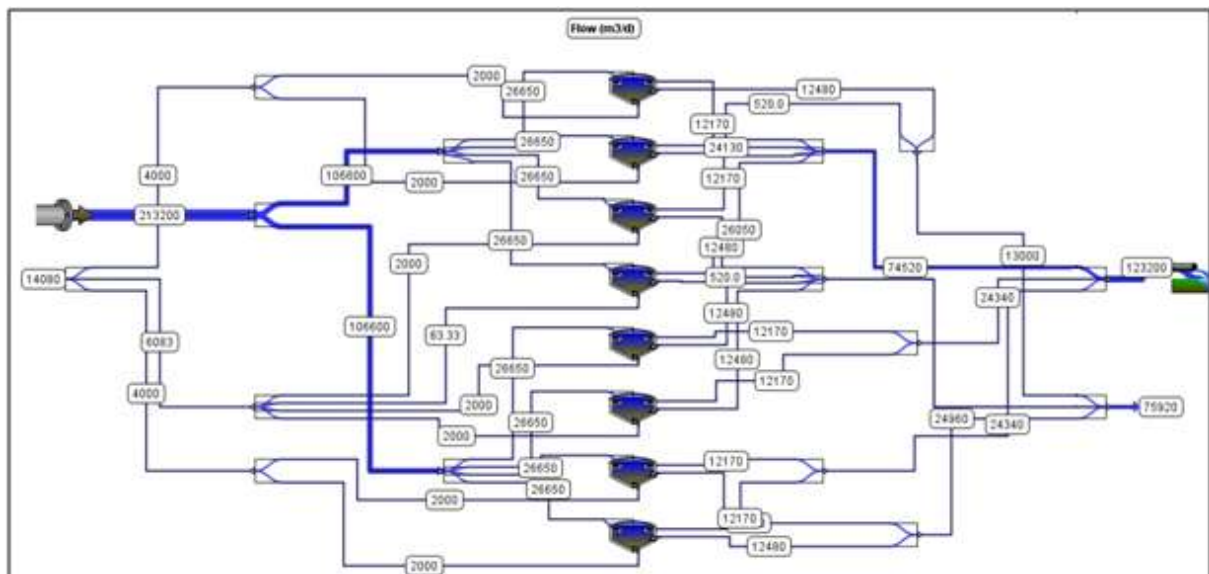


Figure 5.6: Simulation des débits théorique en temps pluvieux max. horizon 2035

5.2.4.2. Comparaison des résultats obtenus de simulation avec les valeurs guides prescrites dans le projet contractuel DRE ANNABA/OTV de l'étude de la STEP de la Ville d'Annaba :

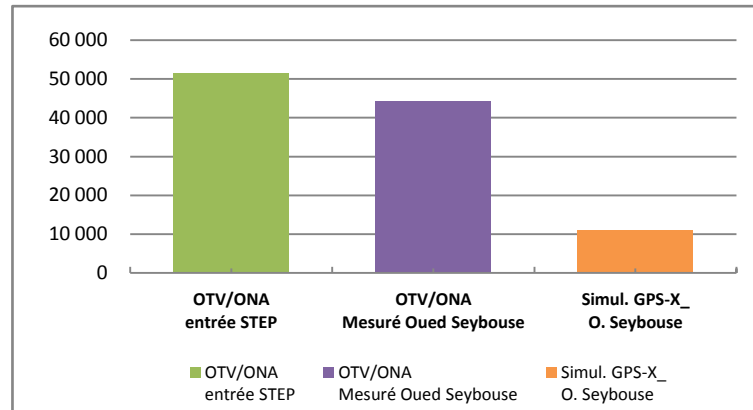


Figure 5.7: Moyenne max. en temps pluvieux des débits (m³/j)

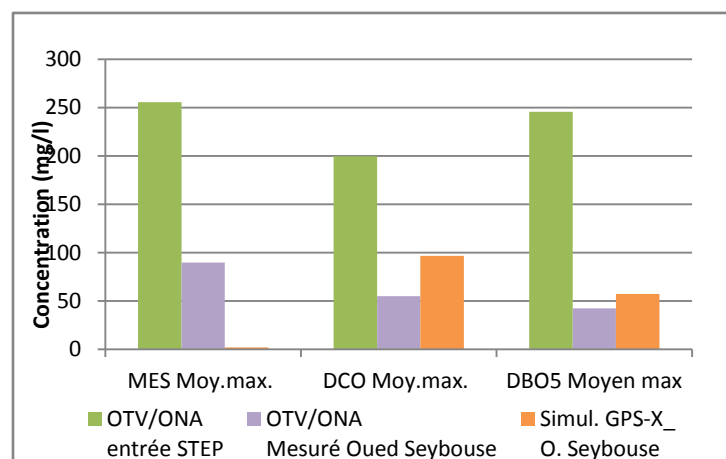


Figure 5.8: Moyenne max. en temps pluvieux des concentrations des MES, DCO et DBO₅ (mg/l)

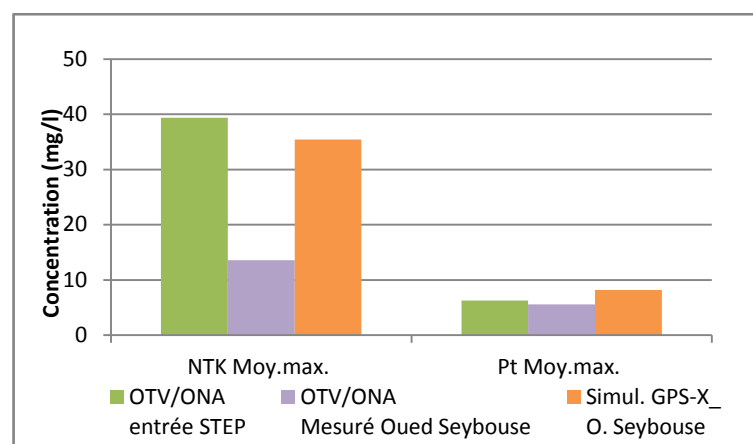


Figure 5.9: Moyenne max. en temps pluvieux des concentrations des Nt, et Pt (mg/l)

Tableau 5.9 : Moyenne Max. Pluvieux Exploitation 2011-2015 :

	Débits m³/j	MES (mg/l)	DCO (mgDCO/l)	DBO₅ (mgO₂/l)	NTK (mgN/l)	Pt (mgP/l)
OTV/ONA entrée EB	51.428,85	255,47	199,74	245,59	39,40	6,24
OTV/ONA O. Seybouse	44.327,25	89,61	54,86	42,53	13,56	5,55
Simul. GPS-X[®] O. Seybouse	11.094,00	1,88	96,57	57,17	35,41	8,17

Tableau 5.10 : Moyenne Max. Pluvieux Exploitation 2011-2015 :

	OTV/ONA entrée STEP	OTV/ONA Mesuré Oued Seybouse	Simul. GPS-X[®] O. Seybouse	Normes
Débits (m³/j)	51.428,85	44.327,25	11.094,00	
MES Moy.max. (mg/l)	255,47	89,61	1,88	30,00
DCO Moy.max. (mg/l)	199,74	54,86	96,57	90,00
DBO5 Moyen max(mg/l)	245,59	42,53	57,17	30,00
NTK Moy.max. (mg/l)	39,40	13,56	35,41	10,00

Tableau 5.11 : Moyenne Max. Sec exploitation 2011-2015 :

	Débits m³/j	MES (mg/l)	DCO (mgDCO/l)	DBO₅ (mgO₂/l)	NTK (mgN/l)	Pt (mgP/l)
OTV entrée eau brute	47.231,88	247,24	318,13	204,99	30,90	9,13
OTV-Oued Seybouse	43.827,93	16,74	48,65	60,06	15,02	4,10
Simul. GPS-X[®] O. Seybouse	8.684,72	1,85	152,53	90,48	25,68	8,26

Tableau 5.12 : Moyenne Max. Sec exploitation 2011-2015 :

	OTV/ONA entrée STEP	OTV/ONA Mesuré O. Seybouse	Simul. GPS-X[®] O. Seybouse	Normes
Débits (m³/j)	51.428,85	44.327,25	11.094,00	
MES Moy.max. (mg/l)	247,24	16,74	1,85	30,00
DCO Moy.max. (mg/l)	318,13	48,65	152,53	90,00
DBO₅ Moyen max. (mg/l)	204,99	60,06	90,48	30,00
NTK Moy.max. (mg/l)	9,13	4,10	8,26	10,00

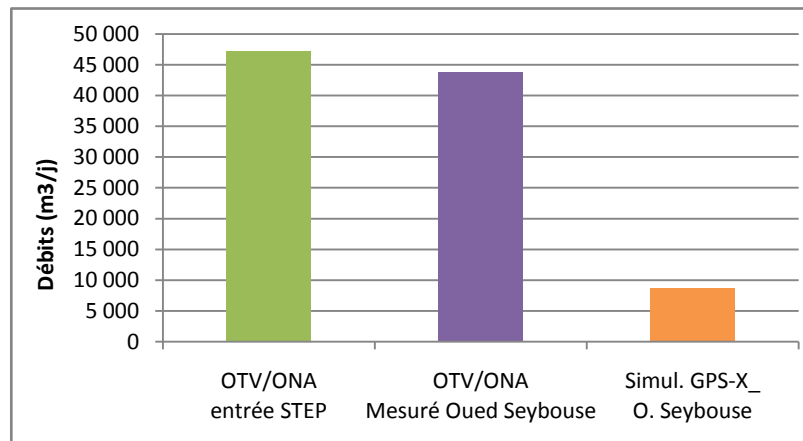


Figure 5.10 : Moyenne max. en temps sec des débits (m³/j)

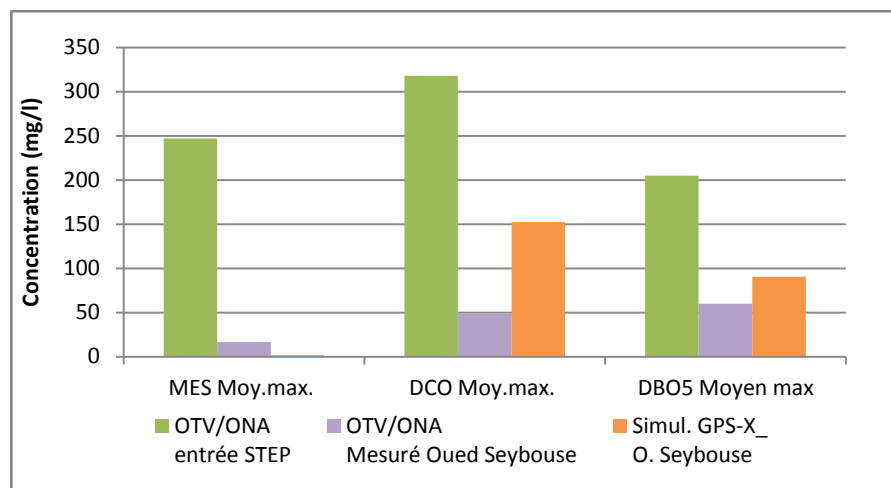


Figure 5.11 : Moyenne max, en temps sec des concentrations (mg/l) des MES, DCO et DBO₅

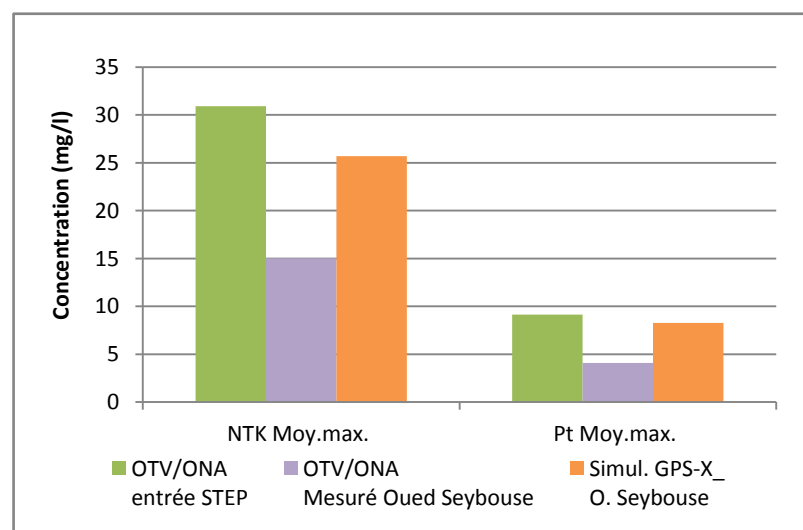


Figure 5.12 : Moyenne max. en temps sec des concentrations (mg/l) de Nt et Pt

5.3. Résultats et interprétation :

Les conditions ayant prévalu à la gestion, contrôle et suivi de l'exploitation de la STEP depuis son entrée en fonction, n'ont pas favorables pour la constitution d'une base de données fiable; ce qui se reflète tant par une discontinuité et incohérence de l'enregistrement de ces données difficilement exploitables à l'échelle journalière. Cet état de fait, est tout particulièrement dû à l'insuffisance des moyens d'investigation, ainsi, la rupture des stocks récurrente les réactifs s'illustre par l'insuffisance des analyses des paramètres fondamentaux de pollutions.

Ceci a conduit à définir une hypothèse de travail fixant un objectif cardinal congru aux capacités nominales de la STEP, la valeur maximum moyenne des débits et des paramètres de référence a été retenue, Ainsi, les simulations par le GPS-X[®], ont en effet été effectuées sur la base des données agrégées tels les débits et des paramètres y afférant des années 2011 à 2015 relatives à l'exploitation de la STEP par l'OTV/ONA, les tableaux et graphes suivants exposent les résultats en temps humide et sec.

A- En temps pluvieux : tableaux 5.10, 5.11, et 5.12 ainsi que les figures 5.1, 5.2 et 5.3 :

- 1- Le rapport DCO/DBO₅ égal à 0,81, compris entre 0,65 et 2,5 confirme l'origine domestique des eaux usées (Dégrément, 1989) ;
- 2- Les MES restent conformes à la norme de 30 mg/l tant pour OTV/ONA que pour GPS-X[®] ;
- 3- La DCO est pour OTV/ONA conforme à la norme, mais elle ne l'est pas pour GPS-X[®] ;
- 4, La DBO₅ est relativement peu conforme pour OTV/ONA et GPS-X[®] ;
- 5- Les NTK sont non conforme pour les sources OTV/ONA, mais ne le sont pas pour GPS-X[®] ;
- 6- Le Phosphore est conforme pour OTV/ONA, mais il n'est pas pour GPS-X[®].

B- En temps sec : tableaux 5.14, 5.15, 5.16 et figures 5.4, 5.5 et 5.6 :

- 1- Le rapport DCO/DBO₅ égal à 1,5, donc compris entre 0,65 et 2,5 (Dégrément, 1989) confirme la l'origine domestique des eaux usées,
- 2- Les MES restent conformes à la norme de 30mg/l tant pour OTV/ONA que pour GPS-X[®],
- 3- La DCO est conforme pour OTV/ONA à la norme, mais elle est non conforme pour GPS-X[®],
- 4- Les NTK sont non conforme pour les sources OTV/ONA et GPS-X[®],
- 5- Le Phosphore est conforme pour OTV/ONA, mais il ne l'est pas pour GPS-X[®],

5.4. Conclusion:

L'analyse des résultats obtenus par GPS-X[®] et OTV/ONA, révèle, que la qualité des EUE des rejets dans l'Oued Seybouse, en temps pluvieux et sec, confirme l'origine domestique des EU et que les MES sont conformes à la norme de 30 mg/l.

Cependant, par rapport aux normes la DBO₅ et les NTK; sont selon OTV/ONA, relativement peu conformes, mais pour GPS-X[®], ils sont absolument non conformes. La DCO et le Phosphore restent conformes, pour OTV/ONA, mais non conformes pour GPS-X[®].

Globalement les résultats de simulation par GPS-X[®], conçu comme système expert révèlent une tendance de la performance de l'épuration médiocre; ce qui décline une gestion de la STEP peu efficace.

Cette observation nécessite la mise en œuvre de mesures adéquates pour l'amélioration des performances de la STEP. La qualité d'EUE conformes aux normes requises reste un facteur déterminant pour atteindre l'objectif stratégique visant la réduction du déficit en eau particulièrement du secteur de l'agriculture.

Chapitre 6.

Analyse de l'espace agro- pédologique de la plaine d'El-Hadjar

Chapitre 6.

Analyse de l'espace agro-pédologique de la plaine d'El-Hadjar

6 1. Introduction :

Dans cette partie, sont étudiées les possibilités d'irrigation les sols de la plaine d'El-Hadjar (7.000 ha irrigable [IFAGRARIA, 1967]). Cette irrigation devra être assurée par l'usage conjoint des EUE de la STEP d'Annaba et des EP du bassin versant de l'Oued El-Khanga sur lequel sera construit le barrage Mahcha devant stocker ce mélange sera, ce réservoir devra régulariser 13 hm^3 , dont 3 hm^3 constitueront le volume mort (ANBT, 1990).

Cette approche vise la mise en œuvre selon un scénario volontariste défini par les critères agro-pédologiques des sols du périmètre d'El-Hadjar (PNE-MRE, 2010). Ainsi seront caractérisées les aptitudes de ces sols, aux différents groupes cultureux définis dans les systèmes assolement rotation adaptée à la vocation agricole de la zone.

6.2. Localisation :

Le périmètre d'El-Hadjar, couvre une superficie de 11.000 ha brute, il est situé entre la gauche de l'Oued Seybouse et les berges orientales du Lac Fetzara (cf. figure 6. 1.),

6.3. Définition et analyse du système agro pédologique de la zone d'étude d'après IFAGRARIA, 1967 :

6.3.1. Situation et perspectives agro-économiques :

La zone d'étude est en grande partie plane, la pente moyenne des terrains est de 9%. Toute la SAU est mécanisable, en majorité les sols sont de bonne qualité (classe II et III), riches en K_2O et moyens en P_2OS ; ils sont toutefois, à tendance compacte et devront être améliorés par des travaux de bonification hydraulique.

La mise en valeur hydro agricole par l'introduction de l'irrigation devra constituer le facteur déterminant en vue d'une amélioration ultérieure des productions agricoles et des revenus. Le réservoir Mahcha qu'on prévoit de construire sur l'Oued El-Khanga, nécessaire à l'irrigation, permettra aussi de donner une meilleure sécurité à la bonification hydraulique du périmètre, en assurant une protection contre les inondations de fréquence inférieure à une fois tous les 10 ans (IFAGRARIA, 1967).

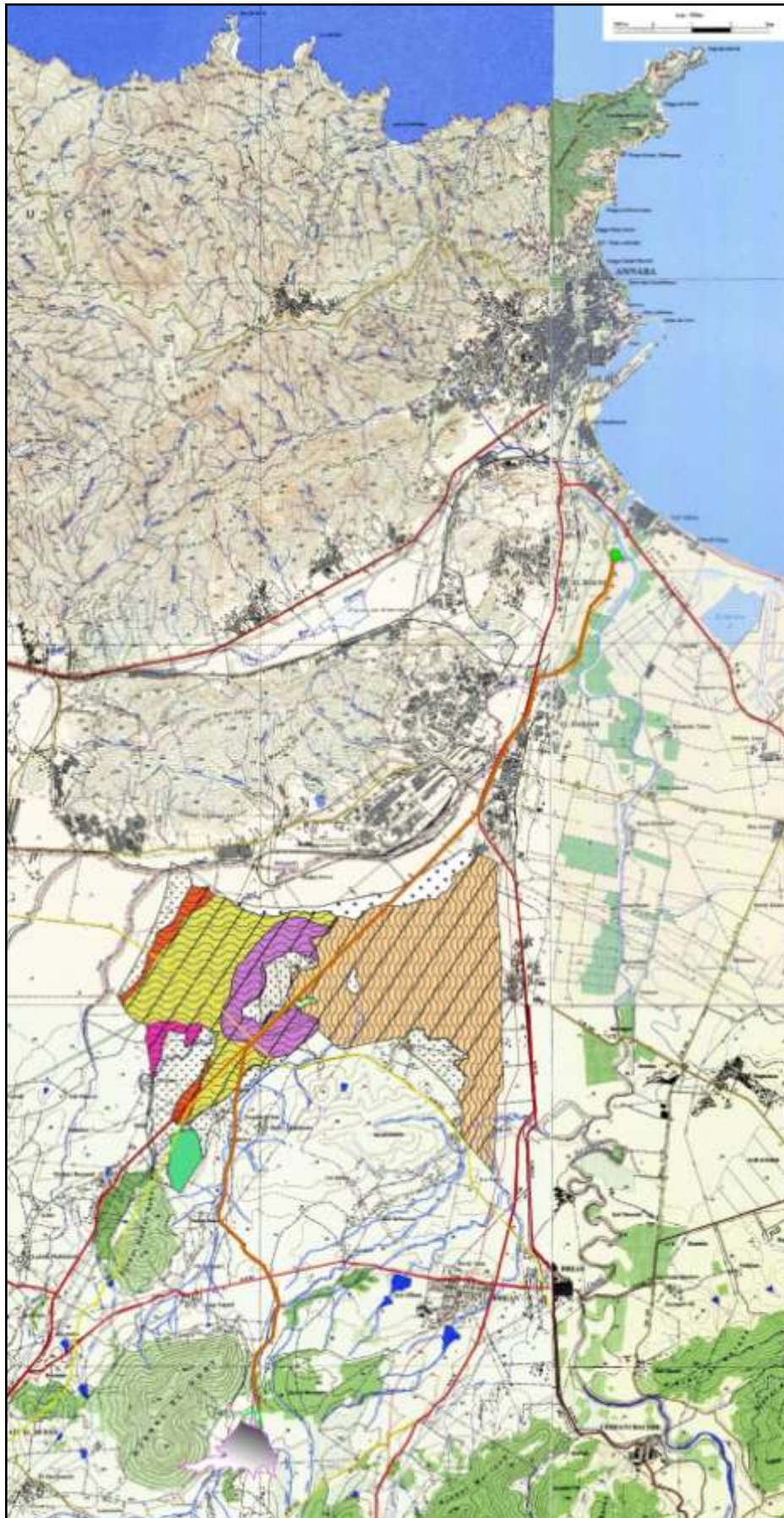


Figure 6.1 : Carte des sols et localisation du périmètre

6.3.2. Aménagements hydro agricoles projetés :

Les terrains de la zone permettent presque toutes les cultures herbacées et arboricoles (sont à exclure les agrumes à cause de la texture des sols lourds,

6.3.3. Répartition des cultures sur le périmètre :

La superficie globale de la zone sera répartie ainsi:

- Fruitiers	2.000 Hectares
- Vignobles	500 Hectares
- Pâturages	1.680 Hectares
- Destiner aux assolements	5.000 Hectares
Total cultivé	9.180 Hectares
- Aires de services, terres non agricoles, forêt y compris les 250 ha - sur lesquels est placé le barrage du Ressoul	2.200 Hectares
Total général	11.380 Hectares

Les 5.000 ha seront répartis à raison de 3.000 et 2.000 ha, respectivement aux assolements II et III.

6.4. Caractéristiques agro pédologiques et surfaces utiles des sols à irriguer par le Barrage Mahcha :

6.4.1. Types de sols, et surfaces irrigables :

Les sols irrigables affectés à cet aménagement appartiennent exclusivement aux classes II et III (Figure 6.1.)

6.4.1.1. Classe II :

Les terrains sont plats ou à relief peu ondulé; l'épaisseur de la couche végétale est de 80 - 120 cm; La texture est fine ou moyenne, la structure favorable jusqu'à la profondeur de 50 - 80 cm (manifestation des indices d'hydromorphie). (Figure 6.1.) Ce sont des sols bons pour les cultures céréalières, fourragères, industrielles et maraîchères; Mais sont moyennement bons pour les cultures arbustives. Pour leur mise sous eau, il est nécessaire de procéder à quelques travaux de nivellement, de labour profond et d'épandage d'engrais.

6.4.1.2. Classe III :

Sols peu ondulés, l'épaisseur de la couche végétale est de 50-80 cm. La texture est fine à moyenne. En profondeur (50 - 80 cm), il y a la présence d'un horizon d'oxydoréduction. (Figure 6.1.). Ce sont des sols bons pour les cultures maraîchères, céréalières et fourragères, moyennement bons pour les cultures industrielles et mauvais pour les cultures arbustives.

Pour leur irrigation, il est nécessaire de procéder à un labour profond, à un épandage d'engrais et à un drainage de surface dans quelques cas.

