

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

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
«ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT SPECIALITES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE.

Spécialité : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**Evaluation de la qualité d'eau traitée au niveau de
la station d'épuration de Hadjout et son aptitude à
l'irrigation (W.TIPAZA)**

Présenté par :
M^r HANA MOHAMED

Promoteur :
M^r RAISSI Omar

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} L.S BAHBOUH

**Examineurs : M^r D. KOLIAI
M^r Y. DERNOUNI
M^{me} W. MOKRANE**

Septembre2007

Remerciement

A l'issu de cette étude, Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.

Ma reconnaissance va plus particulièrement à :

Mon promoteur Monsieur B.SALAH pour sa contribution à l'élaboration de ce mémoire.

Ma copromotrice M^{elle} Z.KADI pour ses orientations et son soutien.

Monsieur M.K.MIHOUBI pour ses directives et ses conseils.

Madame F.DERNOUNI pour ses appréciations et ses remarques.

Monsieur T.CHIKHIM et toute l'équipe du bureau d'étude OBENTIE.

L'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail

A. HADDAD

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

- *A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard;*
- *A mes frères : Ahmed, Hocine et Mourad;*
- *A mes sœurs : Amel, Ratiba et Samira ;*
- *A toute la famille HADDAD;*
- *A Mohamed CHERFAOUI ;*
- *A mon meilleur ami Abd el Ghani ;*
- *A Khaled ;*
- *A mes amis de l'ENSH et en particuliers : Mohamed, Mustapha (Erroji), Abdou, Ismail, Rachid, Walid, Youcef, Mustapha (Balak), Sedik et Hocine.*

HADDAD Ali

Sommaire

Introduction Générale

CHAPITRE I : Considération générale sur la réutilisation des eaux usées

I-1- Généralités.....	1
I-2- Réutilisation agricole des eaux usées.....	2
I-2-1- Motifs.....	2
I-2-2- Intérêts et contraintes de la réutilisation agricole des eaux usées.....	3
I-2-3- avantages et limites de la réutilisation de l'eau usée.....	4
I-2-4- les usages possibles	4
I-2-4-1 usage agricole.....	4
I-2-4-2 usage industriel.....	6
I-2-4-3 usage domestique et municipal.....	6
I-3- Les bonnes pratiques agricoles.....	9
I-3-1-Choix du système d'irrigation.....	9
I-3-2- Pratiques pour minimiser la lixiviation des nitrates.....	12

CHPITRE II : Paramètres de pollution

II.1. Les eaux usées brute.....	15
II.1.1. Les eaux usées domestiques.....	15
II.1.2 Les eaux usées d'origine industrielle.....	15
II.1.3 Les eaux usées d'origine agricole.....	16
II.2. Composition et qualité des eaux usées domestiques.....	16
II.2.1. Composition.....	16
II.2.1.1. Les matières en suspension et la matière organique	16
II.2.1-2. Les micro-organismes.....	17
II.2.1.3. Les substances nutritives.....	17
II-2.1.4. Les éléments traces	18
II.3. Définitions des paramètres de pollution caractérisant une eau usée.....	19
II.3.1. Introduction.....	19
II.3.2. Demande chimique en oxygène (DCO).....	20
II.3.3. Demande biochimique en oxygène (DBO).....	20
II.3.4. Matières en suspension.....	21
II.3.5. Azote.....	21
II.3.6. Phosphore.....	22
II.4. Mesure de la pollution	23

CHAPITRE III : Présentation de la ville de Hadjout

III.1- Situation géographique	24
III.2- Données naturelles du site	24
III.2-1-- Situation topographique.....	24
III.2-2- Analyse géologique	24
III.2-3- Hydrogéologie	26
III.2-4- Sismicité	26
III.2-5- Situation climatique	26
III.2-5-1- Pluviométrie	27
III.2-5-2- Température	27
III.2-5-3- Humidité	28
III.2-5-4- Les vents	28
III.2-5-5- Evaporation	28
III.2-5-6- Gel.....	29
III.2-5-7- Insolation	29

III.2-6-Classification de climat	29
III.2-6-1-Classification du climat selon l'indice de MARTON	29
III.2-6-2-Classification de climat selon le diagramme d'EMBERGER.....	30
III-3-Voirie urbaine.....	32
III-4-Hydrographie	32
III-5-Population	32
III-6-Situation hydraulique	32
III-6-1-Alimentation en eau potable	32
III-6-2-Assainissement	34
III-7-Site de la station d'épuration	35
III-7-1-La Capacité Journalière d'élimination des polluants	36
III-8-Conclusion.....	36
CHAPITRE IV : Application à la station d'épuration	
IV-1-Introduction	37
IV-2-Les ouvrages de la station	39
IV-2-1- Dégrillage grossier	39
IV-2-2- Station de relevage	39
IV-2-3- Dégrillage fin	39
IV-2-4- Dessablage / déshuilage	40
IV-2-5- Traitement biologique	40
IV-2-6- Décanteurs secondaires	42
IV-2-7- Poste de pompage des boues.....	42
IV-2-8- Bassin de chloration	43
IV-2-9- Epaisseur de boues	43
IV-3- Données de base.....	43
IV-3- 1-Caractéristiques de l'influent.....	44
IV-3- 1-1-Charge Hydraulique.....	44
IV-3-1-2- Paramètres organiques.....	44
IV-3- 1-3-Paramètres bactériologiques.....	45
IV-3- 2- Caractéristiques de l'effluent final.....	45
IV-4- Traitement Biologique.....	45
IV-4-1- Description du procédé.....	45
IV-5-Equipement utilisés.....	47
IV-5-1-Mélangeurs du compartiment anaérobie.....	47
IV-5-2-Mélangeurs du compartiment anoxie.....	47
IV-5-3-Aérateurs du compartiment aérobie.....	48
IV-5-4-Pompes de recirculation bassin aérobie/bassin anoxie.....	48
IV-6- Chambre de distribution.....	49
CHAPITRE V : Résultats des analyses	
V-1-Utilisation des eaux résiduaires de la station d'épuration de Hadjout pour l'irrigation des terres	50
V-1-1-Critères retenus pour une utilisation sans risque.....	50
V-1-2-Utilisation au niveau parcellaire.....	50
V-1-3-Choix des parcelles et système d'irrigation	51
V-1-4-Mode d'utilisation des eaux épurées de la station d'épuration	51
V-2-Analyse réalisés par le laboratoire de la station d'épuration – Hadjout	52
V-2-1-Les paramètres de pollution	52
V-2-2- résultat des analyses de pollution	54
V-3-Expression et Interprétation des résultats	54
V-3-1-la demande chimique en oxygène	54

V-3-2-la demande biochimique en oxygène	55
V-3-3-Les matières en suspension et les matières volatiles en suspension.....	55
V-3-4-Oxygène dissous.....	55
V-3-5- Le PH	55
V-3-6-Température	56
V-4-Approche de la quantification de l'azote à l'entrée et à la sortie de STEP.....	56
V-4-1-Introduction	56
V-4-2-Commentaire	56
V-5-Expression et interprétation des résultats d'analyses du phosphore.....	57
V-6-Qualité de l'eau d'irrigation	57
V-7-Classification des eaux pour l'irrigation	58
V-7-1-Classification mondiale (F.A.O).....	58
V-7-2-Classification Russe.....	59
V-7-3-Classification Américaine	59
V-8-Interprétation des résultats des analyses	60
V-9-Conclusion	61
CHAPITRE VI : Régime d'irrigation	
VI-1- Introduction	62
VI-2- Définition d'un régime d'irrigation	62
VI-3- Besoins en eau des cultures	62
VI-3-1. Définition	62
VI-3-2. L'évapotranspiration	62
VI-3-2-1. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration.....	63
VI-3-2-1-1. Méthodes directes	63
VI-3-2-1-2. Méthodes indirectes.....	64
VI-3-2-2. Calcul de l'évapotranspiration	66
VI-4- Détermination des besoins en eau d'irrigation	67
VI-4-1. Définition	67
VI-4-2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures.....	67
VI-5-Conclusion	69
CHAPITRE VII: Réseau d'irrigation	
VII.1 Dimensionnement d'un îlot type	70
VII.1.1 Choix de l'îlot type.....	70
VII.1.1.1 Données générales	70
VII.1.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	70
VII.1.2.1 Influence du taux de couverture du sol	70
VII.1.2.2 Besoins d'irrigation brute Bbrut.....	71
VII.1.2.3 Pourcentage de sol humidifié.....	72
VII.1.2.4 Fréquence d'arrosage.....	72
VII.1.2.5 Durée d'arrosage.....	73
VII.1.3 Choix des goutteurs dans notre zone d'étude la densité des cultures.....	73
VII.1.3.1 Nombre des goutteurs	73
VII.1.3.2 Nombre des rampes	73
VII.1.3.3 Débit de poste	73
VII.1.4 Calcul hydraulique.....	73
VII.1.4.1 Débit.....	73
VII.1.4.2 Perte de charges	74
VII.1.4.3 Conditions hydrauliques.....	74
VII.1.4.3.1 Position de porte rampe.....	75