6.4.1.3. Classe IV :

Cette classe de sol bien que représentée sur la carte des sols du périmètre, ne sera pas étudiée dans cette contribution. Les pentes de ces sols ne dépassent pas 5%. L'épaisseur y est moyenne, la texture est moyenne à fine, on signale toute fois la présence d'une faible hydromorphie superficielle avec parfois une faible salinité à la profondeur d'un mètre. (Figure 6.1.) Ces sols sont aptes aux cultures céréalières, fourragères, maraîchères; ils sont moyennement bons pour les cultures industrielles, mais mauvais pour les cultures arbustives. Il est nécessaire de procéder à un drainage sur toute la surface, à un labour profond et à un épandage d'engrais.

6.4.1.4. Classe V :

Sols d'épaisseur moyenne, caractérisés par une hydromorphie forte et une salinité de surface faible (Figure 6.1.). Ils ont une aptitude moyenne aux cultures céréalières, maraîchères. Il est nécessaire de procéder à un drainage de toute la surface avant l'irrigation.

6.4.2. Aptitude à l'irrigation :

L'étude IFAGRARIA (1967) a montré que seulement les classes II et III sont irrigables, aux tableaux 6.1 et 6.2 sont représentés le profil type respectivement des classes de sol II et III:

→ **Profil 17 :**

Le sol est de nature sablonneux limono argileux avec une faible perméabilité, mais une humidité équivalente moyenne de 31%, le pF est en moyenne de 1,66%

Tableau 6.1 : Classe de sol II du Profil 17 :

Horizon	Profondeur Cm	Granulométrie %				Détermination hydrologique		
		S _g	S _f	Limo n	A	K cm/h	He %	Pf %
A1	20	8.60	50.20	31.00	10.20	1.6	29.9	0.81
A2	60	3.00	42.15	25.00	29.25	1.2	32.1	2.51
B1	120	5.40	41.00	27.35	26.25	-	-	-

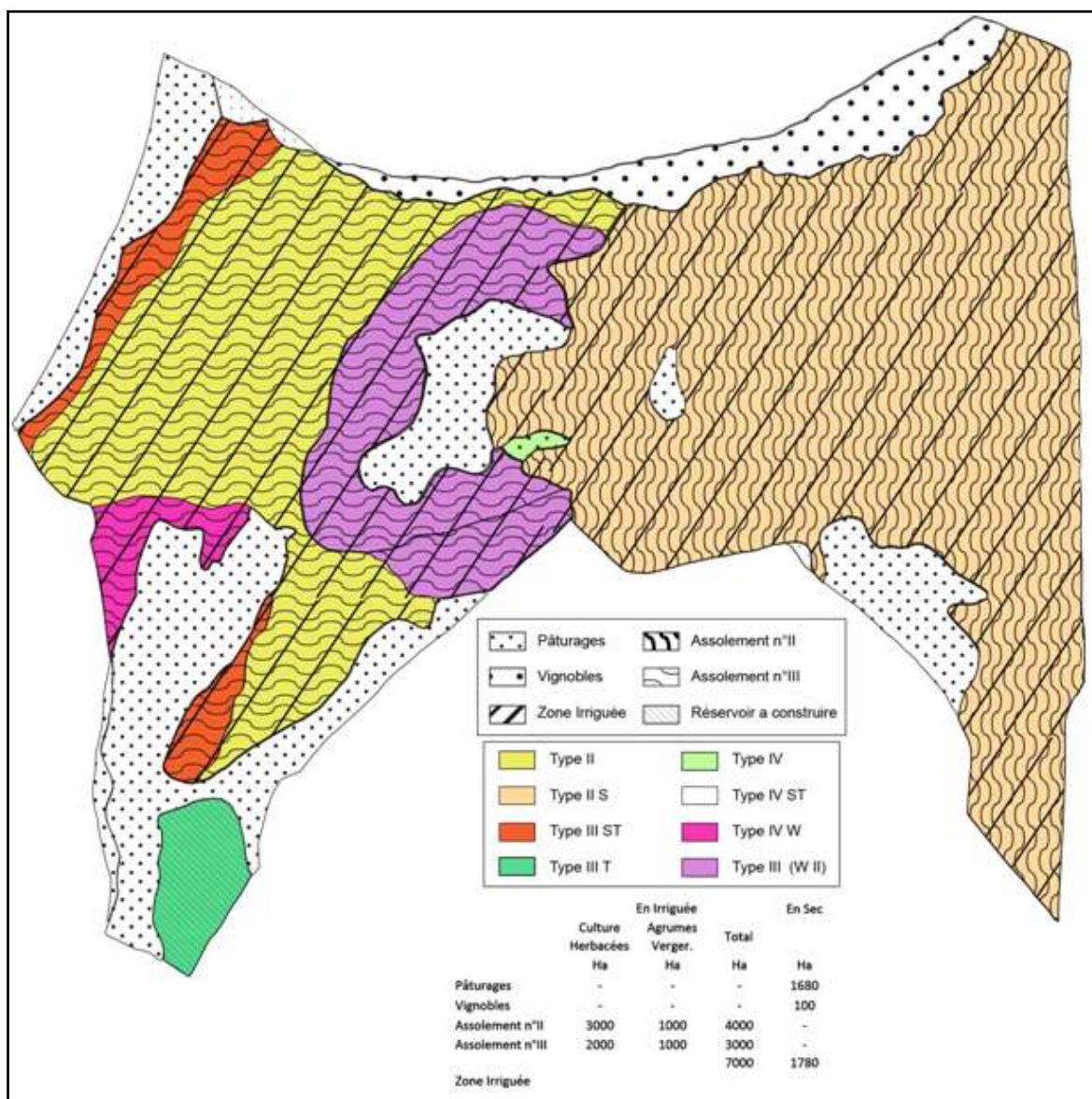


Figure 6.1. Caractéristiques des sols irrigables (type II et III) du périmètre d'El-Hadjar (ex. Duzerville) synthèse

→ **Profil 31 :**

Tableau 6.2 : Classe de sol III du Profil 31 :

Horizon	Profondeur cm	Granulométrie%				Détermination hydrologique		
		Sg	Sf	limon	A	K cm/h	He %	Pf %
A1	20	66.40	15.50	14.35	3.75	4.3	5.7	0.11
A2	40	67.40	14.40	13.50	4.85	2.6	5.1	0.56
B1	130	40.40	5.30	5.96	35.40	--	--	--

Ces sols sont à dominante sablonneuse néanmoins avec une proportion équilibrée entre limons et argiles (cf. figure 6.1, tableau 6.1).

Cette granulométrie confère à ces sols un potentiel hydrique moyen, la réserve facilement utilisable est moyenne, la perméabilité est faible, ce qui tendrait à réduire le drainage de ces sols.

6.4.3. Occupation des sols et assolements :

Selon IFAGRARIA, 1967, les Sols irrigables et en sec, couvrent une SAU respective, de 7.000 ha et 1.780ha; deux types d'assolements prévus sur 5.000 ha, ne concernent que les cultures herbacées; réparties sur 4.000 pour l'assolement de type II et 3.000 ha pour le type III; respectivement pour le type II et III. Toujours en irrigué les agrumes et les vergers occuperont 2.000ha du périmètre.

Les pâturages et les vignobles y seront pratiqués en sec sur 1.780ha.

Tableau 6.3 : Cultures et assolements dans le périmètre d'El-Hadjar (IFAGRARIA, 1967) :

	En irrigué			En sec
	Culture herbacée ha	Agrume verger ha	Total ha	ha
Pâturage	-	-	-	1.680
Vignobles	-	-	-	100
Assolement II	3.000	1.000	4.000	-
Assolement III	2.000	1.000	3.000	-
		Total	7.000	1.780

Tableau 6.4 : Répartition des cultures sur les sols irrigables :

Assolements 1 et 2	Cultures herbacées	
	% de SAU occupée	ha
Groupe céréales	40	2.000
Groupe cultures maraichères	25	1.250
Groupe cultures industrielles	20	1.000
Groupe cultures fourragères	10	500
Groupe légumes sec	5	250
Total	100	5.000
Arboriculture	100	2.000

Le tableau ci-avant présente la répartition des surfaces culturales devant occuper une SAU totale de 5.000 ha des sols du périmètre irrigable, cette distribution concernera les plantes herbacées prévues dans les assolements de type II et III; par contre l'arboriculture d'une manière générale occupera à elle seule 2.000 ha.

6.5. Conclusion :

Les sols du périmètre d'El-Hadjar ont une texture à dominante sablonneuse (60%); la granulométrie limoneuse et argileuse s'équilibrent; ce qui confère à ces sols une capacité au champs et pF relativement faibles à moyen; leur perméabilité est aussi faible et, constitue de ce fait un facteur limitant au drainage interne, ce qui nécessitera des travaux de bonification conséquents (IFAGRARIA 1967).

La SAU brute du périmètre d'El-Hadjar couvre 8.780 ha, 7.000 ha constituent les sols irrigables dont 5.000 ha seront réservés aux cultures herbacées assolées par contre 2.000 ha seront affectés à l'arboriculture; les pâturages et vignobles occuperont respectivement 1.680 ha et 100 ha.

Chapitre 7.

Etude des besoins en eau des groupes de cultures

Chapitre 7.

Étude des besoins en eau des groupes de cultures proposées sur le périmètre d'El-Hadjar

7.1. Choix adapté d'une méthodologique :

7.1.2. Les modèles de calculs des besoins en eau des cultures :

Ces modèles dans leur ensemble sont bien décrits dans la référence (Malkia R., 2016), l'auteur tout en rappelant dans les détails ces modèles, il souligne avec forts arguments que le modèle de Penman-Monteih intégré dans le logiciel (FAO), est à ce titre recommandé par cette institution pour l'estimation des besoins en eau des cultures, notamment dans les conditions hydro climatiques de la zone d'étude objet du chapitre 6.

7.1.2. Le modèle de Penmann-Montieth (Allen et al. 1998, Malkia R., 2016) :

L'équation originale de Penman établie en 1948 sur une nappe d'eau libre, combinait l'équation du bilan d'énergie et l'équation aérodynamique de transfert de la vapeur d'eau pour donner une formulation physique au mécanisme d'évaporation. Elle fut étendue à un couvert végétal par Monteith (1965).

L'évapotranspiration de référence E_{t0} (mm / jour:) est exprimée, à partir de l'équation originale de Penman-Monteith (1) et des équations de la résistance aérodynamique et de surface.

L'équation utilise des mesures climatologiques standard de rayonnement solaire (insolation), température de l'air, humidité et vitesse du vent. Pour assurer la précision des calculs, les mesures climatiques doivent être faites à 2 m (ou converties à cette hauteur) au-dessus d'une surface vaste de gazon couvrant le sol et non limitée en eau.

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T+273)} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + (1 + 0.34 u_2)} \quad (mm/j) \quad (1)$$

E_{t_0} : évapotranspiration de référence (mm / jour) ;

R_n : radiation nette à la surface de la culture (MJ / m².j) ;

G : flux de chaleur du sol (MJ / m².jour) ;

T : température moyenne à 2 m au dessus du sol (°C) ;

U_2 : vitesse du vent mesurée à 2 m (m/s) ;

$(e_a - e_d)$: déficit pression de vapeur (kPa) ;

Δ : Pente de la courbe de tension de vapeur (kPa/°C) ;

γ : Constante psychrométrique (kPa/°C) ;

0,34 : coefficient du vent (m/s) ;

e_a : pression de vapeur saturante de l'air (kPa) ;

e_d : pression de vapeur actuelle de l'air (kPa).

- **Importance de la formule de Penman-Monteith :**

En effet, des études au Sahel (Monteith, 1981) et dans d'autres régions arides (Hess, 1998; Jensen, M. E. et Haise H. R., 1963; Jones et al. 1981) ont montré que l'équation de Penman-Monteith-FAO était la plus adaptée pour l'estimation de l' E_{t_0} dans les environnements arides et semi-arides.

La FAO en collaboration avec le C.I.I.D, lors d'un colloque à Rome du 28 au 31 mai 1990, ont également recommandé la méthode de Penman-Monteith-FAO, avec des paramètres de rugosité et de résistance de surface normalisés, comme moyen de détermination de l' E_{t_0} .

Ils concluent que la sélection de cette méthode de calcul appropriée contribue à éliminer les problèmes liés à la mesure de l' E_{t_0} sur une culture vivante de référence, et permet l'obtention des valeurs d' E_{t_0} consistantes dans toutes les régions du globe.

Selon FAO et CIID (1990), les données agro météorologiques enregistrées par les stations dont la température de l'air, la vitesse du vent, l'humidité, le rayonnement global sont les paramètres nécessaires et suffisants pour calculer l'évapotranspiration de référence selon l'équation de Penman-Monteith-FAO. (1)

- **Les besoins en eau des cultures :**

Le logiciel de la FAO, CROPWAT 8.0 a été utilisé pour le calcul de l'évapotranspiration de référence par application de la formule de Penman-Monteith modifiée par la FAO.

Les besoins en eau des cultures sont fonction de l'évapotranspiration maximale (ETM), ils sont calculés par la formule suivante :

$$B = Kc * ET_0 - P_{eff}. \quad (2)$$

Où

B : Besoin en eau en mm;

Kc: Coefficient cultural ;

Et₀ : Evapotranspiration de référence en mm ;

P_{eff} : Pluie efficace déterminée à partir de la méthode de l'USDA* qui représente environ 80% de la pluie totale en mm.

- **Le modèle de simulation des besoins des cultures CROPWAT[®] 8.0 :**

Le CROPWAT[®] est un programme informatique gratuit développé par la Division du Développement des terres et des eaux FAO dans le début des années 1990 pour aider les spécialistes de l'eau de l'agriculture dans la gestion de l'irrigation.

Cet outil d'aide à la prise décision, permet l'estimation de l'évapotranspiration de référence et des besoins d'irrigation des cultures. Il peut en outre être utilisé pour concevoir des systèmes d'irrigation et d'évaluer l'efficacité des pratiques d'irrigation. (Malkia R., 2016).

Le modèle CROPWAT[®] 8.0 a été choisi, car, il est téléchargeable gratuitement, facile d'utilisation et il permet d'avoir des sorties plus complètes. (Malkia R., 2016).

Toutes les procédures de calcul utilisées dans CROPWAT[®] 8.0 sont basées sur les directives FAO exposées dans la publication N°56 du bulletin FAO d'Irrigation et Drainage" Évapotranspiration des Cultures - Instructions pour estimer les besoins en eau des cultures». (Malkia R., 2016).

- **ET₀Penman-Monteith par jour/décade/mois :**

Le module Climat/ET₀ permet en premier lieu d'entrer des données; il requiert des informations de la station météorologique (pays, nom, altitude, latitude et longitude) et des données climatiques, qui peuvent être entrées par mois, décade ou jour.

Pour les paramètres climatiques, CROPWAT[®] a besoin de la température minimale et maximale, mais l'humidité, la vitesse du vent et l'insolation sont entrées seulement si disponibles (Malkia R., 2016) .

Le module inclut également les calculs suivants :

- Rayonnement;
- Évapotranspiration de référence (ET_0) en utilisant l'approche FAO de Penman-Monteith.

- **Précipitations efficaces :**

Pour les productions agricoles, les précipitations efficaces se réfèrent à la part des précipitations qui peut être effectivement utilisées par les plantes. La totalité des précipitations n'est pas disponible pour les cultures puisqu'en effet une partie est perdue par Ruissellement (RO) et Percolation en profondeur (DP).

- **Coefficient cultural (Culture hors riz) :**

Le K_c incorpore les caractéristiques qui différencient une culture spécifique de la culture de référence. Selon l'approche du coefficient cultural, l'évapotranspiration de la culture dans des conditions standard (ET_c) est calculée en multipliant l'évapotranspiration de référence (ET_0) par le K_c approprié. Il est influencé principalement par le type de la culture et dans une moindre mesure par le climat et l'évaporation du sol.

En outre, le K_c pour une culture donnée varie en fonction des phases de croissance, étant donné que la couverture du sol, la hauteur de la culture et la surface du feuillage changent au cours du développement de la culture.

En outre le logiciel CROPWAT[®] 8.0 requiert des valeurs de K_c pour la phase initiale, de croissance, de mi-saison et de récolte. Les valeurs de K_c pendant les phases de croissance et d'arrière-saison sont alors déduites.

7.2. Les données utilisées :

Le modèle Penman-Monteith défini plus haut recommandé par la FAO, est intégré dans le code informatique CROPWAT[®], il exige deux types de données :

Climatiques et pédologiques ;

7.2.1. Les données climatiques :

Elles sont relevées à la station météorologique de la station de l'aéroport d'Annaba sur une période de 25 ans, les paramètres climatiques au niveau de la station d'Annaba (Latitude : 36°49', Longitude : 7°49'; Altitude : 4 m.), sont représentés par une pluviométrie moyenne annuelle de 680 mm, une température moyenne annuelle de l'ordre de 18,2 C°, une vitesse du vent très uniforme qui varie de 3,1 à 3,5 m/s et une humidité relative moyenne annuelle qui varie entre 71 et 79%. Le nombre d'heures d'insolation atteint le minimum moyen en décembre avec 4,5 heures/jour et le maximum en Juillet avec 11,4 heures/jour. Les paramètres climatiques mensuels moyens sont utilisés par le CROPWAT® 8.0 pour déterminer ET₀ et par conséquent les besoins en eau des cultures.

Tableau 7.1: Valeurs moyennes de l'évapotranspiration de référence

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Et ₀ mm/jr	1,12	1,57	2,11	2,6	3,4	4,23	4,9	4,58	3,32	2,36	1,65	1,14

Source Malkia R., 2016

7.2.2. Les données pédologiques :

Le module Sol du CROPWAT® 8.0 permet d'abord l'entrée de données, il requiert les paramètres suivants déterminés à partir de l'humidité du sol à la capacité au champ et au point de flétrissement (tableau 7.1).

- Eau disponible totale;
- Taux d'infiltration maximum : ce taux, exprimé en mm par jour, représente la profondeur d'eau qui peut s'infiltrer dans le sol au cours d'une période de 24 heures; elle est en fonction du type de sol, de la pente et de l'intensité des précipitations ou d'irrigation;
- Profondeur d'enracinement maximum;
- Épuisement de la teneur en eau du sol initiale.

On attribue une valeur par défaut de 100 % pour représenter un profil de sol complètement humecté à la capacité au champ et 0% pour représenter un sol au point de flétrissement.

7.4. Interprétation :

Le tableau 7.2 révèle que les besoins totaux de calculés seraient de 15 hm³, dont 13,9 hm³ et 1,1 hm³ seraient respectivement affectés aux groupes de cultures assolées des sols II et III et à l'arboriculture.

7.3. Les résultats :

Tableau 7.2 : Besoins en eau des groupes de cultures du périmètre d'El-Hadjar

Cult. Assolement	Mois							m ³ /ha	m ³ /ha	ha	m ³ /an
	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.				
Céréales Var _X ₁	948	1.120	0	0	0	0	0	2.068	410	500	3.615.000
Culture Maraichère Var X ₂	550	1.340	1.950	2240	1.630	0	0	710	710	800	6.168.000
Culture Industrielle Var _X ₃	1040	1.750	2.100	1.460	0	0	0	350	350	400	2.540.000
Culture. Fourragère Var _X ₄	900	1.430	1.780	0	0	630	5.510	543	430	200	1.085.000
Culture Légume Secs Var _X ₅	609	500	0	770	1.530	175	1.565	149	5.718	100	571.790
TOTAL DES CULTURES ASSOLEES										3.000	13.980.790
Arboriculture Var _X ₆	1.010	1.680	2.060	1520	930	280	748	7.480		150	1.122.000
TOTAL CULTURES IRRIGUEES										4.500	15.102.790

7.5. Conclusion :

Eu égard à la vocation agricole, de l'aptitude agro pédologique des sols du périmètre d'El-Hadjar des conditions hydro climatiques et des systèmes cultureux, l'application du modèle de Penman Monteith sous CROPWAT[®] 8.0 (FAO) a permis l'estimation des besoins en eau (expérimentaux) s'évaluant à 15hm³ pour l'irrigation de 4.500 ha sur 7.000 ha irrigables des sols de classe II et III.

Ces besoins seront satisfaits par les eaux du mélange EUE de la STEP de Annaba, régularisées par le barrage Mahcha, conjointement avec les eaux météoriques du bassin versant de l'Oued El-Khanga.

Chapitre 8.

Etude de l'optimisation de l'usage du mélange eau pluviale - eaux usées épurées en

Chapitre 8.

Étude de l'optimisation de l'usage du mélange EP-EUE en agriculture

8.1. Présentation de la démarche :

8.1.1. Les modèles de calculs des besoins en eau des cultures :

Il s'avère donc impératif de pallier à cette faiblesse de l'usage de l'eau dans ce secteur stratégique de l'économie où la production agricole rationnelle pourrait contribuer d'une manière appréciable à la satisfaction des besoins alimentaires de la population nationale et/ou locale.

La vocation agricole de la région constitue le facteur déterminant sur lequel devra s'appuyer toute recherche de scénarios stratégiques où l'enjeu de l'eau se manifeste- par des déficits structurels, dans les systèmes d'approvisionnement et l'adaptation inefficace des types d'irrigation

Dans cette même perspective et eu égard aux caractéristiques agro pédologique des sols et des besoins en eau et des rendements des groupes culturaux préconisés sur le périmètre d'El-Hadjar, l'on propose une approche par une méthode de programmation linéaire pour optimiser l'efficacité économique de la production agricole sur ce périmètre hydro agricole d'El-Hadjar.

8.1.1.1. Objectif et outils :

L'optimalité de l'usage de l'eau en irrigation constitue la recherche du maximum d'une *fonction objectif* sous des contraintes liées aux aptitudes culturales des sols sous irrigation donc, aux besoins hydriques des systèmes d'assolement - rotations des cultures définis en fonction de la vocation agricole de la région et des orientations politiques visant la satisfaction alimentaire, avec pour corollaire, une réduction sensible de la facture des l'importations.de produits agricoles.

Ainsi l'optimisation de la gestion de la défaillance de l'offre en eau pour le secteur devra s'effectuer dans l'hypothèse de maximisation les surfaces des groupes de cultures adaptées aux meilleurs sols et offrant le plus fort coefficient technique de la *fonction – Objectif*.

Dans cette optique est appliquée une méthode de programmation linéaire dite du SIMPLEX sous le code LINPRO[®] Software pour la recherche d'un modèle d'optimisation du facteur mélange "EUE-EM" régularisé par le barrage Mahcha et affecté, à l'usage agricole.

Ce modèle est inspiré de celui réalisé à l'échelle nationale et dont il utilise certains résultats notamment les coefficients techniques relatifs aux différents groupes de cultures préconisés dans le périmètre (Nafaa M. T., 2000).

8.2. Définition du modèle mathématique :

8.2.1. Formulation de la fonction objective :

- **Le modèle général :**

Maximiser $f(x)$ telle que :

$$f(x) = \sum_{j=1}^{j=4} c_{1j}x_{1j} + \sum_{j=2}^{j=5} c_{2j}x_{2j} + \sum_{j=1}^{j=6} c_{3j}x_{3j} + \sum_{j=1}^{j=4} c_{4j}x_{4j} + \sum_{j=1}^{j=2} c_{5j}x_{5j} + \sum_{j=1}^{j=2} c_{6j}x_{6j} \quad (3)$$

Cette équation définit le modèle global du système de production préconisé dans le périmètre de Bounamoussa ainsi et dans le cas général:

$C_{i,j}$: Coefficient technique ou économique de la fonction relatif à la culture dans son groupe (j) présente le nombre de cultures dans le groupe ;

X_{ij} : Variable représentant la culture dans son groupe.

Il faut retenir que dans cet exemple l'optimisation ne sera étudiée que les groupes admis comme ensemble de cultures ce qui se traduit par l'expression :

$$f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5 \quad (4)$$

8.2.2. Valeurs des coefficients économiques des groupes de cultures :

Les solutions de la fonction objectif sont à rechercher par rapport aux cinq groupes de cultures et ceci en rapport avec leurs caractéristiques telles les surfaces totales, les rendements et les coefficients techniques moyens ce qui est traduit par le modèle agrégé ci-après présenté (équation 5) :

$$MAX \dots f(X) = 150X_1 + 200X_2 + 200X_3 + 30X_4 + 600X_5 \quad \dots \dots \dots (5')$$

Sujet à : [\leq \geq]

• **CONTRAINTES EAU (=)**

$$\begin{bmatrix} 948 & 550 & 1040 & 900 & 609 \\ 1120 & 1340 & 1750 & 1430 & 500 \\ 0 & 1950 & 2100 & 1780 & 0 \\ 0 & 2240 & 1460 & 0 & 770 \\ 0 & 1630 & 0 & 0 & 1530 \\ 0 & 0 & 0 & 630 & 175 \\ 0 & 0 & 0 & 770 & 1565 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \\ X4 \\ X5 \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 2424100 \\ 3676600 \\ 2756000 \\ 2453000 \\ 1457000 \\ 140000 \\ 310000 \end{bmatrix}$$

• **CONTRAINTES EAU (\leq) tableau système des contraintes**

$$\begin{bmatrix} 948 & 550 & 1040 & 900 & 609 \\ 1120 & 1340 & 1750 & 1430 & 500 \\ 0 & 1950 & 2100 & 1780 & 0 \\ 0 & 2240 & 1460 & 0 & 770 \\ 0 & 1630 & 0 & 0 & 1530 \\ 0 & 0 & 0 & 630 & 175 \\ 0 & 0 & 0 & 770 & 1565 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \\ X4 \\ X5 \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 2424100 \\ 3676600 \\ 2756000 \\ 2453000 \\ 1457000 \\ 140000 \\ 310000 \end{bmatrix}$$

• **CONTRAINTES SURFACES TOTALES**

$$[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1] x \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \\ X4 \\ X5 \end{bmatrix} \leq$$

8.3. Résultats et interprétation :

8.3.1. Résultats :

Le tableau suivant expose les valeurs optimales des variables de décision avec et sans légumes secs et des valeurs des fonctions économiques optimales correspondantes

Tableau 8.1 : valeurs optimales des variables de décision (ha) et de la fonction objectif (103 DA/ha)

		Variables de décision	CC_X ₁	CM_X ₂	CI_X ₃	CF_X ₄	LS_X ₅	SAU option totale ha
Coefficients économiques de la fonction Objective en 10³DA			150	200	200	30	600	
Surface agricole utile optimale par culture (ha)	Avec légumes secs		1.500	858	411	200	132	3.100
	Sans légumes secs		1.500	879	500	116		2.996
Valeur de la fonction objective en 10³DA			563.690 (avec légumes secs)			504.386 (sans légumes secs)		
valeur ajoutée optimale en 103 DA /ha			182			168		

8.3.2. Interprétation :

Soulignons que pour les groupes de cultures assolées, avec et sans légumes secs, la plus-value optimale serait, respectivement de **564 MDA/an** et **504 MDA/an**. L'arboricole n'étant pas incluse dans le système assolé, son coefficient économique est de 0,730 DA/ha, pour une SAU de 150 ha irrigués, la plus-value induite par cette spéculation serait de **110 MDA**; ce qui tendrait à augmenter le produit agricole total du périmètre valeur économique à **674 MDA/an** et **614 MDA/an** avec et sans légumes secs.

Rapportée à la surface totale optimale y compris l'arboriculture fruitière de 3.250 ha, la valeur ajoutée générée par le mélange EP-EUE serait de 0,182 million de DA/ha. Elle serait sensiblement inférieure de moitié aux valeurs optimales de 0,373 et de 0,329 millions DA/ha, respectivement publiées dans l'étude du modèle national du secteur agricole (Nafaa M. T., 2000) et celle présentées pour le périmètre Bounamoussa (Nafaa K., 2008).

Il faut toutefois souligner que les deux dernières valeurs sont relatives à une irrigation par une ressource en eau conventionnelle dont le prix est bien supérieur à celui du mélange EP-EUE qui reste symbolique. C'est en ce sens que le recours à l'usage de l'eau de cette catégorie et sous certaines conditions de normes OMS d'usage reste de loin le plus économique.

Il faut toutefois rappeler que l'usage de EUE a permis en expérimentant sur culture de pomme de terre * un écart de plus de 28 % enregistré entre les rendements obtenus dans les carrés respectivement, irrigués à l'EUE et l'eau potable, cet écart s'expliquerait dans ces conditions expérimentales, par l'effet du potentiel en nutriments, contenus dans l'EUE de la STEP de Souk Ahras.

L'on serait enclin à anticiper sur l'avantage de cet apport qu'offrirait les eaux usées du mélange notamment en saison sèche où la quasi-totalité de l'eau d'irrigation serait effectivement constituée d'EUE.

8.4. Conclusion :

Les résultats de l'optimisation de la production agricole telle que préconisée sur le périmètre irrigué d'El-Hadjar, font ressortir une plus-value de 0,182 DA/ha pour une SAU irriguée de 3.250 ha sur un total de 7.000 ha légumes secs et arboriculture fruitière inclus dans le système cultural préconisé dans cet espace hydro agricole. Cette plus-value est congrue à un usage conjoint EUE-EM régularisé par le barrage Mahcha dont le fonctionnement sera ci-après modélisé en application des fonctions Spins Cubics sous MATLAB®.

Chapitre 9.

Caractéristiques techniques des transferts des eaux usées épurées de la station d'épuration d'Annaba vers le barrage Mahcha

Chapitre 9.

Caractéristiques techniques des transferts des eaux usées épurées de la STEP d'Annaba vers le barrage Mahcha

9.1. Localisation du barrage Mahcha :

Situé dans la willaya d'Annaba le barrage de Mahcha, sera construit à environ 35 km au sud d'Annaba; Ce barrage est destiné à l'irrigation agricole, il est situé aux coordonnées (X : 8°24'41"E; Y : 36°36'35"N), le barrage-réservoir Mahcha est projeté pour l'horizon 2030, sur l'Oued Khanga affluent de l'hydro système de la Seybouse appartenant aux côtières orientales constantinoises Algérie Extrême Nord orientale. Son bassin versant couvrant 102 km², (PNE-MRE, 2010).

D'après les données de la station pluviométrique d'Ain Berda, la pluviométrie moyenne serait de 660 mm/an, l'apport moyen est de 12,9 hm³. (ANBT, 1990)

9.2. Rappel du projet de barrage et potentiel d'utilisation :

Ce barrage devra d'une part régulariser les apports directs des eaux météoriques des bassins versants des Oueds Ouglib et Khanga (102 km²) et d'autre part assurer le stockage des EUE de la ville d'Annaba refoulées par une conduite Ainsi il s'agit d'un usage de stockage inter saisonnier avec transfert des EUE vers le sud du territoire de la Willaya.

Un projet de périmètre irrigué sera associé à cet usage [environ 10.000 hectares (BG-DRE, 2008)]; l'irrigation serait assurée par un réseau gravitaire à partir, effectivement du barrage de Mahcha.

Les études préliminaires menées par l'ANBT ont estimé qu'au niveau de la retenue normale (116 m NGA), le volume utile du réservoir est de 10 hm³ environ. Les apports directs (eaux météoriques) représenteraient en moyenne 10 hm³/an environ, avec un minimum garanti 8 années sur 10 de 2 hm³/an

Les transferts annuels disponibles des EUE, seraient d'environ 20 hm³/an et proviendraient de la régularisation de ces EUE; on estime que le barrage pourrait satisfaire une demande en eau d'irrigation d'environ 16 hm³/an. (BG-DRE, 2008).

Cette potentialité présente l'intérêt de pouvoir disposer d'une réserve d'eau d'irrigation au niveau du barrage constante quelle que soit la pluviométrie, particulièrement pertinente en particulier en années sèches et très sèches, où les apports météoriques pourraient descendre à $0,3 \text{ hm}^3$ seulement (BG-DRE, 2008).

9.3. Fonctionnement du barrage et adduction en EUE :

9.3.1. Les modèles de calculs des besoins en eau des cultures :

9.3.1.1. Fonctionnement alternatif en " charge décharge" :

- En " **charge**" : durant l'intersaison – octobre à avril ;
- En " **décharge**" : durant la période d'irrigation.

Ce mode de fonctionnement est retenu dans cet aménagement hydro agricole, il limite les usages agricoles à la capacité utile du barrage, soit $10 \text{ hm}^3/\text{an}$.

9.3.1.2. Fonctionnement toute l'année en charge :

Ce mode est retenu par l'ANBT, correspondrait à un transfert mensuel d'environ $1,65 \text{ hm}^3/\text{mois}$. Ainsi, le barrage sera alimenté conjointement par les EUE et les eaux météoriques, durant la période humide (entre les mois d'octobre et d'avril), les proportions du mélange varieraient, en fonction de la pluviométrie annuelle; la dilution des EUE avec les EM décroîtrait jusqu'à la période estivale; les EUE à la fin de cette saison, constitueront la quasi-totalité des eaux stockées dans le barrage.

Les EUE contribuent au remplissage du barrage en fonction des récurrences pluvieuses, ainsi, on observe qu'à l'exception des années sèches à très sèche, l'apport des EUE en période de stockage : peut-être quasi nul; en revanche, l'apport des EUE en période estivale est indispensable pour garantir la demande en eau d'irrigation de $16 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Les eaux stockées au début de la période d'irrigation représentent au maximum le volume utile du réservoir soit 10 hm^3 , hors volume " mort" de 3 hm^3 réservé au stockage des solides en suspension (BG-DRE, 2008).

9.4. Organisation du transfert et de l'adduction :

9.4.1. Projet ANBT (ANBT, 1990):

Le fonctionnement est techniquement ci-après décrit :

- Transfert des EUE vers le réservoir de Mahcha par une conduite en pression de longueur 35 km, alimenté par une station de pompage située à la restitution des EU;

- Déstockage des eaux destinées à l'irrigation vers le bassin de charge puis transfert vers le réseau d'irrigation.

Le projet prévoit que dans le tronçon entre réservoir et bassin de charge, l'écoulement pourrait s'effectuer dans les deux sens :

- Vers le réservoir pour stocker le transfert avec un débit $Q_{\max.} = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, soit au maximum environ $60.000 \text{ m}^3/\text{j}$
- Vers le bassin de charge, pour intégrer les besoins en eau en période de pointe avec un débit $\text{Max.} = 2,30 \text{ m}^3/\text{s}$, soit au maximum environ $200.000 \text{ m}^3/\text{j}$

Dans ces conditions (fonctionnement en charge et décharge du tronçon réservoir/bassin pendant la saison d'irrigation, et avec une durée d'irrigation de 16h/j, la durée de transfert des EUE sera donc de 8 hr/j.

Compte tenu du débit maximum d'EUE de la STEP - en 2025 = $100.000 \text{ m}^3/\text{j}$ et en 2035 = $128.000 \text{ m}^3/\text{j}$, le débit de transfert mm^3/j , le débit de transfert maximum en période estivale sera respectivement de $33.000 \text{ m}^3/\text{j}$ en 2025 et $42.000 \text{ m}^3/\text{j}$ en 2035.

9.4.2. Qualité requise des EUE :

Les EUE sorties de la STEP, subiront un traitement tertiaire par ultra violet; elles seront en outre stockées plusieurs mois dans le barrage, où elles se mélangeront aux eaux météoriques ce qui améliorerait leur qualité : décantation des MES, traitement bactériologique par action biocide du soleil

9.4.3. Apport de solides en suspension dans le barrage :

Les garanties contractuelles de rejet situent la teneur maximale en MES des EUE à 30 mg/l.

En l'absence de filtration des EUE et pour une teneur résiduelle en MES de 10 mg/l dans les eaux destinées à l'irrigation, le niveau de sédimentation se situerait à 20 mg/l, soit pour un débit de $20 \text{ Hm}^3/\text{an}$, un apport en solide de 400 tonnes de sédiments par an.

Pour une densité de 1 ($400 \text{ T} = 400 \text{ m}^3$), cet apport représenterait moins de 1% de l'apport solide lié au ruissellement et peut être considéré comme négligeable. (BG-DRE, 2008)

9.4.4. Infrastructures et équipements à prévoir :

Cet usage requiert le transfert par canalisation des EUE sortie de la STEP vers le barrage.

Le transfert s'effectuera sous pression par une canalisation de 35 km, directement à partir de la sortie de la STEP, comme précisé dans les études préliminaires du barrage (ANBT, 1990); une station de pompage y sera installée pour assurer le refoulement des EUE de la côte NGA de la STEP (+ 4 m) à celle du barrage à la cote de retenue maximale (+ 117 m).

Une post-chloration pourrait être nécessaire pour inhiber le développement bactérien dans le réseau de distribution, l'injection éventuelle d'un algicide permettrait autant empêcher le développement algal lors du stockage.

9.5. Conclusion :

Il est utile de retenir dans cette approche constructive du projet de l'usage conjoint EUE eau météorique, que 20 hm³/an d'EUE seront refoulés par une conduite sous pression, entre la +4 NGA à 117 m NGA (CRN du Barrage).

Ce transfert se fera sur une longueur de 35 km, vers le barrage Mahcha où les EUE seront, durant une longue période, stockées, avant usage en agriculture, ce qui améliorerait davantage leur qualité.

Chapitre 10.

Modélisation du fonctionnement du barrage Mahcha

Chapitre 10.

Modélisation du fonctionnement du barrage Mahcha

10.1. Localisation du système de l'offre demande :

Le barrage Mahcha devra régulariser le mélange des eaux météoriques apportées par l'ensemble des sous bassins décrits plus haut (cf. figure 10.1 et tableau 10.1) et des eaux usées épurées transférées par une conduite sous pression telle que rappelé au chapitre 9.

La figure 10.1 représente le schéma du système de l'**Offre/Demande** en eau. La **sphère demandée** est exprimée par le périmètre d'El-Hadjar, alors que l'**asphère Offre** est représentée par le barrage-réservoir Mahcha, de capacité totale de 13 hm^3 , repartis en volumes utile et mort respectivement de 10 hm^3 et 3 hm^3 (BG-DRE, 2008).

Les demandes prévisionnelles en eau agricole sont estimées 16 hm^3 (PNE-MRE, 2010) ; Les demandes en eau d'irrigation ont été calculées sur la base des aptitudes culturales des sols et les systèmes d'assolement rotation des cultures retenus pour le périmètre d'El-Hadjar.

10.2. Une problématique de gestion connexe :

La situation du système" d'Offre/Demande " sus exposée soulève une problématique de gestion connexe de l'offre sous tendue par des contraintes naturelles d'une hydro climatologie marquée par des cycles de sécheresse prolongés (PNE-MRE, 2010).

L'analyse en de telle situation du système de ressource en eau, suggère la simulation de scénarios stratégiques de gestion de la demande en eau.

Ainsi l'objet de la présente contribution est consacré à la mise en œuvre d'une application d'algorithmes intégrés de modèles pour la simulation sur 43 ans, de la confrontation "**Offre/Demande** " en eau en vue de pouvoir apprécier les défaillances de l'offre et d'analyser leurs corollaires, les déficits et les déversements à l'aval.

10.3. Caractéristiques du barrage, évaporation et demande en eau agricole :

Les tableaux 10.1, 10.2 et 10.3, présentent respectivement les données relatives au barrage Mahcha, l'évaporation mensuelle mesurée au barrage Bounamoussa et les demandes en eau agricole du périmètre d'El-Hadjar



Figure 10.1 : Localisation et schéma du système de l'offre demande du barrage Mahcha

Tableau 10.1 : Caractéristiques du Barrage (ANBT, 1990)

Hauteur mètres		Volume hm ³	
H ₀	105	V ₀	0
H _{Min.}	108	V _{Min.}	3
H _{Vol. Utile CRN}	116	Volume	13
H _{Max. CPHE}	117	V _{Max.}	15

Tableau 10.2 : Evaporation mensuelle moyenne en mm barrage Bounamoussa

Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
142	94	52	35	40	54	96	122	164	199	230	214	1442

Source : ANBT, 1990

Tableau 10.3 : Demandes en eau agricole mensuelle du périmètre d'El-Hadjar en hm³

Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Total
2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	6	16

Source : PNE-MRE, 2010

Ces données seront alors introduites dans le programme de simulation de la confrontation **Offre –Demande** en eau (barrage-Mahcha → Périmètre d'El-Hadjar).

10.4. Approche méthodologique et outils :

Cette approche vise l'élaboration et application d'un algorithme de type déterministe dont les principes proposés par M. Roche (1972), ont fait l'objet de recherches développées d'abord en langage FORTRAN 77 et appliqués par ailleurs (Boutabila B., 1987), ensuite en PASCAL (Hammar Y. et Nafaa K., 2002 et 2003).

Dans cette application, les principes sus rappelés sont développés selon des procédures intégrées de programmation informatique sur une plateforme MATLAB[®] V7.0 combinée par SQL 2000 à un gestionnaire de base de données : Access Microsoft 2003; cet outil de simulation est construit en deux étapes (Nafaa K., 2008).

10.4.1. Etapes d'élaborations de l'outil :

Première étape : construction du modèle déterministe :

Ce type de modèle est construit sur la base de la courbe expérimentale de remplissage – vidange du barrage-réservoir (cf. figure 10.5) représentée par le système des expressions [1 à 6].

10.4.1.1. Formulation mathématique du système global de fonctionnement d'un barrage-réservoir : (Nafaa K., 2008).

Tableau 10.4 : présent le système d'équations du bilan et du fonctionnement d'un barrage-réservoir

Equation		Où
$V_{t+1} = V_t + A_t - R_t - Evp_t ; t$	(10.1)	V_t et V_{t+1} : Réserve dans le barrage à l'instant t et t+1 en hm ³ R_t : Volume à la sortie du barrage en hm ³ à l'instant t (défluent = affectations vers usagers) ;
$V_{t+1} = aX_t^2 + bX_t + c$	(10.2)	
$X = HT - HP (L)$	(10.3)	A_t : Apports dans le barrage en hm ³ à l'instant t (affluents) Ev_p_t : Evaporation à l'instant t en m;
$V = f(a, b, c, H)$	(10.4)	a, b et c : Coefficients des tronçons L de courbe de remplissage du barrage ;
$=> H = f(a, b, c, V)$	(10.4')	HT : Côte du plan d'eau dans la retenue, comprise entre HP (L) et HP (L+1) : côtes limites du tronçon L
$V_0 \leq V_{min.} \leq V \leq V_{max.}$	(10.5)	H₀, H_{max.}, H_{min.} : Hauteur initiale, minimale et maximale du barrage (m) : V₀, V_{min.}, V_{max.} : volume initial, minimal et maximal dans le barrage (hm ³).
$h_0 \leq h_{min.} \leq h \leq h_{max.}$	(10.6)	

L'équation (10.1) exprime la variation du bilan général d'un barrage-réservoir en fonction des variables ci haut définies. Les expressions (10.2, 10.3, 10.4 et 10.4') résolues sous les conditions (10.5 et 10.6) permettent de connaître à chaque instant "t", le volume calculé selon l'équation (10.1).

Le graphe de la figure 10.5, traduit la courbe de remplissage empirique du remplissage du barrage Mahcha. Cette courbe est discrétisée en trois segments (arcs) de parabole caractérisés chacun par les paramètres **a, b** et **c** calculés par une application de l'algorithme HPO 602 de l'ORSTOM (Roche M., 1973) réécrit sous langage MATLAB®. Les caractéristiques et paramètres des modèles des tronçons de la courbe sont exposés au tableau 10.6.

Une courbe de remplissage de barrage peut être analysée par 14 tronçons au maximum (Roche M., 1973), cet auteur propose l'algorithme de résolution des fonctions Splines Cubics, qui offre un tracé d'interpolation par tronçon de courbe, permettant une meilleure souplesse par rapport aux polynômes d'interpolation globale de Legendre (Jolion J. M., 1999). Cette méthode est appliquée au cas du barrage de Mahcha dont la courbe expérimentale de fonctionnement est discrétisée en trois segments (cf. figure 10.5).

Ces paramètres sont intégrés dans l'organigramme de la figure 10.2 décrivant l'algorithme du modèle de simulation de fonctionnement du barrage Mahcha. L'application de l'algorithme est développée sur la plateforme MATLAB® V.7.0 (Cf. Annexe E).

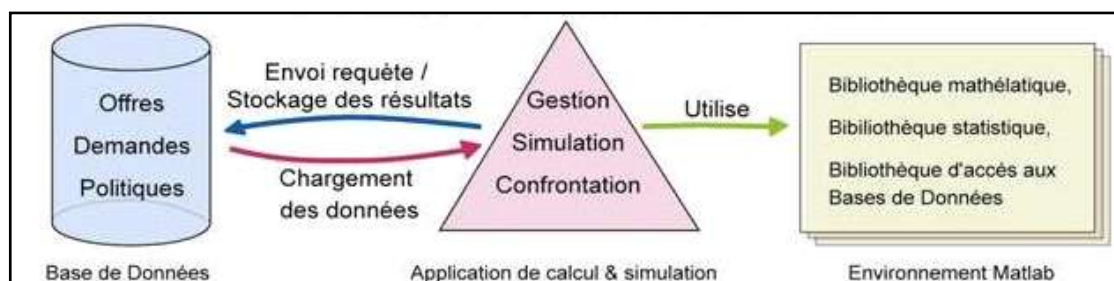


Figure 10.2: Schéma de principe de la confrontation Offre/Demande en eau
(Source Nafaa K., 2008)

10.4.1.2. Deuxième étape : Confrontation de l'offre demande à l'horizon 2035 :

Schéma synoptique du fonctionnement du système d'Offre/Demande :

La Figure 10.6, présente l'organigramme de l'algorithme de simulation des politiques de la confrontation offre/demande en eau; cette procédure est développée sous le logiciel de calcul et simulation MATLAB(r) version 7.0 interfacé par SQL à Access Microsoft qui est un gestionnaire de base de données (cf. programme de simulation en Annexe D).

Dans notre exemple la simulation du scénario de politique de la confrontation "Offre/Demande" en eau à l'horizon de planification 2035, se réfère à l'unité hydraulique constituée du barrage Mahcha et des demandes en eau d'irrigation, (16 hm³/an).

Tableau 10.5 : Côte NGA, hauteur de la digue et volume correspondant dans le barrage Mahcha

Cote NGA m	Hauteur de la digue m	Volume hm ³
105	0	0,00
106	1	0,95
107	2	1,25
108	3	3,00
110	5	4,06
111	6	5,5
112	7	6,55
113	8	9,00
115	10	11,20
116 CRN	11	13,00
117 CPHE	12	14,92

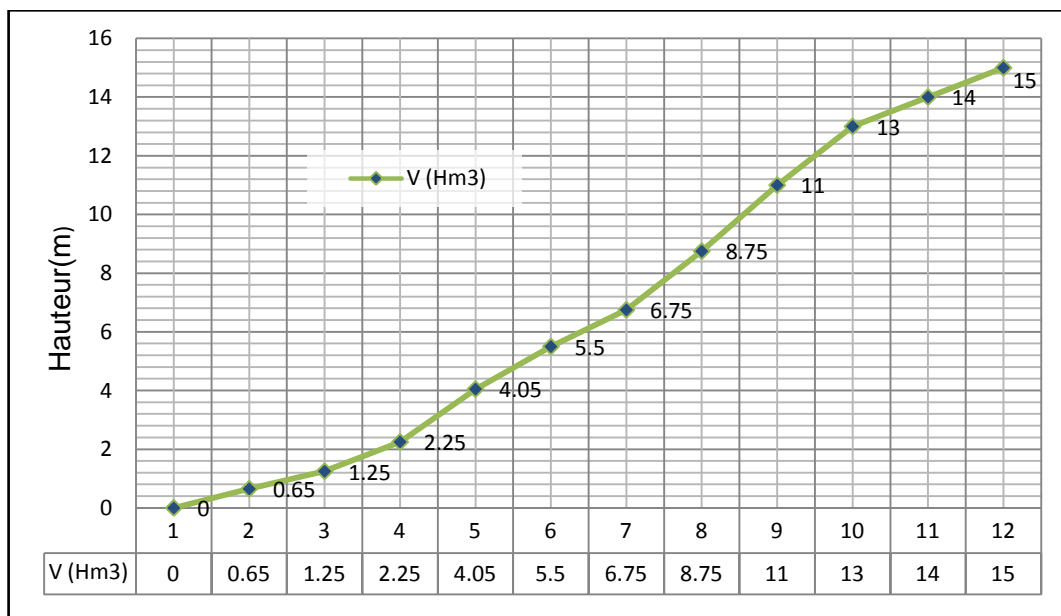


Figure 10.5 : la courbe de remplissage empirique du barrage Mahcha

Tableau 10.6 : Coefficients des segments de la courbe de fonctionnement du barrage Mahcha

$$V = f(h)$$

Segment	A	B	C
L ₁	0,2	-1	4,2
L ₂	0,725	-1,875	2,1
L ₃	-0,26	6,68	-27,8

10.5. Résultats, commentaires et suggestions :

Dans les hypothèses des projections évaluées des demandes et leur satisfaction définies plus haut, il en ressort d'après le tableau de synthèse (cf. tableau 10.7) que les déficits moyens annuels sont de **2,28 hm³/an**.

Ce qui constitue un manque à gagner équivalent à la production agricole de 456,8 ha irrigués; en appliquant la valeur ajoutée à l'hectare (évaluée au chapitre 7.3.1) de 0,182 MDA/ha; la perte totale due à ce déficit, serait de **83,14 MDA**.

Tableau 10.7 : Déficit moyen annuel, SAU non irriguée, surplus (déversements) et volumes restants moyen mensuels

Déficit moyen en hm³/an	2,28
Déficit en SAU non irriguée (ha) (besoins 5000 m³/ha)	456,00
Déficit en MDA (0,18 MDA/ha)	83,14
Surplus/déversements moyen annuel hm³/an	27,00

10.6. Conclusion :

Le mode de réutilisation avec stockage des EUE conjointement avec les eaux météoriques semble répondre à la prospective stratégique en matière d'économie d'eau arrêtée par les pouvoirs publics.