VII.1.4.3.2 Détermination des portes rampes	75
VII.1.4.4 Calcul de la canalisation principale	76
VII.1.4.5 Calcul de la pression en tête de la parcelle	76
VII-2- Capacité du bassin d'irrigation	78
VII-2-1-Dimensionnement du bassin d'irrigation.....	78
VII-2 Conclusion.....	78

CHAPITRE VIII : Techniques et Modes d'irrigation

VIII-1- Introduction	79
VIII-2- Les différents techniques d'irrigation.....	79
VIII-2-1- L'irrigation de surface.....	79
VIII-2-1-1- Irrigation par ruissellement	79
VIII-2-1-2-Irrigation par submersion	81
VIII-2-1-3-L'irrigation mixte	83
VIII-2-2- L'irrigation par aspersion	83
VIII-2-3-L'irrigation localisée	85
VIII-3- Les avantages et les inconvénients des techniques d'arrosages.....	86
VIII-3-1- Techniques d'irrigation de surface.....	86
VIII-3-2- Techniques d'irrigation sous pression.....	86
VIII-3-3- L'irrigation localisée.....	87
VIII-3-4- L'irrigation souterraine.....	87
VIII-4- Choix des techniques d'irrigation	88
VIII-5- Travaux et aménagements recommandés.....	89
VIII-5-1- Les amendements organiques.....	89
VIII-5-2- La fertilisation.....	89
VIII-5-3-Les brise vents.....	89
VIII-6-Les contraintes à la mise en valeur	89
VIII-6-1- Les contraintes climatiques	89
VIII-6-2- Les contraintes édaphiques.....	89
VIII-7-La micro irrigation (irrigation localisée)	90
VIII-7-1-Définition, Principe et Origine	90
VIII-7-2- Dispositions générales.....	91
VIII-7-3- Avantages et inconvénients	91
Conclusion générale	

LISTE DES FIGURES

Figure I-01 :La réutilisation des eaux usées épurées sans le cycle d'assainissement....	1
Figure I-02: Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaine.....	8
Figure III-01 : Plan Setuatio.....	25
Figure III-02 : Graphes de température.....	28
Figure III-03 : Diagramme bioclimatique.....	31
Photo 1: Station d'épuration des eaux usées de la ville de Hadjout.....	37
Figure IV-01: Organigramme de la station de traitement.....	38
Photo 2: Bloc des traitements physiques.....	39
Photo 3: Dégrillage grossier de la STEP de la ville de Hadjout.....	39
Photo 4 : Station de relevage de la STEP de la ville de Hadjout.....	39
Photo 5 : Dégrillage fin de la STEP de la ville de Hadjout.....	39
Photo 6 : Dessablage / déshuilage de la STEP de la ville de Hadjout.....	40
Photo 7 : Compartiment Anaérobique - Traitement biologique - de la STEP	40
Photo 8 : Compartiment Anoxique - Traitement biologique - de la STEP	41
Photo 9 : Compartiment Aérobie - Traitement biologique - de la STEP	41
Photo 10 : Décanteurs secondaires de la STEP	42
Photo 11 : Poste de pompage des boues et un bassin d'équilibre.....	42
Photo 12 : Bassin de chloration de la STEP	43
Photo 13 : Déshydratation par presse à bandes ; Epaisseur de boues de la STEP.....	43
FigureVII-01 : La pression en tête de l'installation théorique.....	77
Figure VIII-1: Irrigation par planche de ruissellement.....	80
Figure VIII.-2 : Irrigation à la raie.....	81
Figure VIII-3: Irrigation par submersion.....	82
Figure VIII-4: Partie essentielle d'une installation en aspersion classique.....	84
Figure VIII-5 : Partie essentielle d'une installation localisée.....	85

LISTE DES TABLEAUX

I-01-les valeurs-guides des caractéristiques principales de l'eau d'irrigation	6
I-02- système d'irrigation et risque d'impact	11
II-1- les valeurs guides d'éléments traces dans l'eau d'irrigation.....	19
II-02- paramètres qui caractérisent la pollution.....	23
III-01- Répartition mensuelles de la pluviométrie.....	27
III-02- températures mensuelles et annuelles.....	27
III-03 - Humidités moyennes mensuelles.....	28
III-04 - Vitesses moyennes mensuelles des vents.....	28
III-05- Moyenne mensuelle de l'évaporation.....	29
III-06- Nombre moyen de jours de gelée.....	29
III-07- Moyenne mensuelle de l'insolation.....	29
III-08 - classification de climat selon MARTON.....	30
III-09- Recensements de la population de Hadjout.....	32
III-10- coordonnées (Lambert) des points de captage.....	33
III-11- Caractéristiques des pompes installées au niveau des forages et leurs débits d'exploitation.....	34
III-12- paramètres de pollution	35
IV-01- données de la charge Hydraulique.....	44
V-01-Résultats d'analyses des échantillons d'eau de la station d'épuration de Hadjout.....	54
V-02 - Résultats des nitrites et des nitrates.....	57
V-03 - Résultats d'analyses du phosphore.....	57
V-04 - Qualité de l'eau d'irrigation.....	58
IV-1 - Calcul de L'évapotranspiration.....	66
IV-2- Besoins en eau d'irrigation pour les orangers.....	68
VII-01 - caractéristique de la rampe.....	75
VII-02 - caractéristique de la porte rampe.....	75

LISTE DES FIGURES

Figure I-01 : La réutilisation des eaux usées épurées sans le cycle d'assainissement

Figure I-02: Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaine

Figure III-01 : Plan Setuation

Figure III-02 : Graphes de température

Figure III-03 : Diagramme bioclimatique

Figure IV-01: Organigramme de la station de traitement

Photo 1: Station d'épuration des eaux usées de la ville de Hadjout

Photo 2: Bloc des traitements physiques

Photo 3: Dégrillage grossier de la STEP de la ville de Hadjout

Photo 4 : Station de relevage de la STEP de la ville de Hadjout

Photo 5 : Dégrillage fin de la STEP de la ville de Hadjout

Photo 6 : Dessablage / déshuilage de la STEP de la ville de Hadjout

Photo 7 : Compartiment Anaérobique - Traitement biologique - de la STEP

Photo 8 : Compartiment Anoxique - Traitement biologique - de la STEP

Photo 9 : Compartiment Aérobie - Traitement biologique - de la STEP

Photo 10 : Décanteurs secondaires de la STEP

Photo 11 : Poste de pompage des boues et un bassin d'équilibre

Photo 12 : Bassin de chloration de la STEP

Photo 13 : Déshydratation par presse à bandes ; Epaisseur de boues de la STEP

Figure VIII-1: Irrigation par planche de ruissellement

Figure VIII.-2 : Irrigation à la raie

Figure VIII-3: Irrigation par submersion

Figure VIII-4: Partie essentielle d'une installation en aspersion classique

Figure VIII-5 : Partie essentielle d'une installation localisée

Introduction générale

La réutilisation et le recyclage des eaux usées sont essentiels au développement de politiques de gestion durable de l'eau et de l'environnement. Dans les régions arides et semi-arides, la réutilisation des eaux usées est un élément essentiel de développement, car elle assure une ressource alternative durable en eau, la réduction de la pollution de l'environnement et la protection de la santé publique. Le développement et la mise en œuvre d'une stratégie globale de gestion intégrée de l'eau avec réutilisation des eaux usées sont les seules voies possibles pour éviter l'augmentation du déséquilibre entre l'alimentation limitée et la croissance rapide de la demande, ainsi que la dégradation importante de l'environnement, l'exploitation poussée des nappes souterraines et l'accroissance de leur pollution.

La réutilisation de l'eau usée est un domaine en pleine expansion, principalement associé à l'agriculture. Dans les pays où les réserves actuelles d'eau douce sont ou seront prochainement à la limite du niveau de survie, le recyclage des eaux usées est la seule alternative significative peu coûteuse permettant des réutilisations agricoles, industrielles ne nécessitant pas une qualité potable.

Conclusion générale

L'objectif principal de cette étude est de caractériser au mieux les eaux de la station d'épuration de HADJOUT en vue d'une utilisation sans risque sur un périmètre située juste en aval de la station. Un réseau d'irrigation a été conçu avec un dimensionnement adapté au type de sol et au débit disponible.

Les résultats analytiques ont montré que les eaux ont les caractéristiques favorables et présentent des avantages d'amélioration sur le plan chimique et biologique du milieu et ainsi éviter le gaspillage de l'eau.