Le cas du barrage de Mahcha a permis d'étudier le scénario stratégique dédié à l'aménagement hydro agricole du périmètre irrigué d'El-Hadjar.

Ainsi il en ressort que sur une période de 43 ans, les déficits agricoles moyens seraient de 2,28 hm³/an représentant **14,25 % des besoins annuels théorique** (PNE-MRE, 2010), par contre les déversements (surplus) en moyenne de **27 hm³/an** rejoindront la basse vallée de la Seybouse au nord de la ville de Dréan; leur impact sera analysé au chapitre 11 .

Chapitre 11.

Impact éco environnemental de l'aménagement hydro agricole

Chapitre 11.

Impact éco-environnemental de l'aménagement hydro-agricole

11.1. Coût économique optimal de la production agricole du périmètre d'El-Hadjjar :

L'étude BG-DRE (2008) fait ressortir les coûts des investissements, des amortissements, de la gestion et suivi et, établit le coût du m³ d'EUE, tout en intégrant le coût du transfert et du bassin de stockage des EUE vers le barrage Mahcha.

Le tableau suivant présente les différents composants du coût de l'eau qui s'établit à 15DA/m³

Tableau 11.1: Prix de revient du m³ de la REUE (avec/sans le transfert vers le barrage Mahcha)

	Coût des investissements	Energie MDA	Amortissement MDA	Coût de gestion et de suivi MDA	Coût moyen DA/m ³
Avec barrage Mahcha	11713	157	429	371	33
Sans barrage Mahcha	2462	157	439	371	18
Ecart	9251	0	10	0	15

*Calculs déduits de l'étude BG-DRE, 2008

11.2. Impact de la régularisation par le barrage Mahcha du mélange "EUE-EM" :

L'analyse des résultats de simulation de la confrontation "Offre/Demande " permet d'apprécier l'impact économique des déficits en eau agricole d'une part et d'autre celui des déversements (surplus) non seulement sur la ressource souterraine de la nappe alluviale de la Seybouse, aval de Dréan ville.

11.2.1. Impact des déficits en eau :

Les déficits en eau d'irrigation ayant apparu lors de la simulation de "offre demande" représentent 2,28 hm³, soit 14,25 % de la demande totale en eau. Ce qui engendrait un manque à gagner équivalent à la production agricole de 456 ha en irrigué de 83,14 MDA. Cette perte équivaldrait à 14,71 % et 16,46 % de la valeur économique optimale totale respectivement avec et sans légumes secs en système assolé.

11.2.2. Impact du déversement (surplus) :

La simulation a montré qu'en moyenne, les déversements atteindraient 27 hm³/an. Ces déversements et compte tenu de l'existence de relation nappe-oued (B. Gaud - ANRH 1976), pourraient, en période de faible apport pluviale, faire remonter les niveaux piézométriques et leur corollaire, l'amélioration:

- 1- de la capacité d'exploitation des forages;
- 2- de la qualité par dilution des eaux de la nappe. Le résidu sec moyen est de 2 g/l, en particulier dans la zone de Dréan où le faciès hydrochimique dominant de l'eau de la nappe, est chloruré sodique. (Nafaa K., 1985).

Sur les 27 hm³/an générés par les déversements moyens annuels, 21 hm³/an (0,67 m³/s) représentent 24,4 % du débit minimum moyen de l'Oued Seybouse estimés à 2,34 m³/s (mesuré à la station hydrométrique de Mirbeck près la mise en eau du barrage de Debagh en 1987 (ANRH, 1993).

Ainsi les déversements sus évoqués, en basses eaux, tendraient, à améliorer le pouvoir auto épurateur de l'Oued Seybouse. D'un point de vue éco environnemental, ces déversements à partir du barrage Mahcha auront par conséquent, contribué à assurer l'amélioration du cadre naturel de la basse Seybouse.

11.3. Conclusion :

En référence aux résultats de ce chapitre, deux impacts sont à souligner d'une part le coût de 15 DA/m³, des investissements consentis aux projets d'aménagement hydro-agricole notamment le transfert des eaux usées épurées au barrage Mahcha et, d'autre part le manque à gagner économique engendré par le déficit de 2,28 hm³/an engendrant 21% de la valeur économique optimale.

Il faut forcément montrer à l'aval dans la vallée de l'Oued Seybouse, les déversements (surplus) de 27 hm³/an, auront simultanément un double impact éco environnemental la recharge de la nappe aquifère libre et le pouvoir auto épurateur de ce cours d'eau.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette contribution a porté sur l'étude et l'analyse de la problématique de l'usage conjoint de l'EUE et les eaux météoriques régularisées par le barrage Mahcha. Par cette approche de prospective stratégique la genèse s'est identifiée dans d'abord à travers le système d'épuration constitué par la STEP de Annaba.

La mise en œuvre du logiciel GPS-X[®]; a permis des simulations du fonctionnement uniquement des clarificateurs, la qualité des eaux épurées des rejets, dans l'oued Seybouse reflètent une efficacité de l'épuration médiocre.

Globalement les résultats révèlent cette tendance de la qualité des eaux usées après traitement. Un diagnostic semble être une des mesures d'urgence à prendre, afin de situer avec précision les insuffisances et, d'apporter des solutions managériales appropriées pour assurer une épuration de qualité.

Les perspectives offertes par la REUE conjointe à l'eau météorique au but de réduire voire annihiler le déficit en eau du secteur de l'agriculture dont les besoins seraient susceptibles d'être assurés suffisamment par les EUE de la STEP d'Annaba .

Les sols du périmètre d'El-Hadjar à texture dominante sablonneuse (60%) les granulométries limoneuse et argileuse s'équilibrent; ce qui confère à ces sols une capacité au champ et pF relativement faibles à moyen; leur perméabilité est aussi faible et, constitue de ce fait un facteur limitant au drainage interne ce qui nécessiterait des travaux de bonification conséquents (IFAGRARIA, 1967). La SAU du périmètre irrigable d'El-Hadjar est de 7.000 ha, 5.000 ha en seront réservés aux cultures herbacées assolées et 2.000 ha affectés à l'arboriculture fruitière. Les pâturages et vignobles occuperont respectivement 1.680 ha et 100 ha.

Eu égard des caractéristiques agro pédologique, des l'aptitudes culturale des sols et des conditions hydro climatiques du périmètre d'El-Hadjar et des systèmes cultureux, l'application du modèle de Penman-Monteith sous CROPWAT[®] 8.0 (FAO) a permis l'estimation à 15 hm³/an les des besoins en eau des cultures préconisées.

Ces besoins seront satisfaits par les eaux du mélange EUE de la STEP d'Annaba, régularisées par le barrage Mahcha, conjointement avec les eaux météoriques du bassin versant de l'Oued El-Khanga.

Les résultats de l'optimisation de la production agricole telle que préconisée sur le périmètre irrigué d'El-Hadjar font ressortir une plus value de 0,18 DA/ha pour une SAU irriguée de 3.250 ha sur un total de 7.000 ha légumes secs et arboriculture fruitière inclus dans le système cultural préconisé dans cet espace hydro agricole.

Le projet portera sur le refoulement de 20 hm³/an d'EUE entre la +4 NGA à 117m NGA (CRN du Barrage) par une conduite de longueur de 35 km. Ce transfert se fera vers le barrage Mahcha où les EUE seront, durant une longue période, stockées, avant usage en agriculture, ce qui améliorerait davantage leur qualité.

Le mode de réutilisation avec stockage des EUE conjointement avec les eaux météoriques semble répondre à la prospective stratégique en matière d'économie d'eau, décidé par les pouvoirs publics.

Le cas du barrage de Mahcha a permis d'étudier ce scénario stratégique dédié à l'aménagement hydro-agricole du périmètre irrigué d'El-Hadjar. Ainsi il en ressort que sur une période de 43 ans, les déficits, les déversements (surplus) et le volume restant dans le barrage s'évaluent en moyenne, respectivement à 2,28 et 27 hm³/an.

En référence aux résultats ci-hauts rappelés, deux impacts éco-environnementaux sont à prédire. D'une part le coût des investissements consentis pour le transfert des eaux usées épurées au barrage Mahcha, s'établirait à 15 DA/m³, et d'autre part le manque à gagner économique engendré par le déficit de 2,28 hm³ engendrant 21% de la valeur économique optimale.

Par ailleurs et subséquemment à ce qui précède, il faut forcément montrer d'à l'aval dans la vallée de l'Oued Seybouse, les déversements (surplus) de 27 hm³/an, auront simultanément un double impact éco environnemental avantageux, la recharge de la nappe aquifère libre et le pouvoir auto épurateur de ce cours d'eau.

Cette recherche méthodologique de l'étude de la valorisation des usées domestiques en agriculture dans le cas de la STEP de Annaba, a permis de montrer compte tenu de la complexité de la problématique liée aux risques dus à la qualité des eaux, les possibilités qu'offre cette démarche pour la recherche de solutions alternatives à circonscrire la pénurie d'eau qui sévira dans le proche avenir sur les latitudes bioclimatiques semi-arides auxquelles appartient l'Algérie.

Références
Bibliographiques

Bibliographie

- 📖 Ackoff R. L., 1973 : méthode de planification de l'entreprise, Editions d'Organisation;
- 📖 Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998: Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements- FAO Irrigation and drainage paper 56 – Food Agricultural Organization of the United Nations. Rome, 1998.
- 📖 ANBT, 1990 : Etude préliminaire du barrage Mahcha, 21p.
- 📖 ANRH, 1993 : Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500.000 (2 feuilles, une notice de 49 p.), Ministère de l'Equipement, Alger, Ed. I.N.C.
- 📖 Ansoff I., 1989 : stratégie du développement de l'entreprise, les Editions d'Organisation, Paris 1989, 1ere édition originale, 1965.
- 📖 Asano T., 1998: Wastewater reclamation and reuse, water quality management library, 1475 p.
- 📖 ATV-DVWK-A 131E, 2000: Dimensioning of single stage activated sludge plants, Germany.
- 📖 Aussoleil M., 1983 : La réutilisation des eaux usées comme élément de planification des eaux - La technique de l'eau et de l'assainissement.
- 📖 B. Gaud, 1976 : Etude hydrogéologique du système aquifère Annaba- Bouteldja, synthèse des données actuelles et recherche des conditions de modélisations: Rapport inédit, volume 2 ; 230 p + 10 figures.
- 📖 Berger G., 1959 : l'attitude prospective, L'encyclopédie française.
- 📖 BG-DRE, 2008 : Etude de réutilisation des eaux usées épurées et des boues stabilisées de la STEP d'Annaba.
- 📖 Boutebila B., 1987: Aménagement des eaux de la haute et basse Seybouse (Modèle de simulation numérique) - Thèse de doctorat de l'Université de Nancy II.

-
- 📖 Chachuat B., Roche N., Latifi M. A., 2000 : Identification et optimisation dynamique d'une station d'épuration de petite taille. Rapport relatif à la collaboration sur les échanges techniques en modélisation des stations d'épuration LSGC – Anjou Recherche. 144p.
- 📖 Condom N., 2012 : Réutilisation des eaux usées au Maroc. Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, 20 p.
- 📖 CTGREF, 1979 : Etude expérimentale des décanteurs secondaires de stations d'épuration situées en zone rurale : Boues activées en aération prolongée ; Ouvrages à flux vertical / Centre technique du génie rural, des eaux et des forêts. section équipement rural (France).
- 📖 D. Richard et al. 1993: « A systematic approach to estimating wastewater reclamation costs in california », Proc. WEF 66th annual conference, Anaheim, Californie.
- 📖 DEGREMONT, 1989 : Mémento technique de l'eau : vol. 1, 9^{ème} édition. Edition Technique et documentation Lavoisier, pp 592.
- 📖 Ecosse, D., 2001 : Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mémoire de DESS, Faculté des Sciences d'Amiens.
- 📖 Faby, J. A. Brissaud, F., 1998. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Ministère de l'agriculture et de la pêche. Documentation technique FNDAE, hors série n°11.
- 📖 FAO, 2016 : Besoins et prélèvements d'eau pour l'irrigation par pays ; Document de travail.
- 📖 G. Dantzig, 1960 : Programmation linéaire : "maximiser une forme linéaire".
- 📖 G. Shelef, 1991: Wastewater reclamation and water resources management; Water Science and Technology.
- 📖 Gaud B., 1976 : Etude hydrogéologique du système aquifère d'Annaba – Bouteldja (synthèse des connaissances et recherche des conditions de modélisation) Rapport de l'ANRH. Algérie. 151p
- 📖 Global Water Intelligence, 2005: Water Reuse Markets 2005-2015: A Global Assessment Forecast.

-
- 📖 Godet M., 1997 : une indiscipline intellectuelle: manuelle de prospective stratégique Tome 1, Dunod, Paris, 1997.
- 📖 Gomella C., Guerre H., 1978 : Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition Eyrolles, Paris 47 p.
- 📖 Haarhoff J. et Van Der Merwe B. V., 1996: twenty-five years of wastewater reclamation in Windhoek », Namibia, Water Science and Technology.
- 📖 Hammar Y., Nafaa K., Nafaa Dhikrane, 2002: La simulation numérique dans la planification stratégique des ressources en eau: cas de la wilaya de Bouira - Colloque international sur l'eau « Gestion quantitative et qualitatives des ressources en eau, Chlef le 5 & 6 février 2002, pp : 235-245.
- 📖 Hess T., 1998: Trend in reference evapotranspiration in the North East Arid Zone of Nigeria, journal of arid environment, pp:38,99-115.
- 📖 Hugues J., 1967 : Les Étapes de la prospective. Paris : PUF, © Revue Futuribles (n°247, novembre 1999), mise à jour 2002. Varii Auctores. 343 p.
- 📖 IFAGRARIA, 1967 : Etude générale de la mise en valeur agricole des plaines côtières d'Annaba, SCET - International 1967 : Périmètre irrigable de Bounamoussa.
- 📖 Jensen, M.E. & Haise H. R., 1963: Estimating Evapotranspiration from Solar Radiation. Journal of the Irrigation and Drainage Division, 89, 15-41.
- 📖 Jimenez B. & Asano T., 2007 International survey of wastewater reclamation and reuse practice, IWA Publishing (underpublication).
- 📖 Jiménez Cisneros B. et Chavez-Mejia A., 1991: Treatment of Mexico City wastewater for irrigation purposes, Environment Technical.
- 📖 Jolion J. M., 1999 : les fonctions Plines d'interpolation, METDST.
- 📖 Jones K., R. Berney, O. Can D. P. & Barrett E. C., 1981: Arid Zone hydrology for agricultural development. FAO Irrigation and Drainage paper; 37.
- 📖 K. Miller, 1990: US Water Reuse: current status and future trends, Water Environmental Technology.

-
- 📖 L'accident de Milwaukee l'industrie, les nuisances - n°299, pp:43-53.
- 📖 Lazarova V. et al., 1998 : (CIRSEE - Lyonnaise des Eaux) La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 ; L'eau, l'industrie, les nuisances, n°212, mai 1998 ; pp.39-46.
- 📖 Lazarova V. et F. Brissaud, 2008 : Réutilisation des eaux usées : Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, l'EAU.
- 📖 Lazarova V., 1999 : (CIRSEE - Lyonnaise des Eaux) " Rôle de réutilisation des eaux usées pour la gestion des ressources: coûts, bénéfices et défis technologiques " ; "L'eau, l'industrie, les nuisances", n°227, pp.47-57, août 1999.
- 📖 Lazarova, V. et Brissaud, F., 2017 : Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. L'eau, l'industrie et les nuisances, 299, 43-53.
- 📖 Lubbes H. J. M. Masson, P. Raous Et M. Apiou, 1994 : SAFARHY - Logiciel de calculs statistiques et d'analyses fréquentielle adapté à l'évaluation du risque en hydrologie, ORSTOM et USTL Montpellier II.
- 📖 Malkia R., 2016 : Impact des changements climatiques sur le fonctionnement des systèmes d'irrigation dans les grands périmètres de l'Est de l'Algérie ; Thèse de Doctorat en Agronomie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique – Alger.
- 📖 Martinèz-Herrero A.A., 2007 : Communication personnelle.
- 📖 Masse P., 1973 : de prospective à prospectives », Prospectives, PUF, n°1, juin. 1973.
- 📖 Mohammad S. Al-A'ama and G. F. Nakhla, 1995 : Wastewater reuse in Jubail, Saudi Arabia; Water Research; Volume 29, Issue 6, June 1995, pp:1579-1584.
- 📖 Monteith, J.L. (1981). Weather and Water in the Sudano-Sahelian zone. Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian zone. IAHS Press, Institute of Hydrology, Wallingford, U.K.
- 📖 Nafaa K., 1985 : Nappes superposées en région côtière, hydrodynamique et hydrochimie (aquifère de Annaba) Nord Est algérien. Thèse Docteur Ingénieur. USTL, Montpellier, 159p.


-
- 📖 Nafaa K., 2008: les modèles intégrés de stratégie de l'Eau (MISE): Approche méthodologique ; cas de l'hydro système de la Mafragh (Extrême Nord-est Algérien). Thèse de doctorat es Sciences de l'université Badji Mokhtar d'Annaba.
- 📖 Nafaa M. T., 2000 : Modèle prospectiviste du développement du secteur agricole algérien –Panel – INESG -Alger.
- 📖 Nafaa D., Hammar Y., El Kendj Y. et Nafaa K., 2017: Valorisation conjuguée de l'eau usée épurée à la fumure composite B.S.STEP/R.F.C.C: Essai sur culture de pomme de terre sur sol alluvial de la Medjerda, Nord Est Algérien).
- 📖 NRMMC-EPHC, 2006: National guidelines for water recycling. Managing health and environmental risks. Natural Resource Management Ministerial Council, Environment Protection and Heritage Council and Australian Health Ministers Conference. Biotext Pty Ltd, Canberra.
- 📖 ONA, 2007: Bilan d'exploitation de l'office national de l'assainissement de l'année 2007.
- 📖 ONA, 2013 à 2016 : Bilans d'exploitation des systèmes d'assainissement de l'unité d'Annaba pour les années 2013 à 2016
- 📖 OTV, 2011 et 2012 : Rapport d'exploitation mensuelle de la station d'épuration d'Annaba.
- 📖 OTV-DRE, 2007 : Note de Calcul, données de base, réalisation de la STEP d'Annaba
- 📖 PAM/PNUE, 2009: Rejets des stations d'épuration des eaux usées municipales dans les fleuves et cours d'eau se jettent dans la mer méditerranée, Plan d'Action pour la Méditerranéen / Programme des Nation Unies pour l'Environnement, MED POL, Kalamata (Grèce) 2-4 juin 2009.
- 📖 PNE-MRE, 2010 : Etude d'actualisation du plan national de l'eau ; Programme MEDA de l'Union Européenne ; EuropeAid/126155/D/SER/DZ, Août 2010.
- 📖 Prost A. et Boutin P., 1989: Le risque infectieux lors de l'utilisation d'eaux usées en agriculture. T. S. M. l'EAU, 1 :25-33.
- 📖 Renaud P., Lazarova V., Levine B. and Manem J., 1997: Wastewater reuse. International Report. 21st World Congress, Madrid, Spain, 20-26 Sept 1997.

-
- 📖 Roche M., 1973 : Hydrologie et aménagements des eaux (Méthodes structurales)-Bulletin de l'ORSTOM- Vol. X, n°1.
- 📖 Sadowski A. G., 2009. Traitement des eaux usées urbaines, Cours ENGEES, Tome 3, p.429-524.
- 📖 SOGREA Ingénierie – SPI, 1995 : Etude d'approvisionnement en eau potable de la ville d'Annaba et sa zone industrielle et du couloir El Kala – El Tarf à partir du barrage Mexa – Avant projet détaillé (Rapport).
- 📖 Wright R.R. et Missimer T. M., 1995: « Reuse: the experience and trend direction. Desalination and Water Reuse, 5/3, pp: 28-34.

Annexes


Annexes A : Agent biopathologique dans les eaux usées

Principaux virus présents dans les eaux usées :

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination	Figure
Virus de l'hépatite A	Hépatite A	Ingestion	 <p>Entérovirus vus au microscope électronique (pas d'échelle)</p>
Virus de l'hépatite E	Hépatite E	Ingestion	
Parvovirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion	
Reovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée	Ingestion	
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion	
Calicivirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion	
Coronavirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion / Inhalation	
Astrovirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion	
Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée	Ingestion	
Coxsackie	Méningite, maladie respiratoire, ...	Ingestion	
Echovirus	Méningite, diarrhée, ...	Ingestion	
Adenovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, diarrhée, ...	Ingestion	

source : adapté de l'US-EPA (1992) ; Asano (1998)

Principales bactéries pathogènes présentes dans les eaux

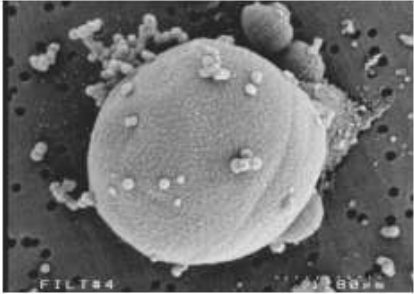
Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination	Figure
Salmonella (différents sérotypes)	Salmonellose	Ingestion	 <p>Escherichia coli vues au microscope électronique</p>
Yersinia enterocolitica	Gastro-entérite	Ingestion	
Leptospira spp.	Leptospirose	Cutanée Ingestion / Inhalation	
Legionella	Légionellose	Inhalation	
Campylobacter jejuni	Gastro-entérite	Ingestion	
Listeria monocytogènes	Listériose	Ingestion	
Escherichia coli (certains sérotypes dont O157:H7)	Syndrome Hémolytique et Urémique (SHU)	Ingestion	
Shigella ⁷	Dysenterie bacillaire	Ingestion	
Salmonella Typhi	Fièvre typhoïde	Ingestion	
Vibrio cholerae	Choléra	Ingestion	
Mycobacterium	Tuberculose	Inhalation	

source : adapté de l'US-EPA (1992) ; Asano (1998)

Thèse : Stratégie de mobilisation des ressources en eau non conventionnelle.
 Approche méthodologique : Etude prospective du cas des eaux usées
 épurées de la ville de d'Annaba


Annexes

Principaux protozoaires présents dans les eaux usées

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination	Figure
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	Ingestion	 <p>Cryptosporidium parvum vu au microscope électronique</p>
Giardia lamblia	Giardiase	Ingestion	
Balantidium coli	Dysenterie balantidienne	Ingestion	
Cryptosporidium parvum	Diarrhée, fièvre	Ingestion	
Toxoplasma gondii	Toxoplasmose	Ingestion / Inhalation	
Cyclospora	Diarrhée, légère fièvre	Ingestion	
Microsporidium	Diarrhée	Ingestion	
Naegleria	Méningite	Inhalation	
Enterocytozoon spp.	Diarrhée chronique, problèmes rénaux, musculaires, pulmonaires et oculaires	Ingestion	

source : adapté de l'US-EPA, 1992; Asano T.,1998

Principaux helminthes présents dans les eaux usées source : adapté de l'US-EPA,1992; Asano T.1998)

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination	Figure
Ascaris lumbricoides	Ascariadiase	Ingestion	 <p>Helminthe vu au microscope électronique (pas d'échelle)</p>
Ancylostoma duodenale	Ancylostomiase	Ingestion / Cutanée	
Ancylostoma spp.	Anémie	Ingestion / Cutanée	
Necator americanus	Necatoriase	Cutanée	
Strongyloides stercoralis	Strongyloïdase	Cutanée	
Trichuris trichuria	Trichuriase	Ingestion	
Taenia spp.	Diarrhée, douleurs musculaires	Ingestion	
Enterobius vermicularis	Enterobiase	Ingestion	
Hymenolepis	Nervosité, troubles digestifs, ...	Ingestion	
Toxocara	Fièvre, douleur abdominale	Ingestion	
Echinococcus granulosus	Hydatidose	Ingestion	

source : adapté de l'US-EPA, 1992; Asano T.,1998

Annexes B : Les bénéfices et les contraintes de la REUE

1. Les bénéfices de la REUE

1. Ressource alternative	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d'approvisionnement tout en diminuant la demande globale, • Différer le besoin de mobilisation d'autres ressources en eau, • Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels, • Dans certains cas, une exécution rapide et plus facile que la mobilisation de nouvelles ressources en eau de première main, • Garantir une indépendance vis-à-vis du fournisseur d'eau potable (par exemple pour des raisons politiques).
2. Conservation et préservation des ressources	<ul style="list-style-type: none"> • Économiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques, • Contrôler la surexploitation des ressources souterraines.
3. Aspects législatifs et sanitaires	<ul style="list-style-type: none"> • Anticiper la compatibilité avec les nouvelles tendances réglementaires. • Contribuer au déploiement de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.
4. Valeur économique ajoutée	<ul style="list-style-type: none"> • Éviter les coûts du développement, du transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau fraîche, • Dans certains cas, éviter les coûts de l'élimination des nutriments des eaux usées, • Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimiques en irrigation, • Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l'eau recyclée et des produits dérivés, • Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l'eau recyclée en cas de sécheresse, • Favoriser le tourisme dans les régions arides, • Augmenter la valeur foncière des terrains irrigués.
5. Valeur environnementale	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur, • Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse, • Éviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc., • Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.). • Proposer une alternative fiable aux rejets d'eaux usées dans les milieux sensibles (zones de baignade ou conchylicoles, réserves naturelles, etc.), • Profiter des nutriments apportés par l'eau d'irrigation pour augmenter la productivité des cultures agricoles et la qualité des espaces verts,
6. Développement durable	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire les coûts énergétiques et environnementaux par rapport à ceux de l'exploitation des aquifères profonds, du transport d'eau à longues distances, du dessalement, etc., • Assurer une ressource alternative à faible coût pour les régions arides, la protection des milieux sensibles et la restauration des zones humides, • Augmenter la production alimentaire en cas d'irrigation.

2. Les contraintes à l'usage de l'EUE

<p>1. Aspects législatifs et sanitaires :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées, • Absences de réglementation et des incitations à la réutilisation, • Droit sur l'eau: qui possède l'eau recyclée et qui récupère es revenus? • Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme.
<p>2. Aspects sociaux légaux :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acceptation publique de la réutilisation, • Répartition des responsabilités et gestion des litiges.
<p>3. Aspects économiques :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Financement des infrastructures (traitement tertiaire et réseau de distribution) et des coûts d'exploitation, • Recouvrement des coûts aléatoire, • Demande saisonnière pour l'irrigation et besoin de stockage, • Faible prix de l'eau potable (subventionnée) surtout pour es agriculteurs, • Responsabilité pour la perte potentielle du revenu de la vente d'eau potable.
<p>4. Aspects environnementaux et agronomiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols.
<p>5. Aspects technologiques :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Une grande fiabilité d'exploitation est requise, • Importance du choix de la filière de traitement

Annexe C

Décret exécutif n°93-160 du 10 juillet 1993 réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel.

8	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 46	14 juillet 1993
<p>Décret exécutif n° 93-161 du 10 juillet 1993 réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel.</p>		
<p>Le Chef du Gouvernement;</p> <p>Sur le rapport conjoint du ministre de l'éducation nationale et du ministre de l'équipement.</p> <p>Vu la Constitution, notamment ses articles 81 et 116;</p> <p>Vu la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement;</p> <p>Vu la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 92-304 du 8 juillet 1992 portant nomination du Chef du Gouvernement;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 92-307 du 19 juillet 1992 portant nomination des membres du Gouvernement;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 93-162 du 10 juillet 1993 fixant les conditions et les modalités de récupération et de traitement des huiles usagées ;</p>		
<p>Décrète :</p>		
<p>Article. 1^{er}. — Le présent décret a pour objet, conformément aux dispositions de l'article 41 de la loi n° 83-03 du 5 février 1983, susvisée, de réglementer le déversement des huiles et des lubrifiants dans le milieu naturel.</p>		
<p>Art. 2. — Est interdit le déversement dans le milieu naturel par rejet direct ou indirect ou après ruissellement sur le sol ou infiltration des huiles et lubrifiants, neufs ou usagés appartenant aux catégories et notamment :</p>		
<ol style="list-style-type: none">1 — huiles pour moteurs ou pour compresseurs et huiles de base moteurs,2 — huiles utilisées comme matière première pour la fabrication d'additifs pour lubrifiants,3 — huiles de graissage,4 — huiles pour engrenage sous carter,5 — huiles pour mouvement,6 — huile noire appelée " mazout de graissage ".7 — vaseline et huiles de vaseline,8 — huiles isolantes,9 — huiles de trempé,10 — huiles pour turbines,11 — huiles de lubrification des cylindres et des transmissions.		
<p>Art. 3. — L'interdiction édictée par l'article 2 s'applique aux évacuations des huiles et lubrifiants dans les réseaux d'assainissement même lorsque ceux-ci sont équipés de stations d'épuration.</p> <p>Des dérogations peuvent, cependant, être accordées par arrêté du ministre chargé de l'environnement pour autoriser certaines pratiques et notamment l'épandage.</p>		
<p>Art. 4. — Le déversement dans le milieu naturel, par rejet direct ou indirect, ou après ruissellement sur le sol ou infiltration des huiles et lubrifiants neufs ou usagés appartenant aux catégories autres que celles énumérées à l'article 2 ci-dessus peuvent être autorisées par le ministre chargé de la protection de l'environnement après avis du ministre chargé de l'hydraulique.</p>		
<p>Art. 5. — Les arrêtés prévus à l'article 3 ci-dessus fixent les limites que ne saurait dépasser le déversement compte tenu d'une part des caractéristiques de fonctionnement des moteurs, machines et dispositifs dans lesquels sont utilisés les huiles et lubrifiants et d'autre part, du degré de nocivité des produits en cause et de l'importance des nuisances qui peuvent en découler.</p>		
<p>Art. 6. — Les infractions aux dispositions du présent décret sont réprimées conformément à la législation en vigueur.</p>		
<p>Art. 7. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p>		
<p>Fait à Alger le, 10 juillet 1993.</p> <p style="text-align: right;">Bélaïd ABDESSELAM.</p> <p style="text-align: center;">★</p>		
<p>Décret exécutif n° 93-162 du 10 juillet 1993 fixant les conditions et les modalités de récupération et de traitement des huiles usagées</p>		
<p>Le Chef du Gouvernement,</p> <p>Sur le rapport du ministre de l'éducation nationale;</p> <p>Vu la Constitution, notamment ses articles 81 et 116;</p> <p>Vu la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 92-304 du 8 juillet 1992 portant nomination du Chef du gouvernement;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 92-307 du 19 juillet 1992 portant nomination des membres du Gouvernement;</p> <p>Vu le décret n° 93-161 du 10 juillet 1993 réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel;</p>		

Décret exécutif n°07-149 du 23 mai 2007 (suite)

8	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35	6 Jomada El Oula 1428 23 mai 2007
<p>Décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent.</p> <p>-----</p> <p>Le Chef du Gouvernement,</p> <p>Sur le rapport du ministre des ressources en eau,</p> <p>Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;</p> <p>Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;</p> <p>Vu la loi n° 87-17 du 1er août 1987 relative à la protection phytosanitaire ;</p> <p>Vu la loi n° 89-02 du 7 février 1989 relative aux règles générales de protection du consommateur ;</p> <p>Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ;</p> <p>Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ;</p> <p>Vu la loi n° 90-30 du 1er décembre 1990 portant loi domaniale ;</p> <p>Vu la loi n° 03-10 du 19 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;</p> <p>Vu la loi n° 05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 06-175 du 26 Rabie Ethani 1427 correspondant au 24 mai 2006 portant nomination du Chef du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 06-176 du 27 Rabie Ethani 1427 correspondant au 25 mai 2006 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Décète :</p> <p>Article 1er. — En application des dispositions des articles 76 et 78 de la loi n° 05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges- type y afférent.</p> <p style="text-align: center;">CHAPITRE I</p> <p style="text-align: center;">DISPOSITIONS PRELIMINAIRES</p> <p>Art. 2. — Au sens du présent décret, on entend par « eau usée épurée destinée à l'irrigation », toute eau usée dont la qualité, après un traitement approprié dans une station d'épuration ou de lagunage est conforme aux spécifications fixées par arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de la santé et de l'agriculture.</p>	<p style="text-align: center;">CHAPITRE II</p> <p style="text-align: center;">CONCESSION D'UTILISATION DES EAUX USEES EPUREES</p> <p>Art. 3. — L'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation est soumise au régime de la concession.</p> <p>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 au sens de l'article 2 ci-dessus.</p> <p>Art. 4. — L'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation doit être conforme aux clauses du cahier des charges-type annexé au présent décret auquel doit souscrire tout concessionnaire.</p> <p>Art. 5. — Le dossier de demande de concession est adressé par le demandeur, en double exemplaire, au wali territorialement compétent.</p> <p>La wilaya compétente est celle sur le territoire de laquelle sont situées les parcelles destinées à être irriguées par les eaux usées épurées.</p> <p>Art. 6. — La demande de concession doit comporter les noms, prénoms, et adresses pour les personnes physiques ou la raison sociale et l'adresse du siège social pour les personnes morales. Elle doit être accompagnée d'un mémoire technique, comportant notamment les documents et informations suivants :</p> <ul style="list-style-type: none">— une description de la station d'épuration ou de lagunage d'où proviennent les eaux usées épurées ainsi que le mode de traitement utilisé ;— la description et les plans des ouvrages de stockage, d'amenée et de distribution des eaux usées épurées à réaliser ;— une fiche d'analyse des eaux usées épurées dont la qualité doit être conforme, aux spécifications en vigueur. Les analyses doivent dater de moins de trois (3) mois ;— la localisation et la superficie des terres destinées à être irriguées, avec un plan parcellaire à une échelle appropriée où seront indiqués les parcelles destinées à être irriguées et le mode d'irrigation préconisé ;— un accord écrit de l'organisme gestionnaire de la station d'épuration ou de lagunage par lequel il s'engage à fournir les volumes d'eaux usées épurées, en quantité et qualité requises ;— un engagement des agriculteurs, utilisateurs des eaux usées épurées ;— un plan de situation des installations d'amenée, de stockage et de distribution des eaux usées épurées, sur lequel doivent être reportés les ouvrages et réseaux d'alimentation en eau potable situés à proximité ainsi que les installations d'épuration.	

Décret exécutif n°07-149 du 23 mai 2007 fixant les modalités d'utilisation des EUE à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges type (suite)

6 Joumada El Oula 1428 23 mai 2007	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35	9
<p>Art. 7. — Les services de l'hydraulique de la wilaya doivent procéder à une étude technique de la demande de concession, en concertation avec les services de l'agriculture, de la santé et de la protection de l'environnement. Ils doivent, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none">— vérifier la disponibilité, en quantité et en qualité, des eaux usées épurées destinées à l'irrigation ;— faire une évaluation technique de la faisabilité du projet ;— procéder à une visite des lieux ;— évaluer les risques de contamination des personnes, des cultures et des ressources en eau, ainsi que les conséquences sur l'environnement ;— recueillir l'avis des assemblées populaires communales concernées. <p>Art. 8. — La concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation est octroyée par arrêté pris par le wali territorialement compétent.</p> <p>Quand les terres destinées à être irriguées et la station d'épuration ou de lagunage sont situées sur le territoire de plus d'une wilaya, la concession est octroyée par un arrêté du ministre chargé des ressources en eau.</p> <p>Art. 9. — L'arrêté de concession doit comporter les indications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none">— la station d'épuration ou de lagunage d'où proviennent les eaux usées épurées ;— les volumes des eaux usées épurées qui seront utilisés annuellement ;— la localisation et la superficie des terres destinées à être irriguées. <p>Art 10 — L'administration a le droit de s'assurer, en tout temps, par la visite des ouvrages et des parcelles irriguées ainsi que par des prélèvements d'eau et de produits agricoles aux fins d'analyse, que les conditions auxquelles a souscrit le concessionnaire sont et demeurent observées.</p> <p>Art. 11. — En cas de rejet de la demande de concession, l'autorité compétente notifie sa décision, motivée, au demandeur.</p> <p>Art. 12. — En cas de refus, le demandeur peut introduire un recours dans un délai ne dépassant pas un mois à compter de la date de notification du refus avec de nouveaux éléments d'information ou de justification pour l'appui de sa demande.</p> <p>Art. 13. — La concession peut être modifiée, réduite ou révoquée, à tout moment :</p> <ul style="list-style-type: none">— en cas de non-respect des clauses du cahier des charges par le concessionnaire. Ce cas n'ouvre droit à aucune indemnité ;— pour cause d'intérêt général. Ce cas ouvre droit à une indemnité, au profit du bénéficiaire, si ce dernier subit un préjudice.	<p style="text-align: center;">CHAPITRE III PREVENTION DES RISQUES LIES A L'USAGE DES EAUX USEES EPUREES</p> <p>Art. 14. — L'irrigation, avec des eaux usées épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommables crus est interdite.</p> <p>Art. 15. — La liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées est fixée par arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé.</p> <p>Art. 16. — Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée à l'article 15 ci-dessus.</p> <p>Art. 17. — L'irrigation par les eaux usées épurées des cultures autorisées doit cesser au moins deux semaines avant la récolte.</p> <p>La consommation des fruits tombant au sol est interdite ; ces fruits tombés doivent être détruits ou transportés à la décharge publique.</p> <p>Art. 18. — L'irrigation des arbres fruitiers par aspersion, ou par tout autre système mettant l'eau usée épurée en contact avec les fruits est interdite.</p> <p>Art. 19. — Le pâturage direct sur les parcelles et aires irriguées par les eaux usées épurées est interdit.</p> <p>Art. 20. — Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable.</p> <p>Art. 21. — L'irrigation des parcs et des espaces verts, au moyen des eaux usées épurées, doit s'effectuer en dehors des heures d'ouverture au public.</p> <p>Art. 22. — Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit.</p> <p>Art. 23. — Toutes les bornes et tous les robinets d'irrigation du réseau de distribution des eaux usées épurées doivent comporter obligatoirement une plaque inamovible, signalant que l'eau est non potable et par conséquent impropre à la consommation.</p> <p>Art. 24. — En cas de dégradation de la qualité de l'eau des puits situés à proximité des zones irriguées par les eaux usées épurées, l'utilisation d'eau de ces puits est soumise aux mêmes spécifications et conditions d'usage imposées aux eaux usées épurées. En cas de préjudice pour les agriculteurs concernés, la reconversion des cultures ainsi que des dommages subis sont à la charge du concessionnaire.</p> <p>Art. 25. — L'exploitation à des fins d'irrigation des puits situés à l'intérieur des zones irriguées avec les eaux usées épurées n'est permise que pour les cultures autorisées sur ces zones.</p>	

Décret exécutif n°07-149 du 23 mai 2007 fixant les modalités d'utilisation des EUE à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges type (suite)

10	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35	6 Joumada El Oula 1428 23 mai 2007
<p style="text-align: center;">CHAPITRE IV CONTROLES SANITAIRES</p> <p>Art. 26. — 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 :</p> <ul style="list-style-type: none">— prévenir les risques de contamination des eaux de la nappe souterraine ;— éviter que l'irrigation avec les eaux usées épurées ne soit, en aucun cas, la cause de stagnation d'eau, de mauvaises odeurs et de gîtes larvaires ;— prévenir les risques de contamination des produits agricoles. <p>Art. 27. — La qualité des eaux usées épurées destinées à l'irrigation doit faire l'objet d'un contrôle régulier par le concessionnaire, l'exploitant agricole, le gestionnaire de la station d'épuration ou de lagunage, les directions de wilaya de l'hydraulique, de la santé, de l'agriculture et du commerce et ce, afin de s'assurer que leur qualité est conforme aux spécifications fixées par la réglementation en vigueur.</p> <p>Les analyses doivent être effectuées dans les laboratoires dont la liste est fixée par arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de la santé, du commerce et de l'agriculture.</p> <p>Art. 28. — Les services de l'hydraulique de la wilaya sont tenus de mettre en place un dispositif de suivi et de contrôle de :</p> <ul style="list-style-type: none">— la qualité des eaux usées épurées destinées à l'irrigation ;— l'évolution de la qualité de l'eau de la nappe souterraine ;— l'état des ouvrages de stockage et de distribution des eaux usées épurées. <p>Art. 29. — 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.</p> <p>Art. 30. — Les services de l'agriculture de la wilaya doivent assurer :</p> <ul style="list-style-type: none">— un contrôle phytosanitaire des cultures irriguées avec les eaux usées épurées ;— l'évolution des caractéristiques des sols, sous irrigation avec des eaux usées épurées. <p>Art. 31. — Les services du commerce de la wilaya doivent assurer un contrôle biologique et physico-chimique des produits agricoles irrigués avec les eaux usées épurées.</p>	<p style="text-align: center;">CHAPITRE V DISPOSITIONS FINANCIERES</p> <p>Art. 32. — Le concessionnaire est tenu de régler les redevances fixées par la loi de finances, dues en raison de l'usage du domaine public hydraulique.</p> <p>Art. 33. — Les tarifs applicables pour la fourniture d'eau usée épurée à usage agricole sont fixés conformément à la réglementation en vigueur.</p> <p>Art. 34. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007.</p> <p style="text-align: center;">Abdelaziz BELKHADEM.</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">ANNEXE</p> <p style="text-align: center;">CAHIER DES CHARGES-TYPE RELATIF A L'UTILISATION DES EAUX USEES EPUREES A DES FINS D'IRRIGATION</p> <p>Article 1er. — Le présent cahier des charges fixe les modalités et conditions d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation.</p> <p style="text-align: center;">CHAPITRE I ETENDUE DE LA CONCESSION</p> <p>Art. 2. — Par arrêté n° du le wali de octroie à la concession d'utilisation, à des fins d'irrigation, des eaux usées épurées provenant de la station d'épuration de sise dans la commune de</p> <p>Les parcelles destinées à être irriguées sont situées sur le territoire de(s) commune(s) de et occupent une superficie totale deha, conformément au plan annexé au cahier des charges.</p> <p>Art. 3. — Le présent cahier des charges confère à désigné ci-dessous par « le concessionnaire », le droit exclusif d'assurer, au profit des usagers ci-après désignés, la distribution à des fins d'irrigation des eaux usées épurées provenant de la station d'épuration citée à l'article 2, ci-dessus.</p> <p>L'exclusivité est assurée à l'intérieur des zones à irriguer, indiquées sur le plan annexé au présent cahier des charges.</p>	

Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité des eaux usées épurées).

<p>6 Joumada El Oula 1428 23 mai 2007</p>	<p>JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35</p>	<p>11</p>
<p>Art. 4. — La durée de la concession est fixée à dix (10) ans, renouvelable.</p>		
<p>CHAPITRE II DROITS ET OBLIGATIONS DU CONCESSIONNAIRE</p>		
<p>Section 1</p>		
<p>Utilisation des eaux usées épurées</p>		
<p>Art. 5. — Le concessionnaire est tenu d'assurer une exploitation rationnelle des eaux usées épurées mises à sa disposition.</p>		
<p>Art. 6. — Le concessionnaire est tenu de vérifier que la qualité des eaux usées épurées distribuées aux usagers est, constamment, conforme aux spécifications fixées par la réglementation en vigueur.</p>		
<p>Art. 7. — Au titre de l'évolution des paramètres fertilisants (N.P.K) au niveau du sol irrigué à partir des eaux usées épurées, le concessionnaire est tenu de communiquer aux exploitants agricoles toutes les analyses concernant la teneur de ces éléments fertilisants au niveau des eaux usées épurées afin de leur permettre d'adapter, en conséquence, un éventuel apport en engrais.</p>		
<p>Section 2</p>		
<p>Exploitation et entretien des ouvrages de stockage et de distribution des eaux</p>		
<p>Art. 8. — Les canalisations transportant des eaux usées épurées doivent être marquées d'une bande rouge de façon à les distinguer de celles destinées à l'approvisionnement en eau potable.</p>		
<p>Art. 9. — Dans les cas où les canalisations transportant des eaux usées épurées doivent être posées à proximité de canalisations d'eau potable, elles devront être enterrées au moins 0,50 m au dessous de la canalisation d'eau domestique.</p>		
<p>Art. 10. — Toutes les sorties, vannes, bornes et prises sur les réseaux de distribution des eaux usées épurées, doivent être sécurisées et protégées dans des chambres inviolables afin d'empêcher leur utilisation par des personnes non-autorisées.</p>		
<p>Toutes les sorties doivent être peintes en rouge et porter sur un écriteau visible, de dimensions minimales 30 cm x 30 cm, portant la mention « Eaux usées épurées pour l'irrigation ».</p>		
<p>Art. 11. — Les bassins de stockage des eaux usées épurées doivent être clôturés et leur accès interdit au public.</p>		
<p>Art. 12. — Le concessionnaire a, à sa charge, l'entretien préventif et la réparation des ouvrages et des canalisations du réseau de distribution des eaux usées épurées. Il doit s'assurer de leur bon fonctionnement et éviter les fuites et le déversement de ces eaux en dehors des parcelles à irriguer.</p>		
<p>Art. 13. — Les déchets et les produits de curage des ouvrages de stockage de l'eau usée épurée doivent être rassemblés dans un lieu protégé. Leur utilisation à des fins agricoles ne sera permise qu'après autorisation des services agricoles concernés.</p>		
<p>Section 3</p>		
<p>Irrigation des cultures</p>		
<p>Art. 14. — Le concessionnaire s'engage à n'approvisionner en eau que les parcelles portant une culture autorisée telle que fixée sur la liste indiquée à l'article 15 du décret fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation, visées à l'article 2 du présent cahier des charges-type.</p>		
<p>Art. 15. — Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées doivent comporter obligatoirement un écriteau portant la mention « pâturage interdit ».</p>		
<p>Section 4</p>		
<p>Contrôles</p>		
<p>Art. 16. — Le concessionnaire doit établir et tenir à jour les listes nominatives des exploitants agricoles et de leurs ouvriers manipulant les eaux usées épurées. Il doit transmettre ces listes aux services de la santé de la wilaya en vue de programmer leur contrôle sanitaire.</p>		
<p>Art. 17. — Le concessionnaire doit aviser les exploitants agricoles ainsi que leurs employés, qui sont en contact direct avec les eaux usées épurées, des risques que présentent ces eaux pour leur santé ainsi que des précautions à prendre.</p>		
<p>Ces précautions consistent notamment, en :</p> <ul style="list-style-type: none">— le port d'une tenue de travail réservée à la manipulation de ces eaux ;— le respect des règles d'hygiène corporelle ;— l'application des recommandations faites par les services sanitaires en matière d'hygiène corporelle et d'examen médicaux.		
<p>CHAPITRE III PREROGATIVES DE L'AUTORITE CONCEDANTE</p>		
<p>Art. 18. — L'autorité concédante, à travers les différents services concernés de la wilaya, exerce les pouvoirs de contrôle sur le concessionnaire. Ces services peuvent à tout moment s'assurer que les activités du concessionnaire sont effectuées en conformité avec les dispositions du décret portant concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation et du présent cahier des charges.</p>		
<p>Art. 19. — Lorsque ces services constatent que la qualité des eaux usées épurées n'est pas conforme aux spécifications fixées par la réglementation en vigueur, l'autorité concédante prononce la suspension à titre provisoire de la fourniture d'eau jusqu'à rétablissement de la qualité de l'eau usée épurée.</p>		

Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité des eaux usées épurées) (suite)

12	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35	6 Joumada El Oula 1428 23 mai 2007
<p>Art. 20. — En cas d'inexécution des conditions du présent cahier des charges, la concession peut être révoquée six (6) mois après la décision de suspension provisoire.</p>	<p>Vu la loi n° 90-30 du 1er décembre 1990 portant loi domaniale et ensemble les textes pris pour son application ;</p>	
<p>CHAPITRE IV CLAUSES DIVERSES</p>	<p>Vu le décret n° 87-81 du 14 avril 1987, modifié et complété, portant transformation de l'école nationale des sciences géodésiques en centre national des techniques spatiales ;</p>	
<p>Art. 21. — Le concessionnaire est tenu d'informer ses abonnés des conditions d'utilisation des eaux usées épurées. Il doit aussi reprendre et inclure, dans le contrat liant aux exploitants agricoles concernés, toute clause qui engage directement les usagers.</p>	<p>Vu le décret présidentiel n° 02-48 du 2 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 16 janvier 2002, modifié, portant création, organisation et fonctionnement de l'agence spatiale algérienne ;</p>	
<p>Art. 22. — Le concessionnaire des eaux usées épurées doit organiser, conjointement avec les services de l'hydraulique et de la santé de la wilaya, des séances de formation destinées au personnel, ceux qui assurent l'exploitation et la maintenance des équipements ainsi qu'aux agriculteurs et à leur personnel qui utilisent les eaux usées épurées.</p>	<p>Vu le décret présidentiel n° 06-175 du 26 Rabie Ethani 1427 correspondant au 24 mai 2006 portant nomination du Chef du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 06-176 du 27 Rabie Ethani 1427 correspondant au 25 mai 2006 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p>	
<p>Cette formation doit inclure les aspects techniques, environnementaux et sanitaires.</p>	<p>Décrète :</p>	
<p>Les agriculteurs doivent être sensibilisés sur les restrictions des cultures et les précautions à prendre en matière d'irrigation avec les eaux usées épurées.</p>	<p>Article 1er. — Le centre national des techniques spatiales, par abréviation (C.N.T.S), créé par le décret n° 87-81 du 14 avril 1987, susvisé, est dissous.</p>	
<p>Art. 23. — Sont annexés à l'original du cahier des charges particulier et en font partie intégrante, les documents ci-après :</p>	<p>Art. 2. — La dissolution du centre national des techniques spatiales (C.N.T.S) emporte transfert de l'ensemble de ses biens, droits, obligations et personnels à l'agence spatiale algérienne (A.S.A.L).</p>	
<p>— un accord écrit de l'organisme gestionnaire de la station d'épuration ou de lagunage par lequel il s'engage à fournir les volumes d'eaux usées épurées, en quantité et qualité requises ;</p>	<p>Art. 3. — Le transfert prévu ci-dessus donne lieu à l'établissement d'un inventaire quantitatif, qualitatif et estimatif par une commission, conformément à la législation et à la réglementation en vigueur.</p>	
<p>— une fiche d'analyse des eaux usées épurées dont la qualité doit être conforme aux normes fixées par la réglementation en vigueur ;</p>	<p>L'inventaire prévu à l'alinéa ci-dessus est établi par une commission dont les membres sont désignés conjointement par le ministre de la poste et des technologies de l'information et de la communication et le ministre des finances.</p>	
<p>— le plan de situation des zones à irriguer ;</p>	<p>Art. 4. — Le personnel chercheur du centre national des techniques spatiales (C.N.T.S) dissous demeure régi par les dispositions statutaires ou contractuelles en vigueur à la date de publication du présent décret au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p>	
<p>— un modèle du contrat liant l'agriculteur au concessionnaire.</p>	<p>Art. 5. — A titre transitoire, l'agence spatiale algérienne continue à assurer l'activité de formation graduée et post-graduée en cours, à la date de dissolution du centre national des techniques spatiales (C.N.T.S).</p>	
<p>Fait à, le</p>	<p>Art. 6. — Sont abrogées les dispositions du décret n° 87-81 du 14 avril 1987, susvisé.</p>	
<p>Pour le concessionnaire. Pour l'autorité concédante.</p>	<p>Art. 7. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p>	
<p>-----★-----</p>	<p>Fait à Alger, le 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007.</p>	
<p>Décret exécutif n° 07-150 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 portant dissolution du centre national des techniques spatiales et transfert de ses biens, droits, obligations et personnels à l'agence spatiale algérienne.</p>	<p>Abdelaziz BELKHADEM.</p>	
<p>Le Chef du Gouvernement ;</p>		
<p>Sur le rapport du ministre de la poste et des technologies de l'information et de la communication ,</p>		
<p>Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;</p>		

Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité des eaux usées épurées) (suite)

18	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41	25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012
MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU		
Arrêté interministériel du 23 Chaâbane 1432 correspondant au 25 juillet 2011 portant déclaration d'utilité publique l'opération d'expropriation relative au renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa, wilaya de Mila.		