Les besoins en eau ont été calculés pour une seule culture à fin de satisfaire ce dernier en fonction de leur capacité de retentions

Parmi les recommandations avant de généraliser cette pratique, il est important que les techniques de la réutilisation des eaux usées épurées soient bien maîtrisées pour cela, il serait nécessaire :

- de contrôler la qualité de l'eau périodiquement par l'administration chargée de l'exploitation de la station d'épuration.
- ces analyses doivent être effectuées à la sortie de la station d'épuration et les comparer aux normes.

ملخص :

تكتسي إعادة استعمال المياه الرثة بعد معالجتها أهمية كبيرة في البلدان التي يميزها جفاف نسبي و قد تساعد على سد هذا العجز و لكن تتطلب احترام بعض المواصفات القياسية الخاصة بمعالجة المياه و حتى تجنب كل الأخطار المتمثلة في التلوث و العدوى يجب علينا أن نعرف جيدا الميكانيزمات البيولوجية و الفيزيوكيماوية التي تسير لإتلاف المادة العضوية.

RESUME :

La réutilisation des eaux usées épurées revêt une grande importance dans les pays à déficit pluviométrique, elle peut contribuer à résoudre partiellement ce déficit, mais exige le respect de certaines normes dans l'épuration des ces eaux.

A fin d'éviter les risques de pollution, d'infestation et d'épidémies, il faut une bonne connaissance des processus biologique et physico-chimique qui commandent d'évolution et la dégradation de la matière organique nécessaire.

ABSTRACT :

The reusing of waste water takes on great importance in the countries characterised by pluviometric deficit. It contributes to resorb partly this deficit but for some requires standards in the traitement of this water. The comprehension of biological and physico-chemical processus wich command the evolution and degradation of organic matter is indispensable to avoid pollution, infestation and epidemic risks.

Chapitre I

Présentation et climat

I.1.Généralités :

La réutilisation des eaux usées épurées recouvre deux notions complémentaires : le traitement puis la réutilisation proprement dite d'**eaux usées**. Les eaux usées sont les eaux rejetées par les collectivités et les industries et qui sont acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées. Après traitement, on les appelle des **eaux usées épurées**. Dans le cycle d'assainissement de l'eau « classique », celles-ci sont rejetées dans le milieu naturel. La REUE propose de récupérer directement ces eaux usées épurées, de les traiter éventuellement une nouvelle fois et de s'en servir pour toutes sortes d'usages. On constate (figure I-1) que la REUE agit à deux niveaux : premièrement elle évite les rejets d'eaux issues de stations d'épuration dans le milieu naturel, et deuxièmement, elle constitue un approvisionnement supplémentaire. En quelque sorte, le cycle d'assainissement de l'eau est « court-circuité ».

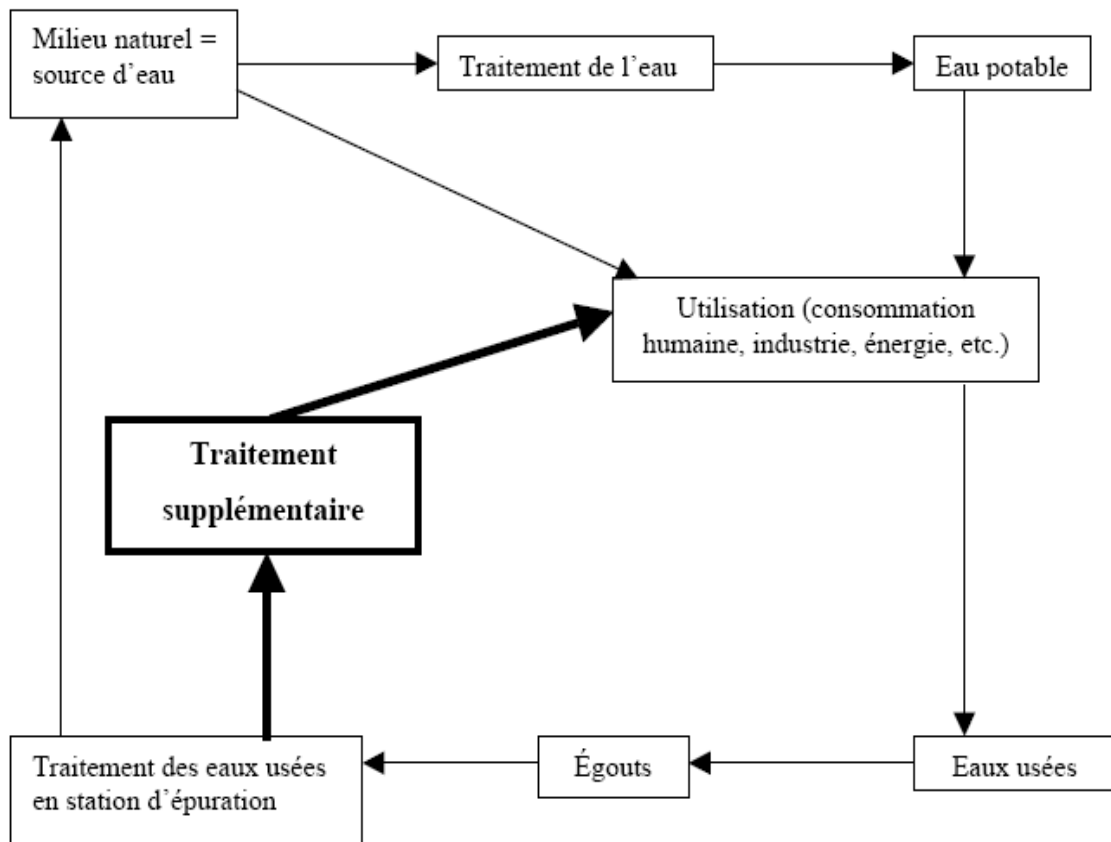


Figure I-01 : la réutilisation des eaux usées épurées sans le cycle d'assainissement

I.2.Réutilisation agricole des eaux usées :

L'évolution de la réutilisation des eaux usées connu et connaît encore différentes phases de développement en fonction des intérêts mis en jeu, qu'ils soient économiques, sanitaires, eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau.

Actuellement, les possibilités de réutilisation agricole des eaux usées sont très larges, quand la qualité est en adéquation avec l'usage.

Toutefois, les projets de réutilisation agricole des eaux usées sont des opérations à long terme qu'il importe de mener avec prudence. En effet, si la réutilisation des eaux usées peut constituer une ressource additionnelle et contribue à la protection de l'environnement, elle peut également, si elle est pratiquée de façon inappropriée, avoir des effets négatifs sur la santé humaine et animale.

Les problèmes relatifs à la réutilisation étant de nature interdisciplinaire, la prise en compte d'un grand nombre d'aspects et nécessaire (procédés de traitement, systèmes d'irrigation, rendement et qualité des récoltes, protection de l'environnement, contrôle, aspects socio-économiques et sanitaires). Ceci suppose la mise au point d'approches et des solutions spécifiques qui doivent être adaptées aux situations locales. L'utilisation des eaux usées suppose, d'autre part, la mise en place d'un cadre institutionnel et législatif.

I.2.1.Motifs :

Les motifs pour le développement des systèmes de réutilisation

Peuvent être très variés, suivant le contexte local :

✚ Absence d'exutoire pour les effluents collectés.

✚ Absence ou déficit de ressource en eau et conséquence, besoin de mobiliser des ressources supplémentaires.

- ✚ Protection de l'environnement des milieux récepteurs.
- ✚ Utilisation des eaux usées comme source d'éléments fertilisants et leurs applications pour améliorer les propriétés des sols et la production agricole.

I.2.2. Intérêt et contraintes de la réutilisation agricole des eaux usées :

Dans un souci de protection de l'environnement et de la santé publique, le pays ne cesse d'accroître ses efforts dans le domaine de l'assainissement et du traitement des eaux usées à travers la création et l'amélioration des stations d'épuration indépendamment de la réutilisation de cette ressource. Il serait dommage que cette eau ne soit pas valorisée chaque fois qu'il est possible.

Parmi les domaines de la réutilisation, l'irrigation constitue le secteur le plus intéressant. En effet, elle procure à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libère un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires. Elle constitue en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption comme l'azote, le potassium et le phosphore, permet de diminuer les frais de fertilisation des sols.

L'utilisation des eaux usées peut également prévenir l'eutrophisation et éviter la croissance des algues dans les étendues d'eau fermées, telles que lacs et étangs.

Si cette ressource constitue une valeur hydrique et un potentiel de matières fertilisantes, elle peut être également une source de pollution. Son contenu en éléments traces et en germe pathogènes et sa teneur élevée en azote peuvent présenter un risque pour la santé humaine.