Le ministre de l'intérieur et des collectivités locales, Le ministre des finances, Le ministre des ressources en eau,		
Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Jomada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;		
Vu le décret exécutif n° 93-186 du 27 juillet 1993, complété, déterminant les modalités d'application de la loi n° 91-11 du 27 avril 1991, complétée, fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique notamment son article 10 ;		
Vu l'arrêté n° 1130 du 5 août 2007 du wali de la wilaya de Mila portant ouverture de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique ;		
Vu l'arrête n° 1566 du 24 septembre 2007 du wali de la wilaya de Constantine portant ouverture de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique ;		
Vu l'avis favorable de la commission d'enquête préalable de la wilaya de Mila ;		
Vu l'avis favorable de la commission d'enquête préalable de la wilaya de Constantine ;		
Arrêtent :		
Article 1er. — Est déclarée d'utilité publique l'opération d'expropriation relative à la réalisation du projet de renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa, wilaya de Mila.		
Article 2. — La superficie globale des biens à exproprier devant servir d'assiette à la réalisation de ce projet est de 28 266 m ² répartis comme suit :		
— commune de Ain Etine (wilaya de Mila) : 2681 m ² , — commune de Sidi Khelifa (wilaya de Mila) : 6244 m ² , — commune de Ibn Ziade (Wilaya de Constantine) : 19341 m ² .		
Article 3. — Le montant global de l'opération d'expropriation est évalué à trois millions de dinars (3.000.000,00 DA).		
Article 4. — Au titre de la consistance des travaux, la réalisation du projet de renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa comporte les ouvrages suivants :		
— réalisation de deux (2) stations de pompage, — pose de conduites sur un linéaire de 5 250 ml.		
Article 5. — Le délai maximal imparti pour l'expropriation est fixé à quatre (4) années.		
Art. 6. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.		
Fait à Alger, le 23 Chaâbane 1432 correspondant au 25 juillet 2011.		
Le ministre de l'intérieur et des collectivités locales Daho OULD KABLIA		Le ministre des ressources en eau Abdelmalek SELLAL
Pour le ministre des finances <i>Le secrétaire général</i> Miloud BOUTEBBA -----★-----		
Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.		

Le ministre des ressources en eau, Le ministre de l'agriculture et du développement rural, Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,		
Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Jomada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;		
Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;		
Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;		
Arrêtent :		
Article 1er. — En application des dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation conformément à l'annexe jointe.		
Article 2. — le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.		
Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.		
Le ministre des ressources en eau Abdelmalek SELLAL		Le ministre de l'agriculture et du développement rural Rachid BENAÏSSA
Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière Djamel OULD ABBES		

Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité des eaux usées épurées) (suite)

25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41		19
ANNEXE				
SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION				
1. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES				
GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES			
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)		
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence		
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1		
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1		
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée		
<p>(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.</p> <p>(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.</p> <p>(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.</p> <p>(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.</p> <p>(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.</p> <p>(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.</p>				

Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité des eaux usées épurées) (suite)

20		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41		25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012	
2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES					
PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE		
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5		
	MES	mg/l	30		
	CE	ds/m	3		
	Infiltration le SAR = o - 3 CE	ds/m	0.2		
	3 - 6		0.3		
	6 - 12		0.5		
12 - 20	1.3				
20 - 40	3				
Chimiques	DBO5	mg/l	30		
	DCO	mg/l	90		
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10		
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30		
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5		
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0		
	Arsenic	mg/l	2.0		
	Béryllium	mg/l	0.5		
	Bore	mg/l	2.0		
	Cadmium	mg/l	0.05		
	Chrome	mg/l	1.0		
	Cobalt	mg/l	5.0		
	Cuivre	mg/l	5.0		
	Cyanures	mg/l	0.5		
	Fluor	mg/l	15.0		
	Fer	mg/l	20.0		
	Phénols	mg/l	0.002		
	Plomb	mg/l	10.0		
	Lithium	mg/l	2.5		
	Manganèse	mg/l	10.0		
	Mercuré	mg/l	0.01		
	Molybdène	mg/l	0.05		
	Nickel	mg/l	2.0		
	Sélénium	mg/l	0.02		
	Vanadium	mg/l	1.0		
Zinc	mg/l	10.0			

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité des eaux usées épurées) (suite)

<p>25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012</p>	<p>JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41</p>	<p>21</p>
<p>Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p>Le ministre des ressources en eau, Le ministre de l'agriculture et du développement rural, Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ; Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ; Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;</p>	<p style="text-align: center;">Arrêtent :</p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la liste des cultures autorisées pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées conformément à l'annexe jointe.</p> <p>Art. 2. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.</p> <p style="text-align: center;">Le ministre des ressources en eau Abdelmalek SELLAL</p> <p style="text-align: center;">Le ministre de l'agriculture et du développement rural Rachid BENAÏSSA</p> <p style="text-align: center;">Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière Djamel OULD ABBES</p>	
<p>ANNEXE</p> <p>LISTE DES CULTURES POUVANT ETRE IRRIGUEES AVEC DES EAUX USEES EPUREES</p>		
Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures	
Arbres fruitiers (1)	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 (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.	
Culture 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.	
<p>(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.</p> <p>(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.</p>		

Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 (valeurs limites rejets effluents liquides industriels)

4	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26	24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006
DECRETS		
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.		

Le Chef du Gouvernement, Sur le rapport du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ; Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ; Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ; Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ; Vu la loi n° 04-04 du 5 Joumada El Oula 1425 correspondant au 23 juin 2004 relative à la normalisation ; Vu la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures ; Vu le décret présidentiel n° 04-136 du 29 Safar 1425 correspondant au 19 avril 2004 portant nomination du Chef du Gouvernement ; Vu le décret présidentiel n° 05-161 du 22 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 1er mai 2005 portant nomination des membres du Gouvernement ; Vu le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels ;		
Décrite :		
Article 1er. — En application des dispositions de l'article 10 de la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.		
SECTION 1		
DES DISPOSITIONS PRELIMINAIRES		
Art. 2. — Au sens du présent décret on entend par rejet d'effluents liquides industriels tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle.		
Art. 3. — Les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels sont celles fixées en annexe du présent décret.		
Toutefois, en attendant la mise à niveau des installations industrielles anciennes dans un délai de cinq (5) ans, les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels prennent en charge l'ancienneté des installations industrielles en déterminant une tolérance pour les rejets d'effluents liquides industriels émanant de ces installations. Ces valeurs sont fixées et annexées au présent décret.		
Pour les installations pétrolières, le délai est de sept (7) ans conformément aux dispositions législatives en vigueur, et notamment celles de la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005, susvisée,		
En outre et en raison des particularités propres aux technologies utilisées, des tolérances particulières aux valeurs limites sont également accordées selon les catégories industrielles concernées. Ces tolérances sont annexées au présent décret.		
SECTION 2		
DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS		
Art. 4. — Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.		
Art. 5. — Les installations de traitement doivent être conçues, exploitées et entretenues de manière à réduire à leur minimum les durées d'indisponibilité pendant lesquelles elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction.		
Si une indisponibilité est susceptible de conduire à un dépassement des valeurs limites imposées, l'exploitant doit prendre les dispositions nécessaires pour réduire la pollution émise en réduisant ou en arrêtant, si besoin, les activités concernées.		
SECTION 3		
DU CONTROLE DES REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS		
Art. 6. — Au titre de l'autocontrôle et de l'autosurveillance les exploitants d'installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent tenir un registre où sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement et, le cas échéant, du ministre chargé du secteur concerné.		
Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.		
Art. 7. — Les résultats des analyses doivent être mis à la disposition des services de contrôle habilités.		
Art. 8. — Les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets d'effluents liquides industriels visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixés en annexe du présent décret.		
Art. 9. — Le contrôle des rejets comporte un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses.		
Art. 10. — L'exploitant de l'installation concernée est tenu d'expliquer, commenter ou fonder tout dépassement éventuellement constaté et fournir les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.		

Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 (valeurs limites rejets effluents liquides industriels) (suite)

24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26		5
<p>Art. 11. — Les opérations de contrôle, telles que définies ci-dessus, donnent lieu à la rédaction d'un procès-verbal établi à cet effet.</p> <p>Le procès-verbal comporte :</p> <ul style="list-style-type: none"> — les noms, prénoms et qualité des personnes ayant effectué le contrôle, — la désignation du ou des générateurs du rejet d'effluents liquides industriels et de la nature de leur activité, — la date, l'heure, l'emplacement et les circonstances de l'examen des lieux et des mesures faites sur place, — les constatations relatives à l'aspect, la couleur, l'odeur du rejet, l'état apparent de la faune et de la flore à proximité du lieu de rejet et les résultats des mesures et des analyses opérées sur place, 				
<ul style="list-style-type: none"> — l'identification de chaque échantillon prélevé, accompagné de l'indication de l'emplacement, de l'heure et des circonstances de prélèvement, — le nom du ou des laboratoires destinataires de l'échantillon prélevé. <p>Art. 12. — Les méthodes d'échantillonnage, de conservation et de manipulation des échantillons ainsi que les modalités d'analyses sont effectuées selon les normes algériennes en vigueur.</p> <p>Art. 13. — Toutes dispositions contraires au présent décret et notamment les dispositions du décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993, susvisé, sont abrogées.</p> <p>Art. 14. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006.</p> <p style="text-align: right;">Ahmed OUYAIIHA.</p>				
ANNEXE I				
VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS				
N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	*	30	40
5	Phosphore total	*	10	15
6	DCO	*	120	130
7	DBO5	*	35	40
8	Aluminium	*	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	*	0,005	0,01
10	Cyanures	*	0,1	0,15
11	Fluor et composés	*	15	20
12	Indice de phénols	*	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	*	10	15
14	Huiles et graisses	*	20	30
15	Cadmium	*	0,2	0,25
16	Cuivre total	*	0,5	1
17	Mercure total	*	0,01	0,05
18	Plomb total	*	0,5	0,75
19	Chrome Total	*	0,5	0,75
20	Etain total	*	2	2,5
21	Manganèse	*	1	1,5
22	Nickel total	*	0,5	0,75
23	Zinc total	*	3	5
24	Fer	*	3	5
25	Composés organiques chlorés	*	5	7

PH : Potentiel d'hydrogène
 DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
 DCO : Demande chimique en oxygène
 MES : Matière en suspension

Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 (valeurs limites rejets effluents liquides industriels) (suite)

6		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26		24 Rabi' El Aouel 1427 23 avril 2006	
ANNEXE II					
TOLERANCE A CERTAINES VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS SELON LES CATEGORIES D'INSTALLATIONS					
I - INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE :					
a - Abattoirs et transformation de la viande :					
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS		
Volume /quantité	m ³ /t carcasse traitée	6	8		
PHI	-	5,5 - 8,5	6-9		
DBO ₅	g/t	250	300		
DCO	*	800	1 000		
Matière décantable	*	200	250		
b - Sucrerie :					
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS		
Température	°C	30	30		
PHI	-	6-9	6-9		
DBO ₅	mg/l	200	400		
DCO	*	200	250		
MES	*	300	350		
Huiles et graisses	*	5	10		
c - Levurerie :					
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS		
Température	°C	30	35		
PHI	-	5,5 - 8,5	6,5 - 8,5		
DBO ₅	mg/l	100	120		
DCO	*	7 000	8 000		
MES	*	30	50		
d - Brasserie :					
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS		
Température	°C	30	30		
PHI	-	5,5 - 8,5	9 - 10,5		
DBO ₅	g/t de malt produit	250	300		
DCO	*	700	750		
MES	*	250	300		
<p>PH : Potentiel d'hydrogène DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours DCO : Demande chimique en oxygène MES : Matière en suspension</p>					

Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 (valeurs limites rejets effluents liquides industriels) (suite)

24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26		7
e - Corps Gras :				
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS	
Température	°C	30	30	
PH	-	5,5 - 8,5	6-9	
DBO ₅	g/t	200	250	
DCO	*	700	800	
MES	*	150	200	
2 - Industrie de l'Energie :				
a - Raffinage de pétrole :				
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS	
Débit d'eau	m ³ /t	1	1,2	
Température	°C	30	35	
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5	
DBO ₅	g/t	25	30	
DCO	*	100	120	
MES	*	25	30	
Azote total	*	20	25	
Huiles et graisses	mg/l	15	20	
Phénol	g/t	0,25	0,5	
Hydrocarbures	g/t	5	10	
Plomb	mg/l	0,5	1	
Chrome 3+	*	0,05	0,3	
Chrome 6+	*	0,1	0,5	
b - Cokéfaction :				
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS	
DBO ₅	mg/l	30	40	
DCO	*	120	200	
Phosphores	*	2	2	
Cyanures	*	0,1	0,1	
Composés d'Azote	*	35	40	
Indice Phénols	*	0,3	0,5	
Benzène, Toluène, Xylène	*	0,08	0,1	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	*	0,08	0,1	
Sulfure	*	0,08	0,1	
Substances filtrables	**	40	50	
PH : Potentiel d'hydrogène DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours DCO : Demande chimique en oxygène MES : Matière en suspension				

Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 (valeurs limites rejets effluents liquides industriels) (suite)

8		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26		24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006	
3 - Industrie mécanique :					
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS		
Température	°C	30	30		
PH	-	5,5- 8,5	5,5- 8,5		
DCO	mg/l	300	350		
Cyanure	*	0,1	0,15		
Cuivre	*	0,7	1		
Nickel	*	0,7	1		
Zinc	*	2,5	3		
Plomb	*	0,7	1		
Cadmium	*	0,5	1		
Hydrocarbures	*	15	20		
Phénol	*	0,5	1		
Métaux totaux	*	20	25		
4 - Industrie de transformation des métaux :					
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS		
Cuivre	mg/l	1,5	2		
Nickel	*	2	2,5		
Chrome	*	1,5	2		
Fer	*	5	7,5		
Aluminium	*	5	7,5		
5 - Industrie de minerais non métallique :					
a - Céramique :					
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS		
Température	°C	30	30		
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5		
DCO	mg/l	80	120		
Matière décantable	*	0,5	1		
Plomb	*	0,5	1		
Cadmium	*	0,07	0,2		
b - Verre :					
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES INDUSTRIES ANCIENNES		
Température	°C	30	30		
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5		
DCO	mg/l	80	120		
MES	*	0,3	0,5		
Plomb	*	0,5	1		
Cadmium	*	0,07	0,2		
Chrome	*	0,1	0,1		
Cobalt	*	0,1	0,1		
Cuivre	*	0,1	0,3		
Nickel	*	0,1	0,5		
Zinc	*	2	5		
PH : Potentiel d'hydrogène DCO : Demande chimique en oxygène MES : Matière en suspension					

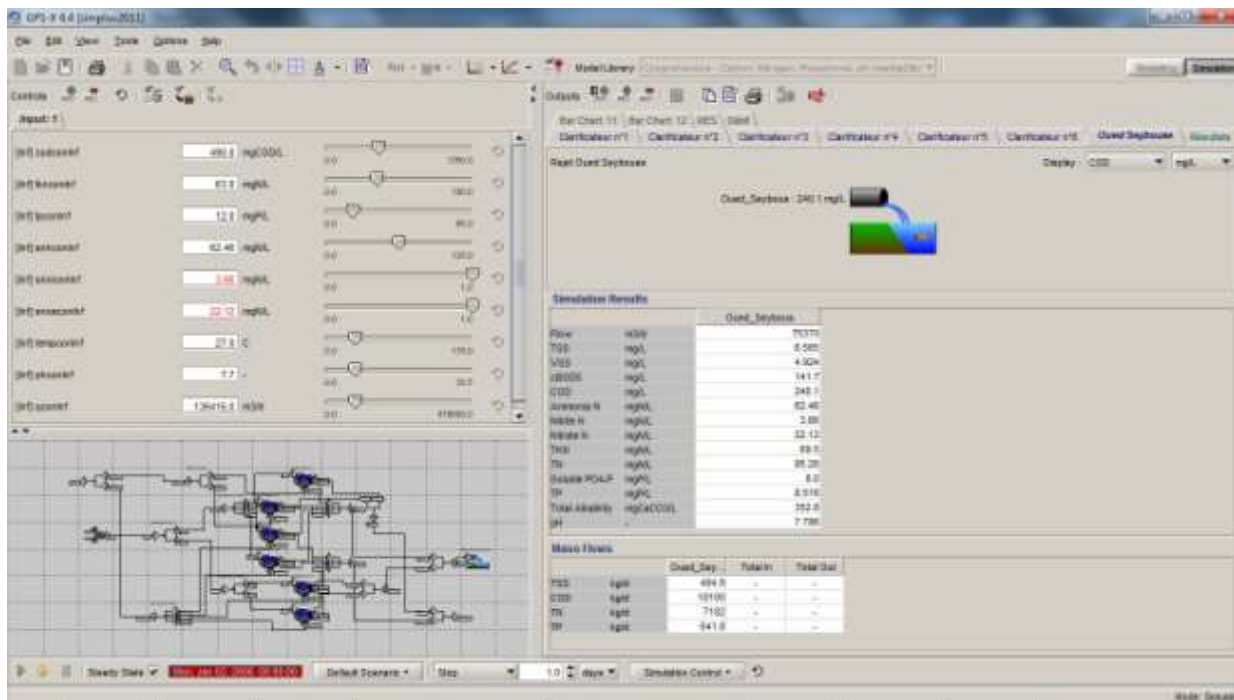
Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 (valeurs limites rejets effluents liquides industriels)
(suite)

24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26		9
c - Ciment, plâtre et chaux :				
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS	
Température	°C	30	30	
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5	
DCO	mg/l	80	120	
Matière décantable	*	0,5	1	
Plomb	*	0,5	1	
Cadmium	*	0,07	0,2	
Chrome	*	0,1	0,1	
Cobalt	*	0,1	0,1	
Cuivre	*	0,1	0,3	
Nickel	*	0,1	0,5	
Zinc	*	2	5	
6 - Industrie de textile :				
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS	
Température	°C	30	35	
PH	-	6,5-8,5	6-9	
DBO ₅	mg/l	150	200	
DCO	*	250	300	
Matière décantable	*	0,4	0,5	
Matière non dissoute	*	30	40	
Oxydabilité	*	100	120	
Permanganate	*	20	25	
7 - Industrie de tannerie et mégisserie :				
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES INDUSTRIES ANCIENNES	
DBO ₅	mg/l	350	400	
DCO	*	850	1000	
MES	*	400	500	
Chrome total	*	3	4	
<p>PH : Potentiel d'hydrogène DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours DCO : Demande chimique en oxygène MES : Matière en suspension</p>				

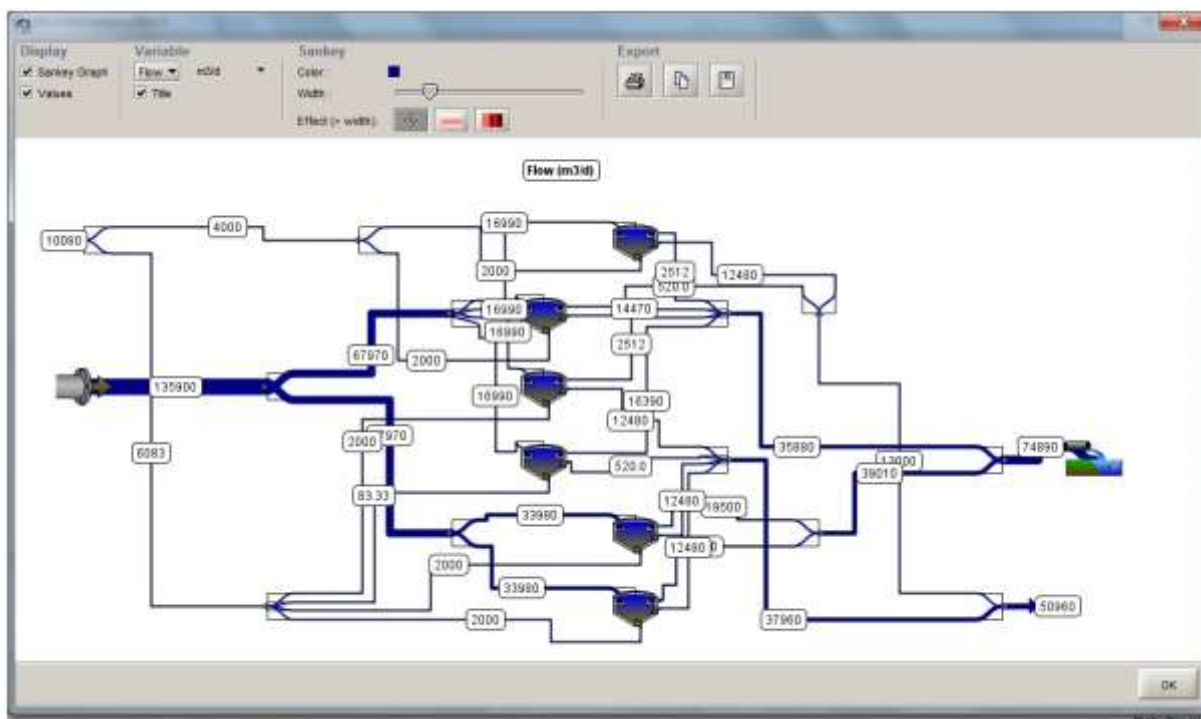
ANNEXE D : GPS-X[®]

Interface GPS-X[®] pour l'horizon 2020 en période pluvieuse :

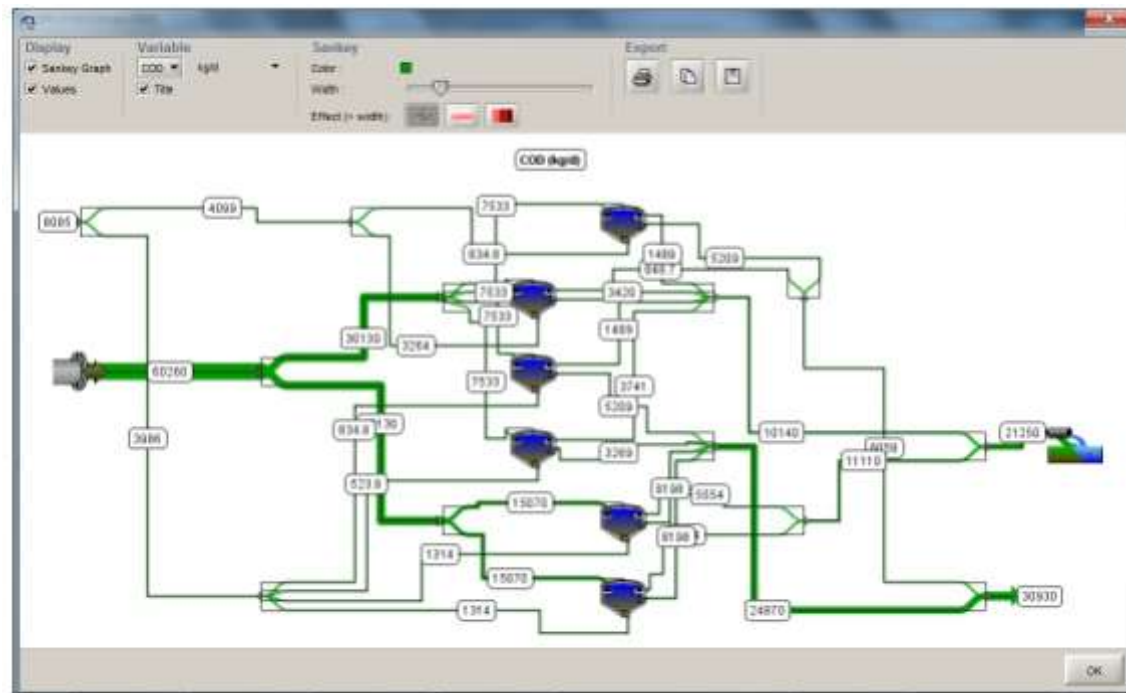
- ✓ Saisie des données d'entrée (à gauche) ;
- ✓ Résultat de simulation d'EUE dans le rejet Oued Seybouse (à droite).