I.2.3. Avantages et limites de la réutilisation de l'eau usée

Les eaux usées importantes dans 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'eau usée peut avoir des résultats agronomiques positifs. D'ailleurs, les systèmes d'utilisation d'eau usée, lorsqu'ils sont correctement planifiés et contrôlés, peuvent avoir un impact environnemental et sanitaire positif, à côté de rendements agricoles accrus. Cependant, la réutilisation de l'eau usée peut également avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé publique

. I.2.4. Les usages possibles :

Théoriquement on peut utiliser les effluents des villes pour de nombreux usages :

- ✓ Irrigation/ agriculture
- ✓ Industrie
- ✓ Usages municipaux (lavage de chaussées, arrosage)

I.2.4.1. Usage agricole

L'emploi des eaux usées en agriculture est très ancien et les champs d'épandage ont constitué les premiers systèmes d'épuration. Le sol est un filtre efficace et un hectare contient jusqu'à une ou deux tonnes de microorganismes. Aujourd'hui l'intérêt principal de la réutilisation des eaux usées en culture est plus souvent l'apport d'eau indispensable aux plantations (zones arides) que l'épuration par le sol ou l'apport d'éléments nutritifs. Des dispositions doivent être prises pour éviter les dépôts et la corrosion dans le système de distribution et un traitement préliminaire de décantation des effluents bruts est dans tous les cas à conseiller. Un prétraitement biologique est aussi souvent recommandé. Il permet, en particulier, de réduire sensiblement les risques d'odeurs. Deux catégories de risques sont liées à cet usage des eaux usées

. Les risques sanitaires pour les populations avoisinantes et les consommateurs de produits agricoles. Suivant l'état sanitaire endémique local, les méthodes culturales, les habitudes de vie et les conditions climatiques, les risques sont très différents. Cependant, on peut considérer que de façon générale l'utilisation d'eaux résiduaires sur ou à proximité de végétaux à consommer crus est à écarter. La gestion correcte de périodes d'arrêt de l'épandage ainsi que de séchage de la récolte réduit ces

risques. L'utilisation d'eaux résiduaires sur les prairies de fauche ne semble pas poser de grands problèmes; il n'en est pas de même sur les prairies pâturées.

Les cultures les plus adaptées sont l'arboriculture, les céréales, les betteraves et les oléagineux. L'épandage par irrigation est préférable à celui par aspersion.

▪ **Les risques pour les sols et les cultures:**

Colmatage du sol, accroissement de salinité, apport de toxiques.

Les propriétés physiques du sol peuvent être modifiées par les pratiques d'épandage.

La structure peut, en particulier, être détruite par un apport excessif de sodium et une absence de lessivage (en particulier dans les zones à trop faible pluviométrie).

La connaissance du SAR de l'effluent (rapport d'absorption de sodium) est alors importante

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^+}{2}}}$$

Il y a danger si le SAR approche 10 ; cela n'arrive en général que sur certains effluents concentrés (distilleries, sucreries, fromageries).

Une trop forte salinité de l'effluent (> 2 mg.l-1) entraîne aussi des difficultés et conduit à un contrôle plus attentif des quantités d'eaux épandues et de

l'évolution de la salinité du terrain de culture. Le rapport C/N reste essentiel pour les besoins culturaux. La relation N/P/K présente généralement un fort excès d'azote dans les effluents domestiques. Un des inconvénients de la réutilisation agricole peut être l'enrichissement de la nappe en nitrates.

Tableau I-01 : les valeurs-guides des caractéristiques principales de l'eau d'irrigation.

Caractéristique	Limitation d'usage		
	Pas	Modérée	Forte
Salinité en mg.l ⁻¹	<450	450 - 2000	> 2000
Conductivité spécifique en NS.cml (CE)	<700	700 - 3000	> 3000
SAR = 0-3	>700	700-200	< 300
= 3-6	>1200	1200-300	< 300
= 6 -12	>1900	1900 - 500	< 500
=12 - 20	>2900	2 900 - 1300	< 1300
=20 - 40	>5000	5 000 - 2 900	< 2 900
Na			
Irrigation en surface – RAS	<3	3-9	>9
Irrigation par aspersion mg.l ⁻¹	<70	>70	
Cl			
Irrigation en surface mg.l ⁻¹	<140	140-350	>350
Irrigation par aspersion mg.l ⁻¹	<100	>100	-
PH	De 6.5 a 8.4		

I.2.4.2. Usage industriel

L'eau résiduaire après traitement peut être une source d'eau tout à fait adaptée aux besoins industriels en particulier pour le refroidissement et les lavages. Les réalisations sont maintenant assez nombreuses. Très souvent une élimination poussée de la pollution organique est nécessaire et le traitement biologique est alors suivi d'un traitement de finition.

L'eau, après un traitement tertiaire très complet, comprenant entre autres une étape de déminéralisation, peut être utilisée pour l'alimentation de chaudières

basse pression. Des essais de longue durée ont démontré la faisabilité de cette solution pour des chaudières moyenne pression.

I.2.4.3. Usage domestique et municipal

La réutilisation des eaux usées traitées au domicile de l'habitant ou à l'échelle de la ville est possible à différents niveaux de qualité et suivant plusieurs schémas

- recyclage partiel à l'intérieur d'immeubles. Cette solution qui a fait l'objet d'applications en Extrême-Orient consiste le plus souvent à alimenter les chasses de toilette au moyen des autres eaux usées qui sont réutilisées après traitement,
- alimentation de réseaux municipaux de lavage (rues, camions, etc.) et de réseaux d'incendie. Cette utilisation ne doit pas apporter de gêne d'exploitation dans le réseau (dépôts, développements bactériens, corrosion, etc.) ni entraîner de risques sanitaires inacceptables.
- réalimentation partielle de nappes d'eaux souterraines, (lits filtrants...).

La **Figure I-02** résume les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine. Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen, le Sud des Etats-Unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats-Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud

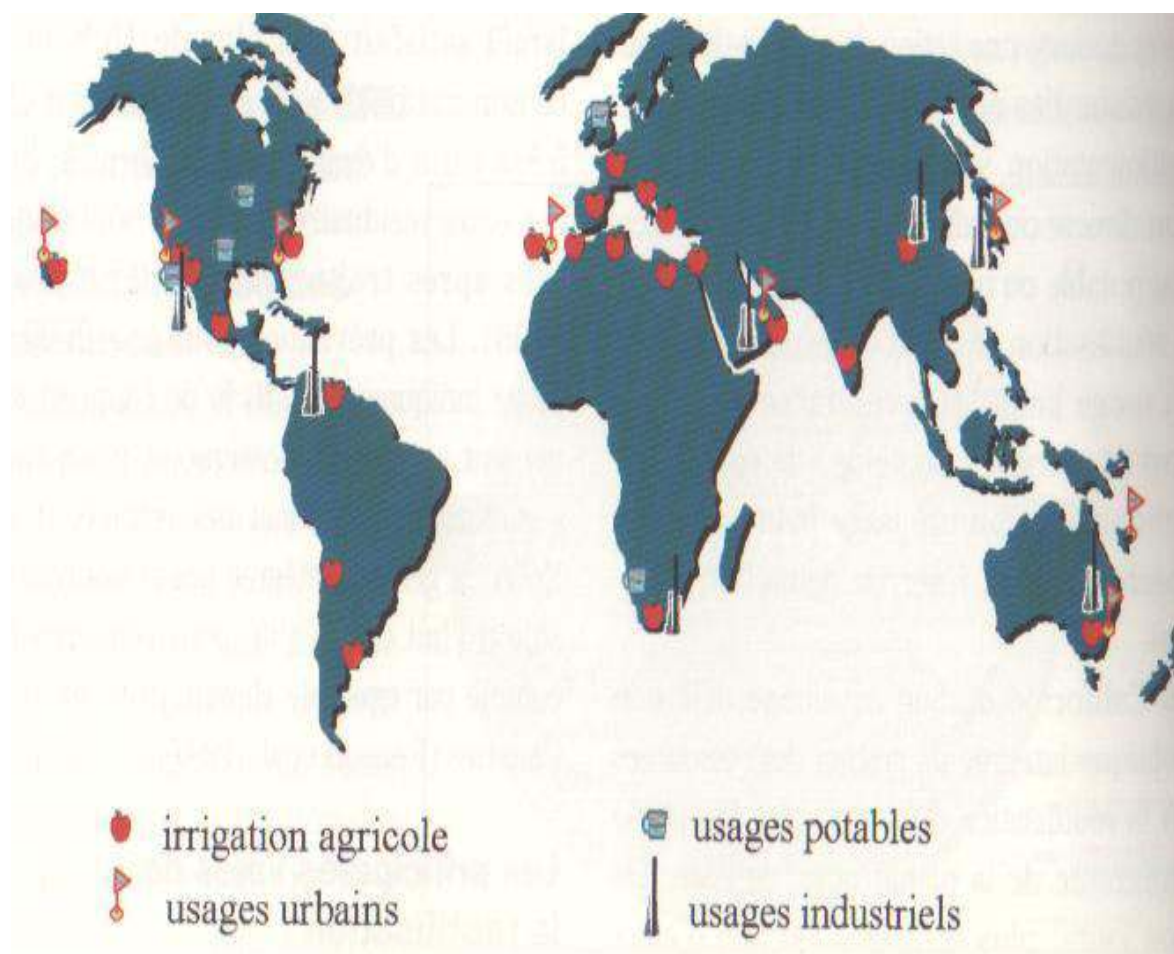


Figure I-02: répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines

I.3. Les bonnes pratiques agricoles :

Il s'agit en fait de répondre à la question : quelle sont les bonnes pratiques agricoles de la réutilisation des eaux usées à mettre en œuvre pour protéger la nappe de la pollution nitrique?