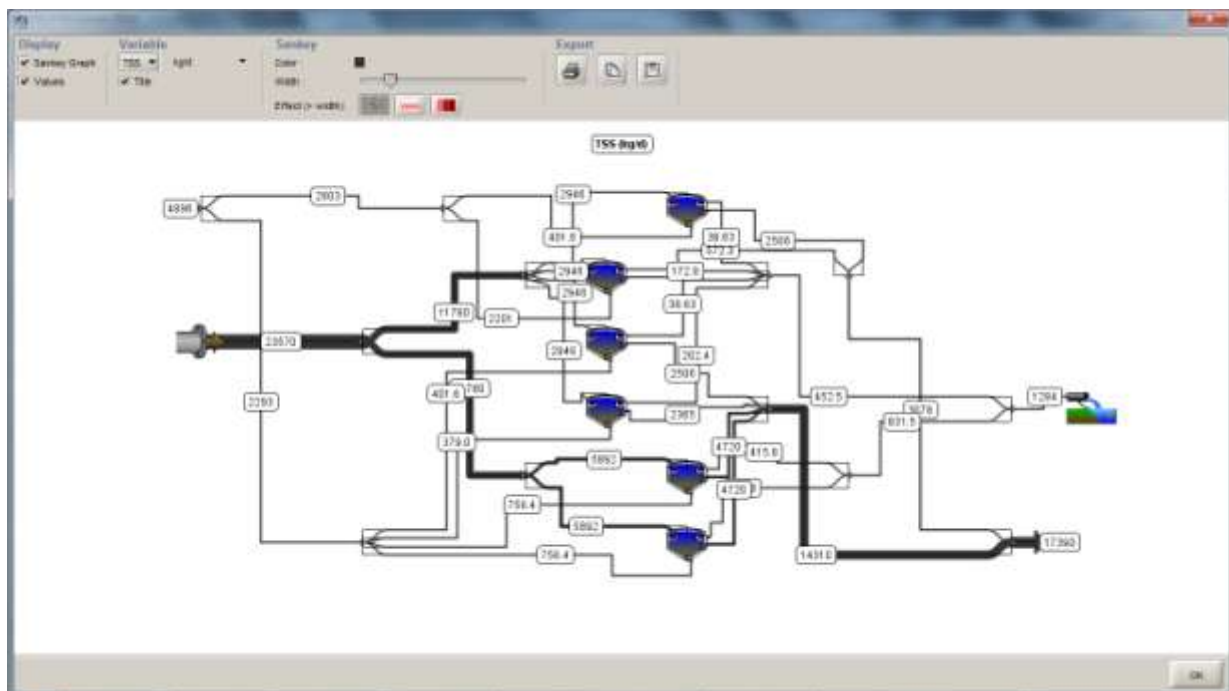
Interface GPS-X[®]: Simulation du débit (horizon 2020 en période pluvieuse)



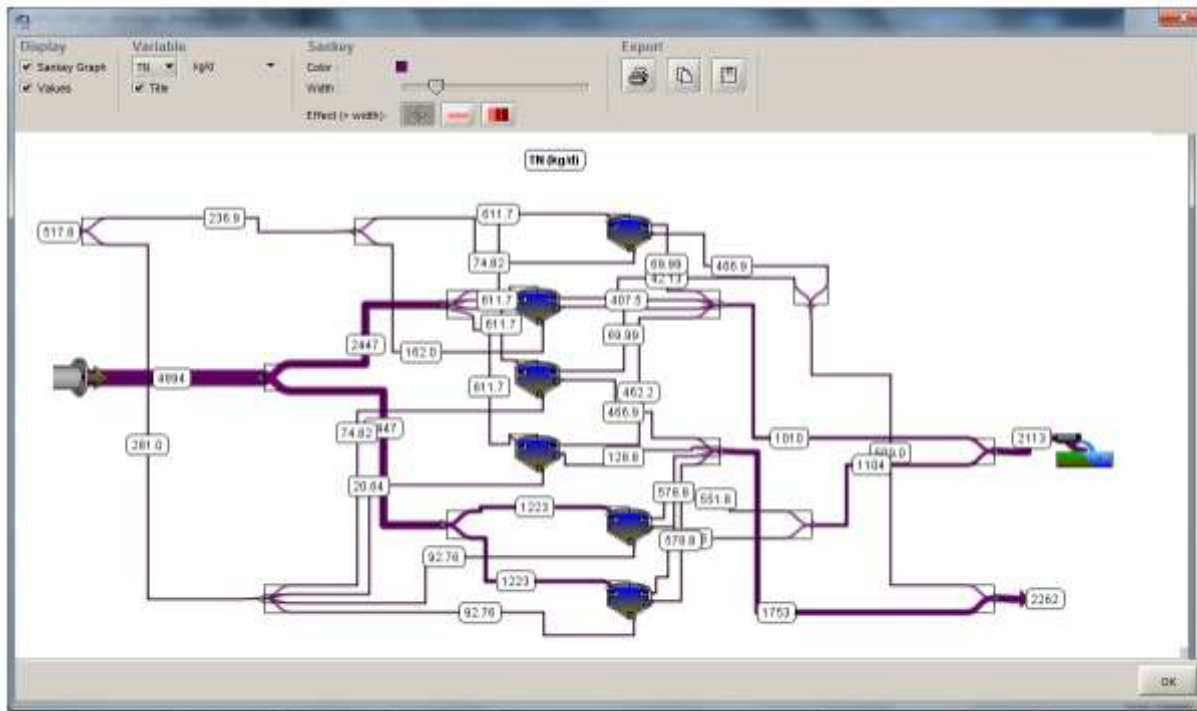
Interface GPS-X® : Simulation des DCO (horizon 2020 en période pluvieuse)



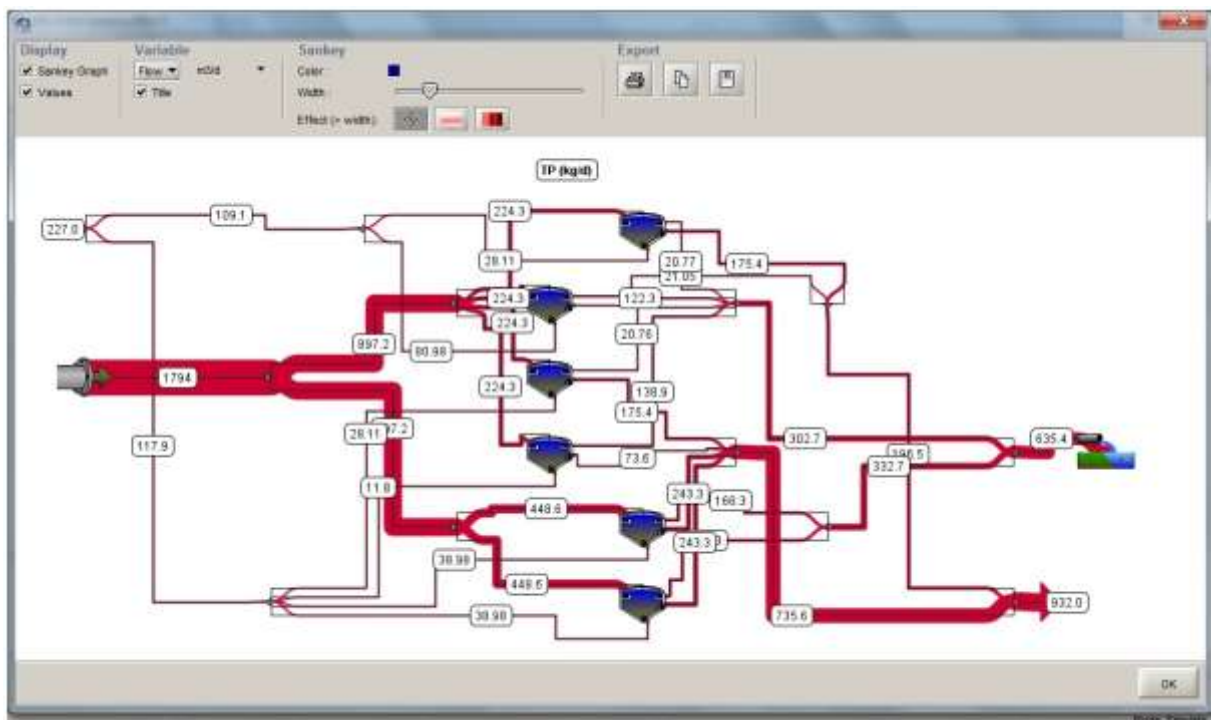
Interface GPS-X® : Simulation des MES (horizon 2020 en période pluvieuse)



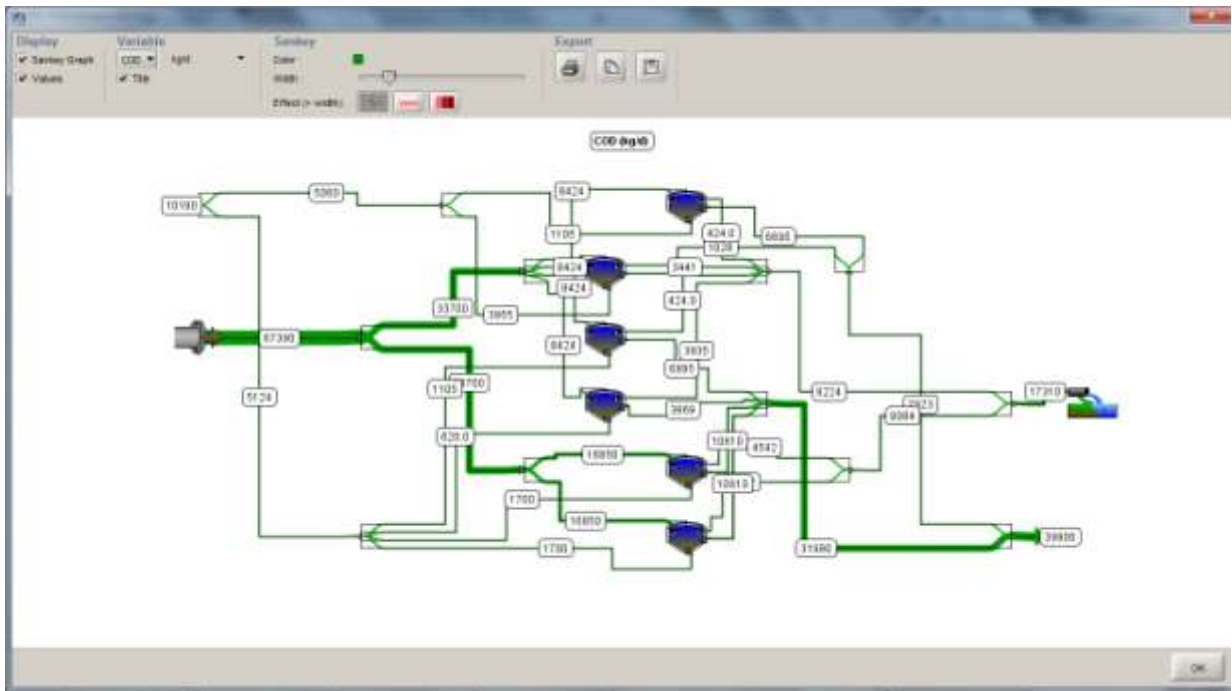
Interface GPS-X® : Simulation de Nt (horizon 2020 en période pluvieuse)



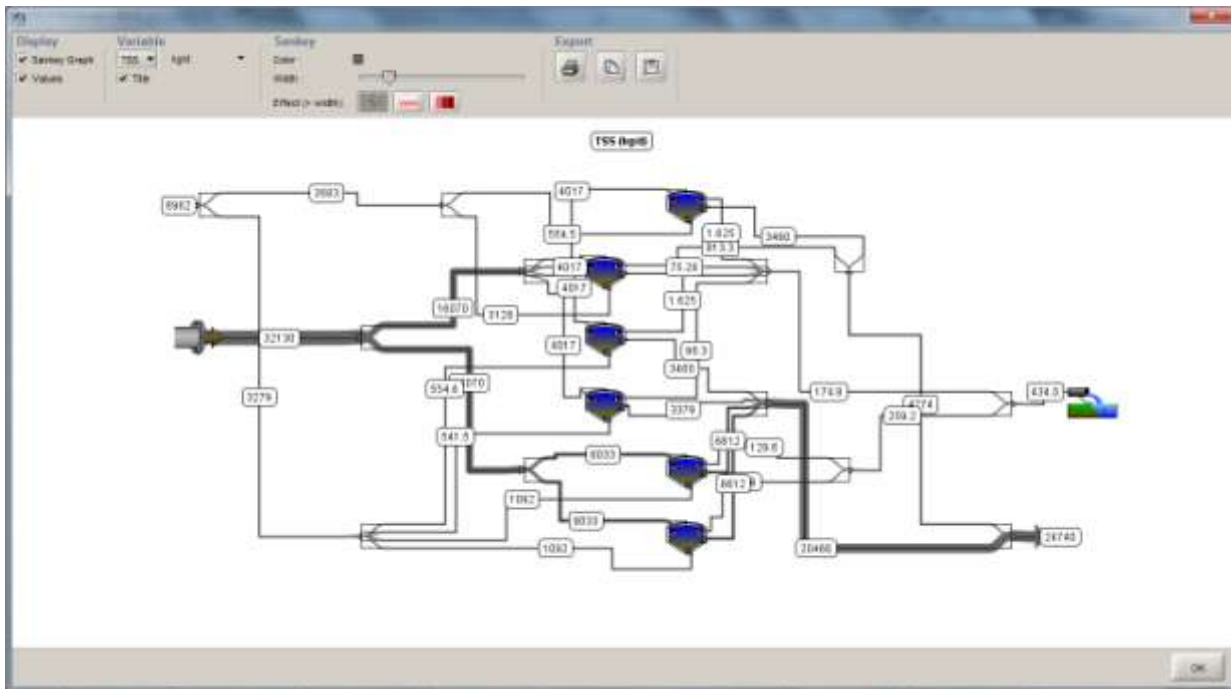
Interface GPS-X® : Simulation du Pt (horizon 2020 en période pluvieuse)



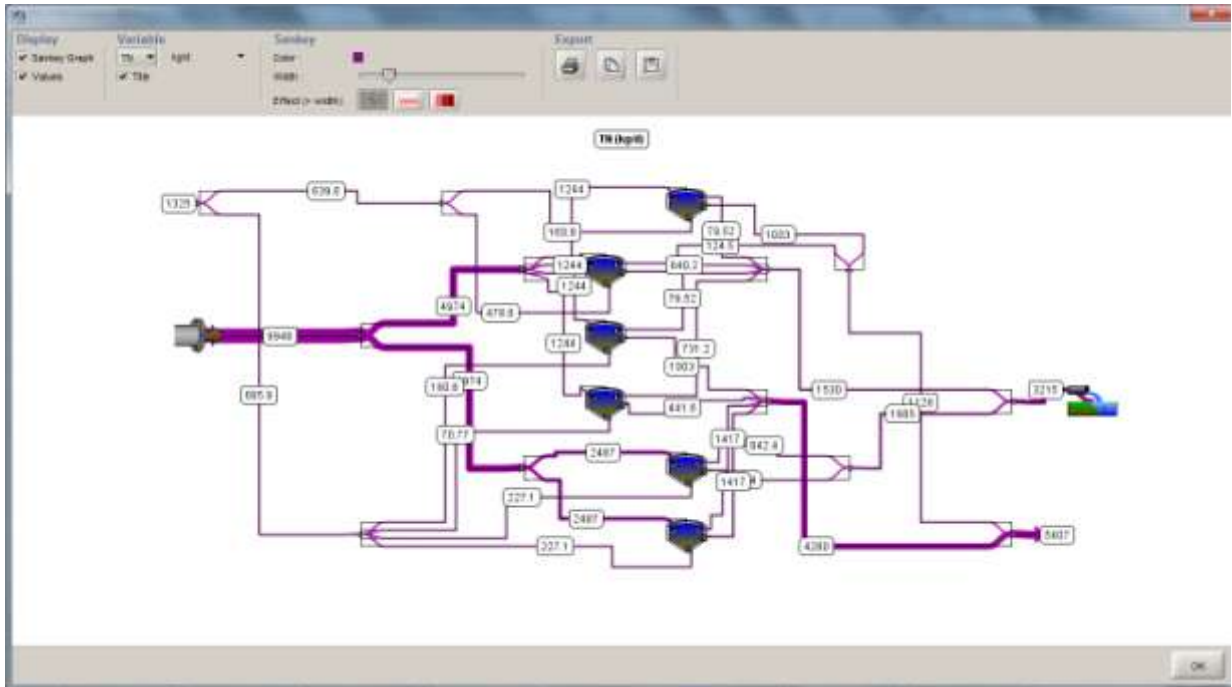
Interface GPS-X® : Simulation des DCO (horizon 2020 en période sèche)



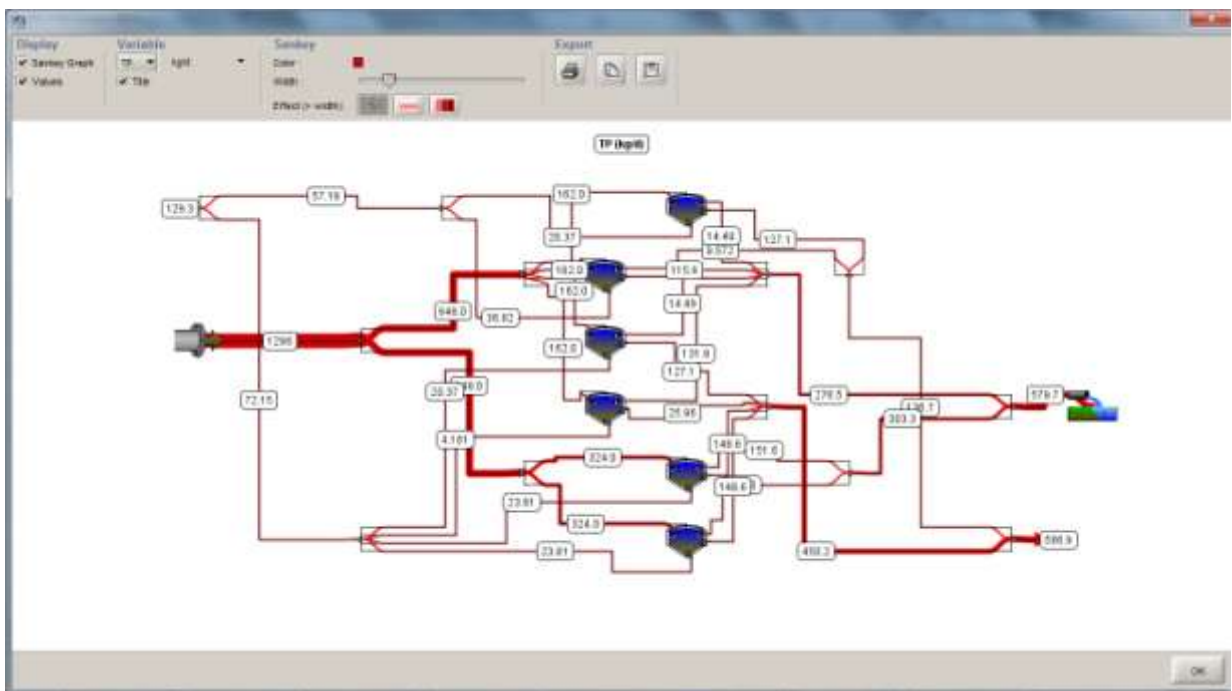
Interface GPS-X® : Simulation des MES (horizon 2020 en période sèche)



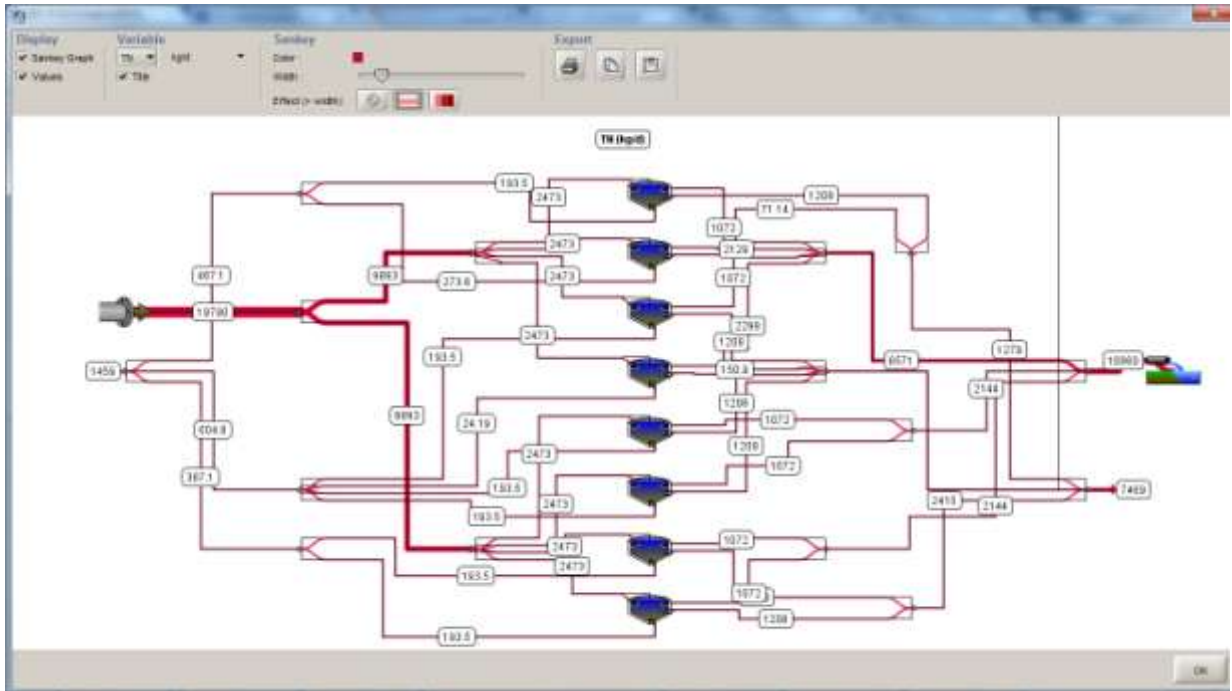
Interface GPS-X[®] : Simulation de Nt (horizon 2020 en période sèche)