La protection des ressources en eau consiste à appliquer des techniques d'irrigation efficaces, évitant tout apport excessif d'azote, ou en maximisant leur utilisation et donc en limitant les possibilités de fuite.

I.3.1. Choix du système d'irrigation :

Etant une pratique particulière, l'irrigation avec les eaux usées traitées exige, en plus des paramètres communs d'une irrigation avec des eaux de nappe, la maîtrise d'autres paramètres liés à la qualité physico-chimique et microbiologique des effluents (micro-organismes pathogènes, éléments toxiques, salinité, matières en suspension, etc...). ainsi le choix de la méthode d'irrigation adéquate et adaptée permet de réduire les effets indésirables de l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation.

Les techniques d'irrigation représentent à des degrés divers un risque de propagation des agents pathogènes et des polluants vers les ressources en eaux (nappe ou eaux de surface). Ce risque est directement lié aux quantités d'eau nécessaires aux irrigations qui sont elle mêmes dépendantes des systèmes d'irrigation. En ce qui concerne la pollution de la nappe, on peut globalement hiérarchiser les systèmes d'irrigation selon le degré de risque de contamination croissant comme suit :

Irrigation gravitaire >>> irrigation par aspersion > irrigation localisée ou micro-irrigation

La micro-irrigation, et en particulier la méthode au goutte à goutte, présente toute une série d'avantages

- Efficiences d'irrigation élevée par atténuation des pertes d'eau par infiltration et par colature.
- Risque moindre de pollution des eaux souterraines et de surface par les nitrates.
- Améliorations des rendements des cultures par optimisation des régimes hydriques, par rapports simultanés des éléments nutritifs et par des conditions d'aération optimales.
- Très faible contact entre le personnel opérateur et les effluents.
- Faible consommation d'énergie.
- Faible besoin en main d'œuvre.

Deux éléments importants et interactifs méritent d'être pris en considération pour minimiser les risques de toute contamination du sol, de la nappe et des eaux de surface : le degré d'épuration et l'efficacité d'application de l'eau au niveau de la parcelle. Pour cela, le bon choix de la méthode d'irrigation et la bonne stratégie de pilotage des apports d'eau s'imposent pour une réutilisation rationnelle. Le tableau N°01 relate les inter-relations entre les systèmes et l'efficacité de système

Tableau I-02 : système d'irrigation et risque d'impact

Système d'irrigation	Impact et efficacité du système
Gravitaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impact sur les eaux souterraines ▪ Impact possible sur les eaux de surface lié aux évacuations des excédents ▪ Efficacité du système <ul style="list-style-type: none"> - bassin 60-80% -raie 50-70% - planche 40-70%
Aspersion	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impact sur les eaux superficielles ▪ Efficacité du système : 90%
Souterraine « Sub-irrigation »	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impact possible sur la nappe ▪ Impact possible sur les eaux superficielles lié aux évacuations des excédents
Localisé -Goutteurs -Rampes perforés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficacité : 90-100% ▪ Impact possible sur les eaux superficielles mais d'une ampleur inférieure aux autres systèmes d'irrigation

Lorsqu'on parle de gestion rationnelle de l'irrigation on sous entend aussi des notions de valorisation de l'eau ou d'efficacité de l'eau. Quel que soit le type de conception du système 'irrigation, l'efficacité de l'eau et l'uniformité d'arrosage ne sont jamais égale à 100%

Toutefois un certain nombre de directives permettent de valoriser au maximum le mètre cube d'eau. Parmi ces directives, on propose la liste suivante :

- développer une technique adéquate de mesures de l'humidité du sol, actuellement la méthode TDR se prête bien au contrôle instantané et à différents endroits des teneurs en eau du sol.
- installer de régulateurs de pression et des systèmes de filtration performants.
- dimensionner correctement les canalisations d'irrigation de manière à assurer la qualité demandée par le système.
- assure une bonne maintenance du système d'irrigation.

I.3.2.Pratiques pour minimiser la lixiviation des nitrates :

Les teneurs en azote et ses formes dans les eaux usées varient en fonction de l'origine des eaux usées brutes et du système d'épuration. Ainsi par exemple, dans les effluents de lagunage, l'azote se trouve essentiellement sous formes organique et ammoniacale. Par contre, dans les effluents du système infiltration-Percolation, l'azote est essentiellement sous forme nitrique. Notons toutefois que l'ammonium se nitrifie rapidement une fois que les eaux, issues du lagunage, sont appliquées au sol. Ainsi, dans certaines situations. Le risque de pollution des eaux souterraines peut être élevé. Pour minimiser ce risque, il est important d'adopter certaines recommandations pratiques.

- il faut établir avec précision le bilan de l'eau dans le système sol-plante en quantifiant les entrées (pluies et hauteur d'eau d'irrigation) et les sorties (utilisation par la culture et l'évaporation).
- analyse les teneurs en nutriments et particulièrement en azote dans les eaux épurées utilisées pour l'irrigation. Ceci permettra de quantifier les quantités d'azote apportées par les doses 'irrigation appliquées.
- tenir compte du niveau de rendement escompté afin d'évaluer les exploitations.

-a partir de l'analyse du sol, tenir compte de reliquat d'azote minéral disponible dans le sol.

-la dose d'irrigation est un facteur important qui conditionne la lixiviation des nitrates.

Ainsi, dans les sols de texture sableuse, il convient de minimiser les doses et d'augmenter la fréquence. A ce niveau, il convient de considérer l'importance d'optimiser la dose d'azote et la hauteur d'eau d'irrigation sur la base de besoins en eau et en azote de la culture pour les différents stades phénologiques.

-dans le cas où les eaux sont chargées, il faut choisir les cultures les plus consommatrices d'azote et/ou assurer une couverture maximale des sols par les cultures

- mélanger des eaux riches en azote et des eaux moins concentrées ou alterner les irrigations avec ces deux catégories d'eau.

- En cas d'utilisation d'amendements organique, éviter l'utilisation du fumier frais. Il est plutôt recommandé d'utiliser un compost stabilisé et de comptabiliser la fourniture d'éléments nutritifs par le compost.

La connaissance et la détermination de la forme de l'azote minéral véhiculé par les eaux usées épurées sont d'importance capitale. En effet selon la filière de traitement adoptée, les eaux peuvent contenir l'ammonium (cas de lagunage) ou les nitrates (cas de l'infiltration-percolation). Dans le premier cas, il est recommandé d'utiliser des inhibiteurs de la nitrification mais ce n'est envisageable que pour des cultures à haute valeur ajoutée étant donné le prix de ces produits. Dans le second cas, deux possibilités sont offertes : mettre en place un système de dénitrification au niveau de station d'épuration ou mélanger les eaux usées épurées avec une proportion d'eau de nappe ou de surface pour diminuer la teneur en nitrates.

Ainsi, il est fortement recommandé d'établir un bilan de masse d'azote dans le but de protéger la nappe contre la contamination par les nitrates.

L'objectif consiste à garder la concentration nitrique des eaux à un niveau inférieur à 50 mg/l ou de garantir un taux d'accroissement annuel nul dans le cas où la concentration nitrique actuelle dépasse 50 mg/l.

Conclusion :

La réutilisation des eaux usées est appelée à se développer, à se diversifier et à être socialement plus acceptée. Des efforts restent à faire dans de nombreux domaines afin de mieux maîtriser l'utilisation de ces eaux. Des systèmes de traitement fiables et économiques demandent à être développés. Les effets à long terme de la réutilisation des eaux usées et des opérations de recharge sont également à prendre en compte.

Les futurs projets de réutilisation des eaux usées dépendront d'une meilleure planification et d'un meilleur aménagement des opérations de réutilisation. Ceci signifie l'amélioration de l'évaluation et de la prise en compte des facteurs techniques, sociaux, économique, réglementaires et environnementaux et la recherche d'une meilleure organisation sur le plan institutionnel.

Chapitre II

Etude hydrologique et pédologique

Chapitre II : Paramètres de la pollution

II.1. Les eaux usées brute

II.1.1. Les eaux usées domestiques

Dans les eaux usées domestiques, on distingue les eaux ménagères et les eaux-vannes.