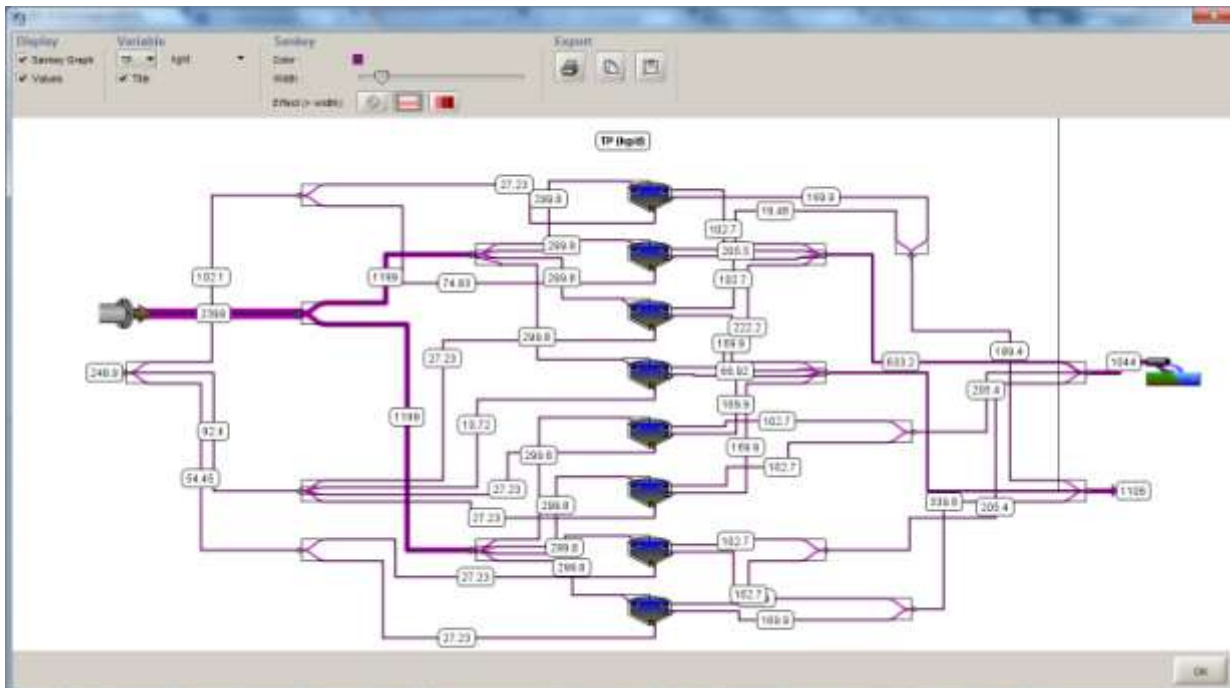
GPS-X[®] : Simulation du Pt (horizon 2020 en période sèche)



Interface GPS-X® : Simulation de Nt (horizon 2035 en période pluvieuse)

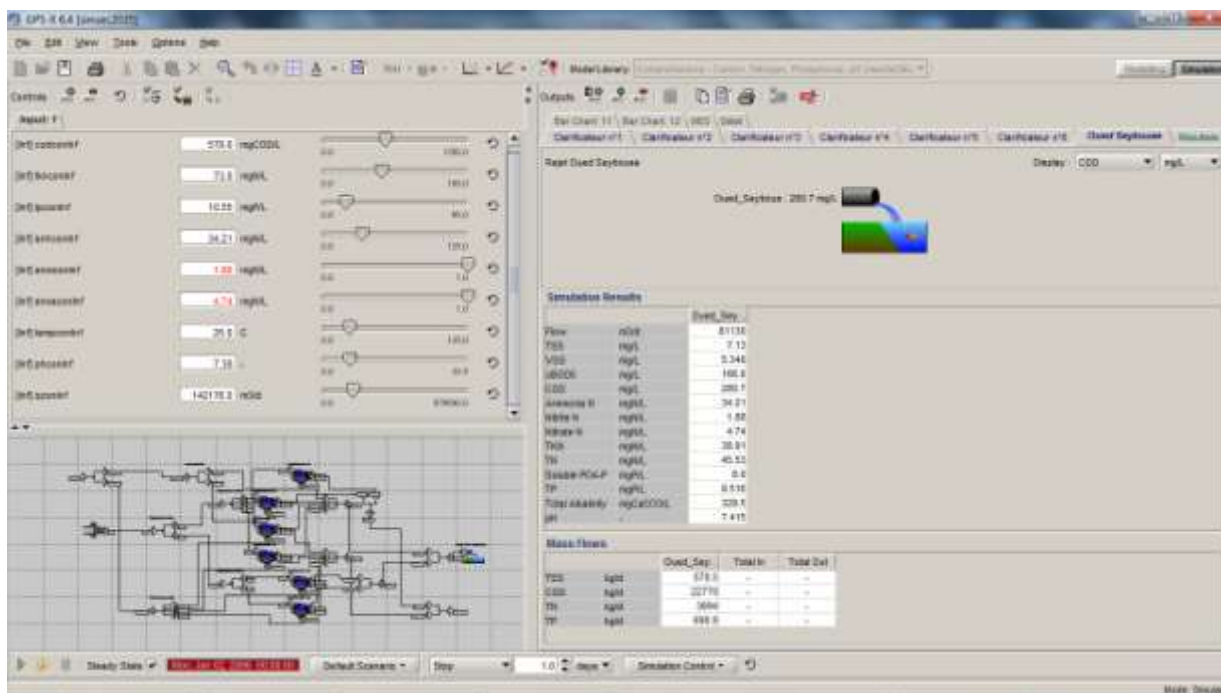


Interface GPS-X® : Simulation du Pt (horizon 2035 en période pluvieuse)

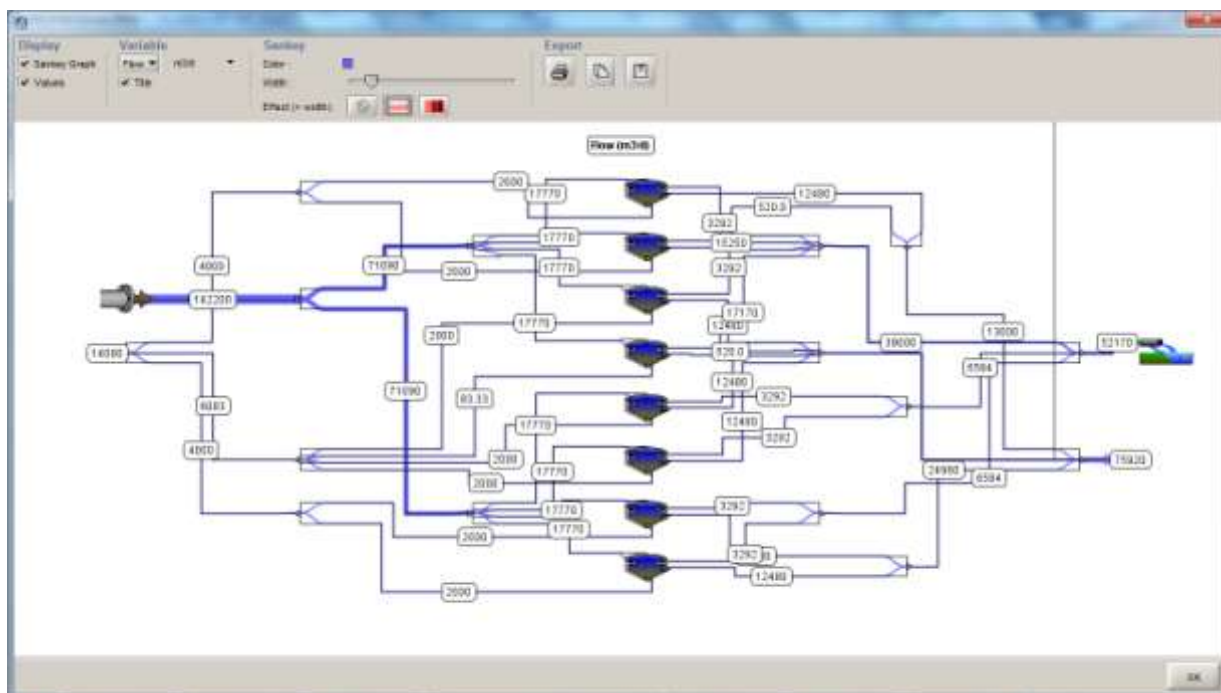


Interface GPS-X® pour l'horizon 2035 en période sèche :

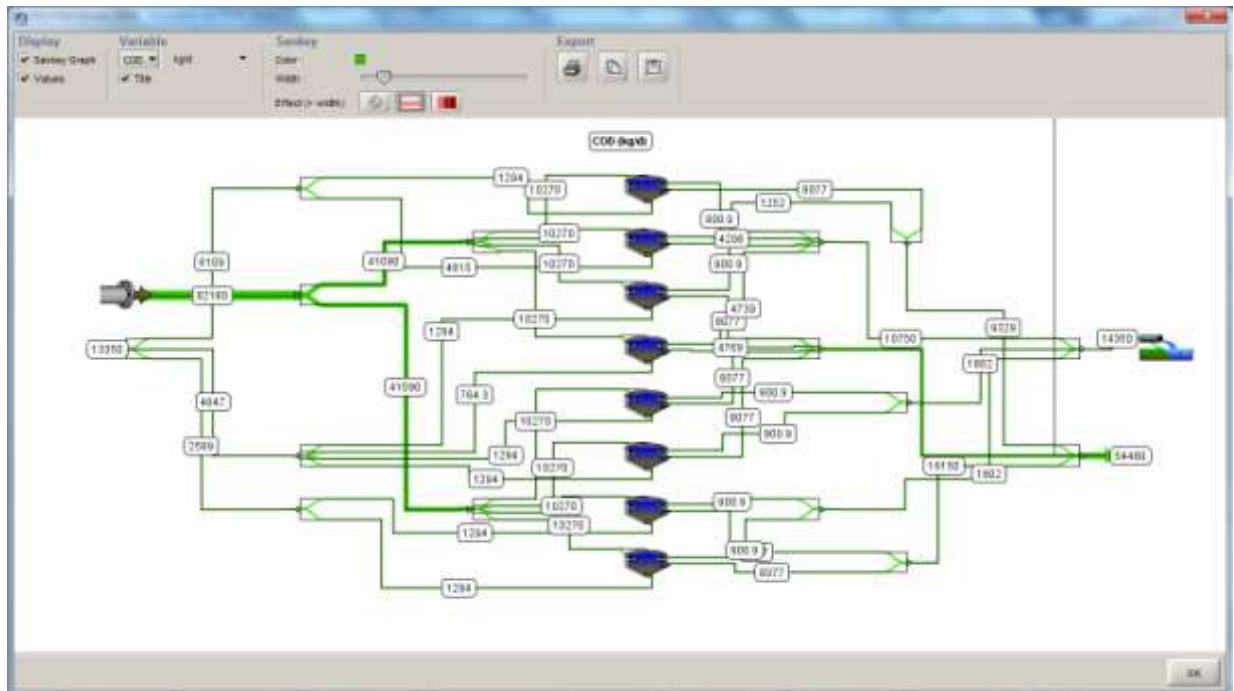
- Saisie des données d'entrée (à gauche) ;
- Résultat de simulation d'EUE dans le rejet Oued Seybouse (à droite).



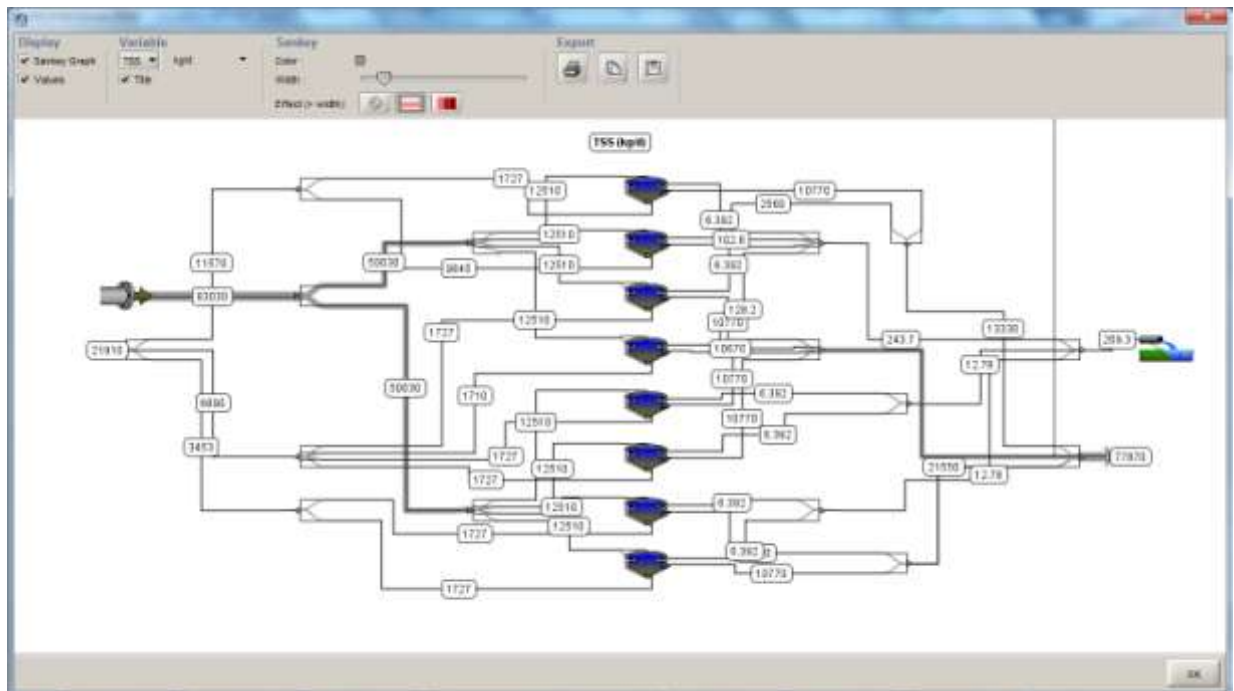
Interface GPS-X®: Simulation du débit (horizon 2035 en période sèche)



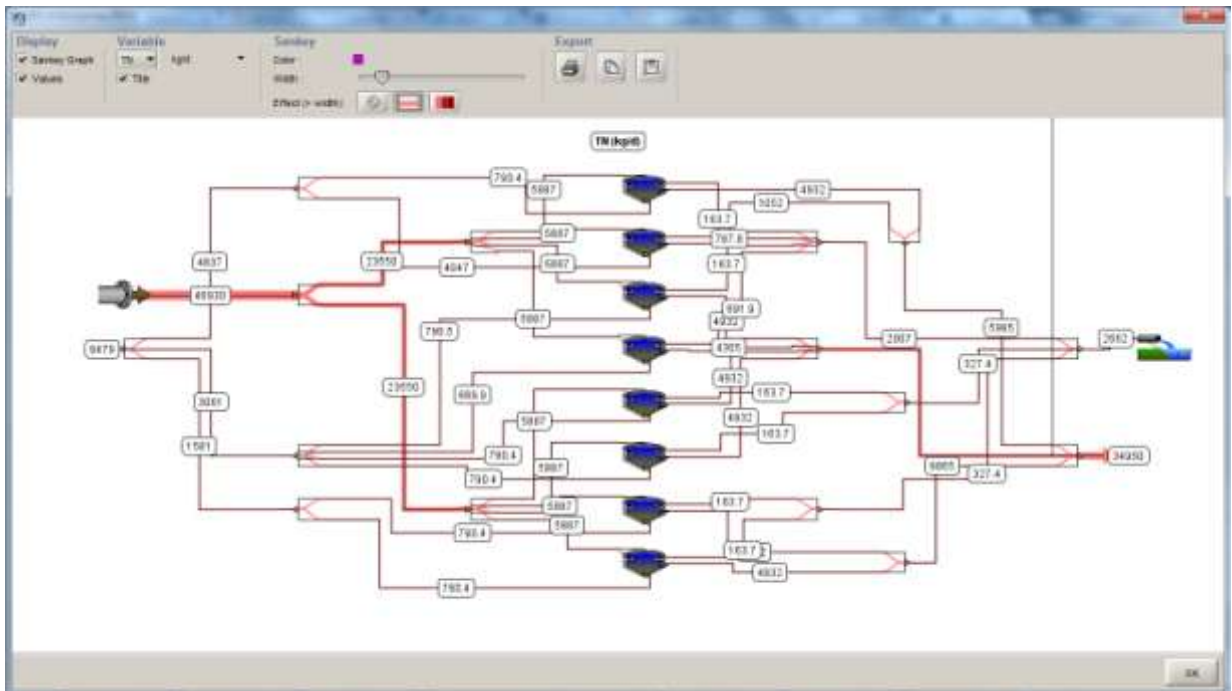
Interface GPS-X® : Simulation des DCO (horizon 2035 en période sèche)



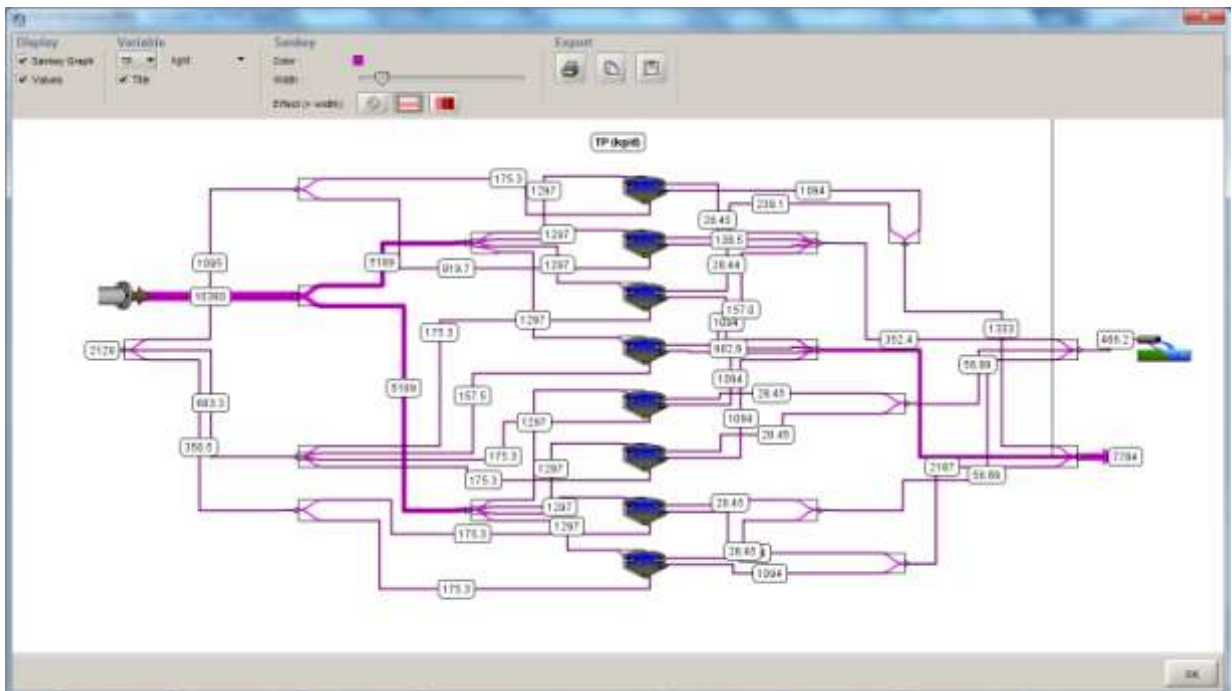
Interface GPS-X®: Simulation des MES (horizon 2035 en période sèche)



Interface GPS-X® : Simulation de Nt (horizon 2035 en période sèche)



Interface GPS-X®: Simulation du Pt (horizon 2035 en période sèche)



Annexes E

PMG MATLAB : SIMULATION FONCTIONNEMENT BARRAGE MAHCHA

CODE SOURCE DU REMPLISSAGE DE BARRAGE

```
1. Remplissage du Barrage :
function remplir_barrage(hpb,ka,evap,H0,VMax,HMax,HMin)
load C:\MATLAB7\work\matcoef.mat matcoef;
vb=0 ;
hpb=hpb-evap; % pour tous les mois
ifhpb<=H0
hpb=H0 ; % hauteurs du barrage
vb=0 ; % volume du barrage
else
volume (matcoef, hpb, HMin) ; % appel à la fonction de calcul de volume
load C:\MATLAB7\work\volume1.mat volume1;
vb=volume1;
end
vb=vb+ka ;% ka== apport
if vb<=0;
vb=0;
else
ifvb>VMax
qs=vb-VMax;
vb=VMax;
elseqs=0;
end
hauteur(matcoef,vb,HMax,HMin);% appel à la fonction de calcul de la Hauteur
load C:\MATLAB7\work\hauteur1.mat hauteur1 ;
hpb=hauteur1;
end
save C:\MATLAB7\work\barrage.mat vbhpb;%les nouveaux volumes et hauteurs à insérer dans la
bdd

1.5. Confrontation barrage/demande
functionDem_aep_br(VMin,vdm,vb1)% (volume min, volume demandé, volume disponible)
% prendre le volume du barrage (après calcul)
load C:\MATLAB7\work\barrage.mat vbhpb ;% le volume d
volume_utilisable=vb1;
qdef=0;
def=0;
if vb1>VMin % si le volume actuel est >vmin
x=vb1-VMin;% x= le volume utilisable
if x>= vdm % si le volume utilisable >= volume demandé
vb1=vb1-vdm; % en actualise le volume existant
vdm=0;%
else
```

```
% le volume utilisable est <vmin
q=vdm-x; % q= le volume demandé-le volume utilisable
vb1=VMin ; % actualiser le volume du barrage
def=def+1;
qdef=qdef+q;
vdm=q; % end
else
vb1=VMin;
def=def+1;
qdef=qdef+vdm
end
vb=vb1;
save C:\MATLAB7\work\barrage.mat vbhpb ;
save C:\MATLAB7\work\déficit.mat qdefdef ;
```

1.6. Confrontation nappe/demande

```
fonctiondem_aep_nap(vdm,vn)
qdef=0;
def=0;
ifvn>0
ifvn>= vdm % si le volume disponible>V.Demandé
vn=vn-vdm;% volume restant dans la nappe
vdm=0;
else
Q=vdm-vn;%déficit
vn=0;
def=def+1;
qdef=qdef+Q;
end
else
vn=0;
def=def+1;
qdef=qdef+vdm;
end
save C:\MATLAB7\work\vn.mat vn;
save C:\MATLAB7\work\déficit.mat qdefdef ;
```

1.7 Syntaxe de la fonction spline :

L'interpolation polynomiale d'une dimension est implémentée par la fonction « Interp1 » selon la méthode

spline comme suit :

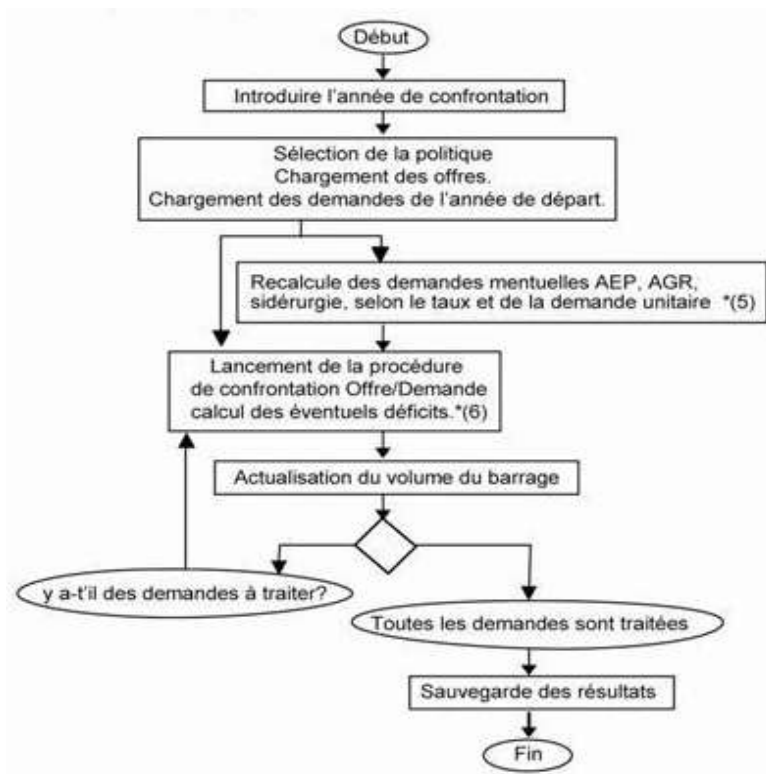
```
yi = interp1 (x, Y, xi,'Spline')
```

x : vecteur contenant les valeurs des hauteurs.

y : vecteur contenant les valeurs de la fonction volume par rapport au vecteur x

Organigramme de la Confrontation Offres Demandes

(Source K. NAFAA, 2008)



Etape du programme de simulation du remplissage du barrage sous MATLAB

(Source K. NAFAA, 2008)