- **Les eaux ménagères** : Les eaux de la cuisine contiennent des matières insolubles (terre, débris divers), des matières extraites des aliments (organiques ou minérales) ainsi que des graisses provenant de la cuisson par exemple. Les eaux de salle de bain ainsi que les eaux des machines à lessiver renferment, quant à elles, des savons et des détergents. Enfin, les eaux de lavages des locaux sont riches en particules solides (terre, sable,...) mais surtout en détergents et désinfectants (eau de javel, produits à base de chlore ou d'ammoniaque,...).
- **Les eaux vannes** : Ces eaux sont chargées en urine, matières fécales qui vont non seulement fermenter mais qui peuvent également contenir des germes pathogènes.

II.1.2 Les eaux usées d'origine industrielle

Il peut s'agir des eaux qui ont été utilisées dans les processus de fabrication industrielle comme matière première, des eaux de refroidissement, des eaux de lavage,... Elles peuvent contenir différents types de polluants:

- des gaz dissous: NO_x , SO_x , HCl, HF, H_2S ,....
- des matières minérales: dissoutes (acides, métaux lourds, sels: nitrates, sulfates, chlorures,...) ou non (cendres, sable, terre, ...).
- des matières organiques: dissoutes (produits de dégradation thermique, cyanures, produits organiques contenant du soufre, matières fermentescibles,...) ou non (huiles, graisses,...).

De nombreuses industries possèdent leur propre station d'épuration permettant de rabattre la pollution des effluents et de respecter les normes de rejet dans les réseaux d'égout.

II.1.3 Les eaux usées d'origine agricole

Ces eaux sont particulièrement chargées en nitrates et phosphates qui provoquent l'eutrophisation des cours d'eau. En effet, les nitrates et phosphates entraînent la prolifération des algues qui, lors de leur putréfaction, consomment l'oxygène dissous dans l'eau. Suite à l'appauvrissement en oxygène, le milieu devient réducteur, des oxydes se remettent en solution ce qui conduit à un relargage du phosphore complexé et une accélération de l'eutrophisation.

Les conséquences néfastes de ce processus sont nombreuses :

- fortes concentrations en métaux remis en solution dans l'eau (fer, manganèse)
- fortes concentrations en NH_3 dans l'eau (dégradation des algues)
- présence de toxines (algues bleues)
- élimination de certaines espèces aquatiques

II.2. Composition et qualité des eaux usées domestiques

II.2.1. Composition

La composition de l'eau usée dépend essentiellement :

- De l'activité humaine,
- De la qualité des eaux d'AEP.

II.2.1.1. Les matières en suspension et la matière organique

Elles se composent de matières flottantes qui ne sont ni à l'état soluble, ni à l'état colloïdale. Cet ensemble de substances organiques et minérales est un paramètre important dans la réutilisation (sa présence excessive dans l'eau d'irrigation peut perturber les systèmes d'irrigation)

La matière organique contenue dans les effluents est dégradée par l'activité bactérienne. Cette dégradation libère des éléments minéraux pouvant être directement assimilés par les plantes. C'est la minéralisation. Ainsi la présence des matières organiques dans les eaux usées ne constitue pas un danger, bien au contraire, elle contribue à la fertilisation .

II.2.1-2. Les micro-organismes

Les eaux usées véhiculent d'importants micro-organismes dont la plupart sont pathogènes. Ils sont contenus en majeure partie dans les matières en suspension.

L'ensemble de ces organismes peut être subdivisé en quatre groupes

- **Les bactéries** : elles sont présentes dans les eaux usées à de très forte concentration et peuvent être à l'origine des troubles intestinaux, de typhoïde ou des paratyphoïdes. On estime leur concentration dans les effluents à 10^7 - 10^8 pour 100 ml dont 10^3 à 10^4 pour un litre sont pathogènes.
- **Les virus** : ce sont des parasites intracellulaires contenus dans les eaux usées urbaines.
- **Les protozoaires** : les eaux usées contiennent également des protozoaires, capables de transmettre certaines maladies comme la dysenterie.
- **Les helminthes** : fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires, les helminthes sont des vers pathogènes susceptibles de causer des maladies (ténia, ascaris...). Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthe est de l'ordre de 10^3 par litre

II.2.1.3. Les substances nutritives

Les solides en suspension, les éléments colloïdaux et dissouts présents dans les eaux usées contiennent des macronutriments et des micronutriments qui sont essentiels à la nutrition des plantes. Cependant, la teneur nutritive de l'eau peut excéder les besoins des cultures et constitue ainsi une source potentielle de pollution des eaux de nappe. Elle peut également poser des problèmes liés au développement végétatif, en retardant la maturité ou en réduisant la qualité des produits agricoles. A cet égard l'analyse de l'eau usée est requise surtout au début de la saison culturale.

Les substances nutritives les plus importantes en agriculture sont l'azote, le phosphore, le potassium et parfois le zinc, le bore et le soufre. Il existe aussi certains oligoéléments qui participent à la fertilisation du sol .

1. L'azote

L'azote est une substance indispensable pour les plantes qui intervient dans toutes les phases du cycle végétatif d'une culture. Il est contenu dans les eaux usées à des proportions importantes. Ainsi l'usage de ces eaux en irrigation peut constituer une nouvelle source de fertilisation.

Cependant, les concentrations excessives de cet élément dans les eaux d'irrigation, peuvent toutefois avoir des effets négatifs sur le rendement des cultures et aussi sur la qualité des eaux des nappes sous-jacentes. La connaissance de la teneur en azote de l'eau usée est donc nécessaire afin de prémunir les risques éventuels.

2. Le phosphore

Les eaux usées contiennent également du phosphore qui est un élément important dans la fertilisation des sols. Il intervient de façon déterminante dans la synthèse des protéines. Contrairement à l'azote, la teneur en phosphore des eaux usées est moins élevée pour avoir des incidences majeures sur les cultures.

3. Le potassium

Le potassium est aussi un élément très important pour le développement des cultures. Il intervient dans le processus de la photosynthèse et aussi dans la synthèse des protéines.

II-2.1.4. Les éléments traces

Ils sont peu nombreux et se trouvent dans les eaux usées à des très faibles quantités. Certains de ces éléments comme le Fer, le Zinc, le Cuivre, le Bore, le Manganèse et le Molybdène sont indispensables pour le développement des végétaux. Leur carence peut toute fois entraîner une chute de rendement. En revanche il existe d'autres oligo-éléments (le Plomb, le Mercure, le Cadmium, le Brome, le Fluor....) dans les eaux usées qui sont toxiques pour les plantes .

Tableau II-1 : les valeurs guides d'éléments traces dans l'eau d'irrigation

caractéristique	Valeur limite mg.l
Al	5.0
As	0.1
B	0.75
Bc	0.10
Cd	0.01
Cz	0.10
Co	0.05
Cu	0.2
F	1.0
Fe	5.0
Li	2.5
Mn	0.2
Mo	0.01
Ni	0.2
Pb	5
Se	0.02
Va	0.1
Zn	2.0

Les valeurs sont données pour une exploitation agricole continue et une quantité d'eau annuelle d'environ 1,20 m. Pour les exploitations de plus courte durée, ces valeurs peuvent être augmentées.

II.3.Définitions des paramètres de pollution caractérisant une eau usée

II.3.1.Introduction

Dans l'eau usée, on retrouvera des matières minérales et organiques en solution et en suspension. Une partie de ces substances seront biodégradables et d'autres inertes mais elles contribueront toutes à des niveaux divers à une certaine écotoxicité de l'eau.

La première manifestation de la pollution des eaux usées domestiques est due aux matières organiques, qui provoquent une consommation importante de l'oxygène dissous par les micro-organismes qui prolifèrent dans les milieux pollués.

On va déterminer la pollution en mesurant la quantité d'oxygène respirée par les micro-organismes ou la Demande Biochimique en Oxygène après 5 jours (DBO₅). Cette mesure étant souvent longue, on peut oxyder la matière

organique par un réactif chimique. On déterminera alors la Demande Chimique en Oxygène (DCO).

Il est également intéressant de déterminer la quantité de particules en suspension et donc susceptibles de décanter ou de flotter. On mesure, pour ce faire, les Matières En Suspension (MES).

Parmi les éléments présents dans l'eau, deux sont très importants car indispensables à la synthèse des micro-organismes et des végétaux dans le milieu aquatique. Il s'agit de l'azote N et du phosphore P assimilés généralement par les plantes sous forme de nitrates NO_3^- et de phosphates PO_4^{3-} .

II.3.2.Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO appelée aussi "oxydabilité" est la demande chimique en oxygène; elle permet de mesurer le degré réducteur de l'eau (par mesure d'échange d'électrons). Ce paramètre donne une indication sur la pollution par les matières organiques.

L'unité de la DCO est le mg d'oxygène par litre.

II.3.3.Demande biochimique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène après n jours (DBO_n) représente la quantité d'oxygène dissous qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour minéraliser par voie biochimique (oxydation bactérienne) les matières organiques et/ou inorganiques.

Il s'agit de la demande en O_2 pour oxyder la matière organique à l'aide d'une biomasse épuratrice.

Elle concerne donc les composés biodégradables (DCO_{bd}) ou biotransformables (N-NH_4 , N-NO_2) en conditions aérobies.

La DBO_5 correspond à la demande biochimique en oxygène après 5 jours d'incubation de l'échantillon à une température standard de 20°C .

II.3.4. Matières en suspension

Les matières en suspension représentent la quantité de particules non dissoutes présentes dans l'effluent qu'elles soient décantables ou non (organique et minérale: poussière, sable, argile, graisse,...).

Les MES se subdivisent en deux catégories : les matières fixes et les matières volatiles. En effet, une partie des MES se volatilise lorsqu'elles sont chauffées à haute température (600°C); cette partie constitue la fraction organique, principalement biodégradable et est appelée Matières Volatiles Sèches (MVS).

II.3.5. Azote

➤ Formes azotées

Nous allons commencer par rappeler les différentes formes azotées que l'on peut rencontrer:

- l'azote ammoniacal: NH_4^+
- l'azote organique : N-org
- l'azote gazeux: N_2
- le nitrite: NO_2^-
- le nitrate : NO_3^-

Dans l'eau usée, la présence de l'azote provient principalement des eaux agricoles et des eaux fécales, dans une moindre mesure des eaux industrielles. Il est présent dans les matières organiques complexes, tels que les micro-organismes, les protéines des déchets alimentaires,... Les nitrites et nitrates peuvent également provenir des phénomènes de nitrification.

Parmi les mesures de l'azote, on distingue:

- l'azote réduit qui comprend l'azote ammoniacal ainsi que l'azote organique
- l'azote nitrique ou azote oxydé qui comprend les formes oxydées, nitrites et nitrates

L'azote total est donc la somme de l'azote réduit et de l'azote oxydé.

Les formes minérales de l'azote, telles que l'ammoniac, les nitrites et nitrates sont en totalité en solution alors que les formes organiques peuvent se retrouver en suspension dans l'effluent.

Les bactéries nitrifiantes du type nitrosomonas oxydent l'azote ammoniacal pour donner naissance aux nitrites (NO_2^-), forme intermédiaire de l'azote. Par la suite, le relais est assuré par les bactéries nitrifiantes du type nitrobacter, qui forment les nitrates (NO_3^-). La nitrification s'opère en milieu aérobie et ne commence qu'après une dizaine de jours; la demande d'oxygène qu'elle exerce vient s'ajouter à la DBO.

Le manque d'oxygène peut provoquer le phénomène inverse, appelé dénitrification; les nitrates (NO_3^-) sont alors transformés en nitrites (NO_2^-) ou en azote moléculaire (N_2).

Les nitrates et les nitrites ont des conséquences néfastes dans les milieux aquatiques. En quantité importante, les nitrites provoquent la mort des organismes vivants. Les nitrates contribuent à l'eutrophisation, qui engendre l'asphyxie des milieux.

L'ammoniaque provoque, par son oxydation, une consommation de l'oxygène dissous présent dans le milieu aquatique.

II.3.6. Phosphore

➤ Formes de phosphore

Le phosphore peut se trouver sous différentes formes dans la nature, on rencontre:

- le phosphore organique en solution ou en MES (P-org)
- les orthophosphates P- PO_4 (PO_4^{3-})
- les polyphosphates P-p PO_4 (HPO_3^-)_n

Le phosphore total comprend donc des substances minérales (les orthophosphates et les polyphosphates) et du phosphore organique qui entraîne une pollution biologique.

Les détergents et engrais concourent à enrichir les eaux de surface en phosphates. Le phosphore inorganique est jugé un élément essentiel dans les

écosystèmes aquatiques. Les orthophosphates et les polyphosphates hydrolysables sont en effet des facteurs limitants dont le contrôle est indispensable dans la lutte contre l'eutrophisation des lacs. Il apparaît alors important de les éliminer dans les stations d'épuration et de procéder à leur mesure.

II.4.MESURE DE LA POLLUTION :

Un certain nombre de paramètres sont utilisé pour caractériser la pollution des eaux qui sont :

Tableau II-02 : paramètres qui caractérisent la pollution

Paramètres	Unités	Signification
MES	mg/l	Matières en suspension : c'est la pollution non dissoute, la plus facile à éliminer
DBO	mgO ₂ /l	Demande biochimique en oxygène en 5 jours : C'est la quantité consommée en 5 jours par les micro-organismes la valeur obtenue représente environ 80 % de la pollution biodégradable totale.
DCO	mgO ₂ /l	Demande chimique en oxygène : elle représente la quantité d'oxygène qui fournir par des réactif chimique puissant pour oxyder les matières contenue dans de l'effluent.
M.A	mg/l	Matières azotés : elles quantifient la teneur en azote présent dans les eaux usées sous diverse formes (organique, ammoniacal, nitrate, nitrite)
M.P	mg/l	Matières phosphatées : elles représentent la quantité de phosphores totale contenue dans les effluents.
M.I	Equitox	Matières inhibitrices : elles servent à définir le degré de toxicité d'un effluent industriel (test Daphnies).
EqH	90g/jde MES 57g/j de M.O 15g/j de M.A 4 g/j de M.P	Equivalent habitant : unité conventionnelle de mesure de la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour. La même notion et la même définition sont utilisées pour caractériser la pollution industrielle.
Débit	m ³ /heure. m ³ /jour	L'utilisation de l'eau par les abonnés n'est pas régulière au cours de la journée .les équipements devront être prévu pour raire face aux pointes de débit résultant de ce fait .la débit de pointe peut dépasser 3 fois le débit horaire moyen journalier.

CHAPITRE III

Source d'eau et agronomie

Chapitre III : Présentation de la ville de Hadjout

III.1-Situation géographique :

La commune de Hadjout est située au pied d'un « amphithéâtre » montagneux à 18 km du chef lieu de la wilaya de Tipaza et à environ 80 km à l'Ouest de la capitale.

Elle est limitée :

- Au Nord-Ouest, par la commune de Nador ;
- Au Sud, par la commune de Meurad ;
- A l'Est par la commune de Bourkika ;
- Au Nord, par la commune de Tipaza ;
- Au NordEst, par la commune de Sidi Rached ;
- A l'Ouest par la commune de Sidi Amar ;

La ville de Hadjout, chef lieu de la commune de Hadjout, occupe une superficie de 230,75 ha et elle est traversée par la RN 42.

Cette agglomération de création coloniale a bénéficié pendant la colonisation d'un environnement viticole faisant corps avec les riches plaines de la Mitidja, d'où la vocation agricole est dominante.

III.2-Données naturelles du site

III.2-1--Situation topographique

La plaine qui occupe une partie importante de la commune représente une pente de 0 % à 5 % de cette catégorie où la ville est implantée. La pente va du Sud vers le Nord jusqu'aux environs de l'Oued de Bourkika pour progresser ensuite vers les collines. En allant vers le Sud de la ville l'altitude augmente et atteint une cote de 108 mètres

III.2-2-Analyse géologique :

La géologie étudie la nature de sous sol et sol, qui détermine le mode de réalisation des tranchées et les engins à utiliser.

Les terres de l'Ouest de la Mitidja sont de texture différente d'une zone à une autre. Elles sont caractérisées par des terres argilo limoneuses, argilo-calcaires et limono argileuses, très profondes qui conviennent à toutes les cultures, particulièrement aux cultures pérennes (vignes et agrumes). La plaine limoneuse de la Mitidja se raccorde, par une série de plateformes étagées, au plateau caillouteux de Bouyeghsene, profondément découpé par les sillons des ravins qui viennent converger vers l'Oued Nador.

III.2-3-Hydrogéologie :

Au niveau de la Mitidja, comme dans les environs de Hadjout, nous notons la présence de deux ensembles aquifères, ou plus exactement deux nappes l'une superficielle nommée nappe quaternaire, la deuxième profonde, nommée sous le nom de nappe des grès astiens. Ces deux nappes sont séparées par un niveau argileux, appelé communément marnes jaunes, ou de maisons carrées.

Dans le cadre de la surveillance périodique de la fluctuation des eaux souterraines de la nappe de la Mitidja, un réseau de surveillance représenté par des puits forages et piézomètres, permet de suivre les fluctuations de la nappe dans ses différentes localités.

Notons que deux campagnes de mesure du niveau de la profondeur de la nappe sont effectuées régulièrement, une en période des « hautes eaux » et l'autre en période des « basses eaux ».

La comparaison entre les deux campagnes, a mis en évidence l'abaissement du niveau de la profondeur de la nappe de la Mitidja. Due essentiellement au pompage continu au niveau de ces forage

Cette baisse de la surface piézométrique s'expliqua aussi par plusieurs facteurs à savoir :

- 1- Longue période de sécheresse (des 2 dernières décennies) combinée à une importante prolifération des forages.
- 2- Le commencement précoce de l'irrigation dû à cette sécheresse.
- 3- Importance des surfaces irrigables.
- 4- La déperdition des eaux par ruissellement.

III.2-4-Sismicité :

La ville de Hadjout se trouve dans la zone territoriale où l'intensité sismique est non négligeable, car elle se situe au dessus de la faille tectonique qui sépare le continent Africain du continent Européen.

III.2-5-Situation climatique

La zone de l'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen :

- humide et pluvieux en hiver.
- Chaud et sec en été.

D'après les stations d'observations mises en place par l'A-N-R-H et par l'O-N-M, les données sont les suivantes :

III.2-5-1-Pluviométrie :

En général les précipitations sont importantes en Novembre et Décembre, la moyenne annuelle établie sur une longue période est de 78 jours de pluie fournissant 565.23 mm d'eau.

Les rythmes pluviométriques sont méditerranéens caractérisés par une double irrégularité annuelle et interannuelle. La courbe annuelle des pluies se caractérise par un maximum très accusé en Novembre et Décembre et un minimum en Juillet et Août. Les pluies de printemps sont peu importantes, les orages d'été peu fréquents, mais brusques et violents provoquant des crues d'oued subites.

Tableau III-01 : Répartition mensuelles de la pluviométrie station expérimentale Hadjout

mois	sept	Oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	année
p (mm)	23.6	51.5	68	96.2	12	65.5	79.6	41.3	45.9	11.8	2.8	4,6	565.23

Source : [ANRH]

III.2-5-2-Température :

Le climat est caractérisé par des étés chauds et des hivers doux. Durant les saisons froides, la température minimale absolue est inférieure à 7,4°C, tandis que pour les saisons chaudes, la température maximale absolue varie entre 26 à 38°C.

La distribution de la température durant l'année apparaît dans le tableau N°01 :

Tableau III-02 : températures mensuelles et annuelles

Mois	janv	Fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec	Moyenne annuelle
Tmin °C	07.7	07.4	09.2	11.3	14.2	17.2	19.2	20.5	19.0	15.9	12.1	09.5	13.6
Tmax °C	15.6	16.8	19.0	20.9	22.8	25.2	28.0	28.3	27.1	23.5	19.4	17.2	22
T moy °C	11.65	12.1	14.1	16.1	18,5	21.3	23.6	24.4	23	19.7	15.7	13.3	17.8

Source : [ONM] (station de TIPAZA)

D'après les résultats portés au tableau précédent ; on trouve que :

- La moyenne du mois le plus froid est de 7.4°C correspondant au mois de Février.
- La moyenne du mois le plus chaud est de 28.3°C correspondant au mois d'Août.
- La température moyenne annuelle est de 17.8°C.

A partir du tableau III-02 on trace les graphes des températures (Fig:III-02)

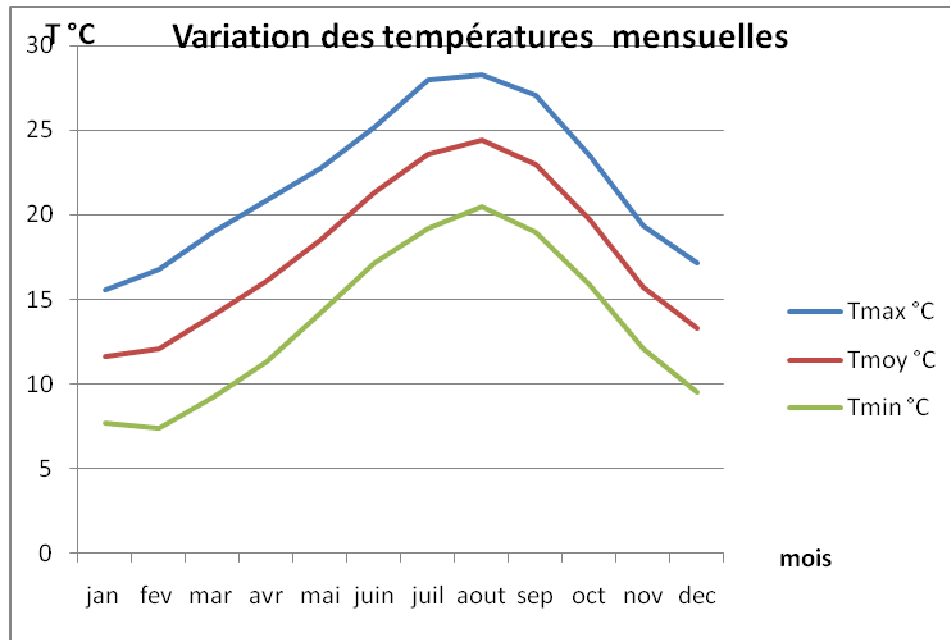


Figure III-02 : Graphes de température

III.2-5-3-Humidité :

L'humidité de l'air est donnée par le tableau suivant :

Tableau III-03 : Humidités moyennes mensuelles (station de Tipaza)

Mois	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
Humidité %	82	80	74	80	75	65	49	51	66	74	75	80

Source SELTZER

III.2-5-4-Les vents :

Les directions dominantes des vents sont celles de l'Ouest au Nord-Est. Les vents de l'Ouest sont dominants pendant l'automne, l'hiver et le début du printemps. La vitesse des vents est donnée par le tableau III-04 :

Tableau III-04 : Vitesses moyennes mensuelles des vents

Mois	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
V (m/s)	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3	3,2	3,1	2,5	2,3	2,5	3,7

Source SELTZER (station de Tipaza)

III.2-5-5-Evaporation

L'évaporation est un problème physique qui croit avec la température et la sécheresse de l'air. La quantité d'eau évaporée pendant un temps donné dépend de plusieurs facteurs liés d'une part à l'état de l'atmosphère, d'autre part à la surface évaporante.

Tableau III-05 : Moyenne mensuelle de l'évaporation

Mois	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
Ev (mm)	49	61.6	12.8	100.8	155.4	156.8	214.2	201.6	161	91	85.4	50.4

Source A.N.R.H

III.2-5-6-Gel

Les gelées apparaissent à partir du mois de décembre jusqu'au mois d'avril. Le nombre de jour de gelée enregistré est de 1,8 le maximum se trouve en janvier

Tableau III-06 : Nombre moyen de jours de gelée

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Nombre de jours	1,8	1,6	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,4

Source SELTZER

III.2-5-7-Insolation

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol.

Tableau III-07 : Moyenne mensuelle de l'insolation

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Moy(h)	304,1	307,8	360	386	428,6	433,5	447,5	425,5	379	357,7	313,9	303

Source SELTZER

III.2-6-Classification de climat :**III.2-6-1-Classification du climat selon l'indice de MARTON :**

L'indice d'aridité ou de MARTON est un paramètre qui permet la classification de climat afin de nous renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation par rapport au climat.

L'indice d'aridité est donné par l'expression :

$$I_A = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

I : indice de MARTON

P : précipitation annuelle moyenne de la région en (mm/an)

T : température moyenne annuelle en °c

TABLEAU III-08 : classification de climat selon MARTON

VALEURS DE I	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
I<5	désertique	Indispensable
5<I<10	Très sec	Indispensable
10<I<20	Sec	Souvent indispensable
20<I<30	Relativement humide	Parfois utile
I>30	Humide	Inutile

Pour :

$$P=565.23 \text{ mm}$$

$$T=17.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

On aura :

$$I_A = \frac{565.23}{17.8 + 10} = 20.35$$

Selon l'indice d'aridité calculé , on constate d'après la classification ci-dessus que la région est soumise a un régime de climat relativement humide, l'irrigation n'est pas aussi nécessaire.

III.2-6-2-Classification de climat selon le diagramme d'EMBERGER

La méthode est fondée sur un diagramme dressé par EMBERGER qui nous renseigne sur le type de climat, ainsi que la nature d'hiver dominant d'une région. Le quotient d'EMBERGR que nous avons projeté sur le diagramme bioclimatique est le suivant :

$$Q = \frac{1000 * P}{\frac{M + m}{2} * (M - m)}$$

avec :

P : précipitation moyenne annuelle de la région (mm)

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en (K°)

m : température moyenne minimale du mois le plus froid en (K°)

Pour : P=565.23 mm

$$M=28.3 +273=301.3 \text{ K}^{\circ}$$

$$m=7.4 +273=280.4 \text{ K}^{\circ}$$

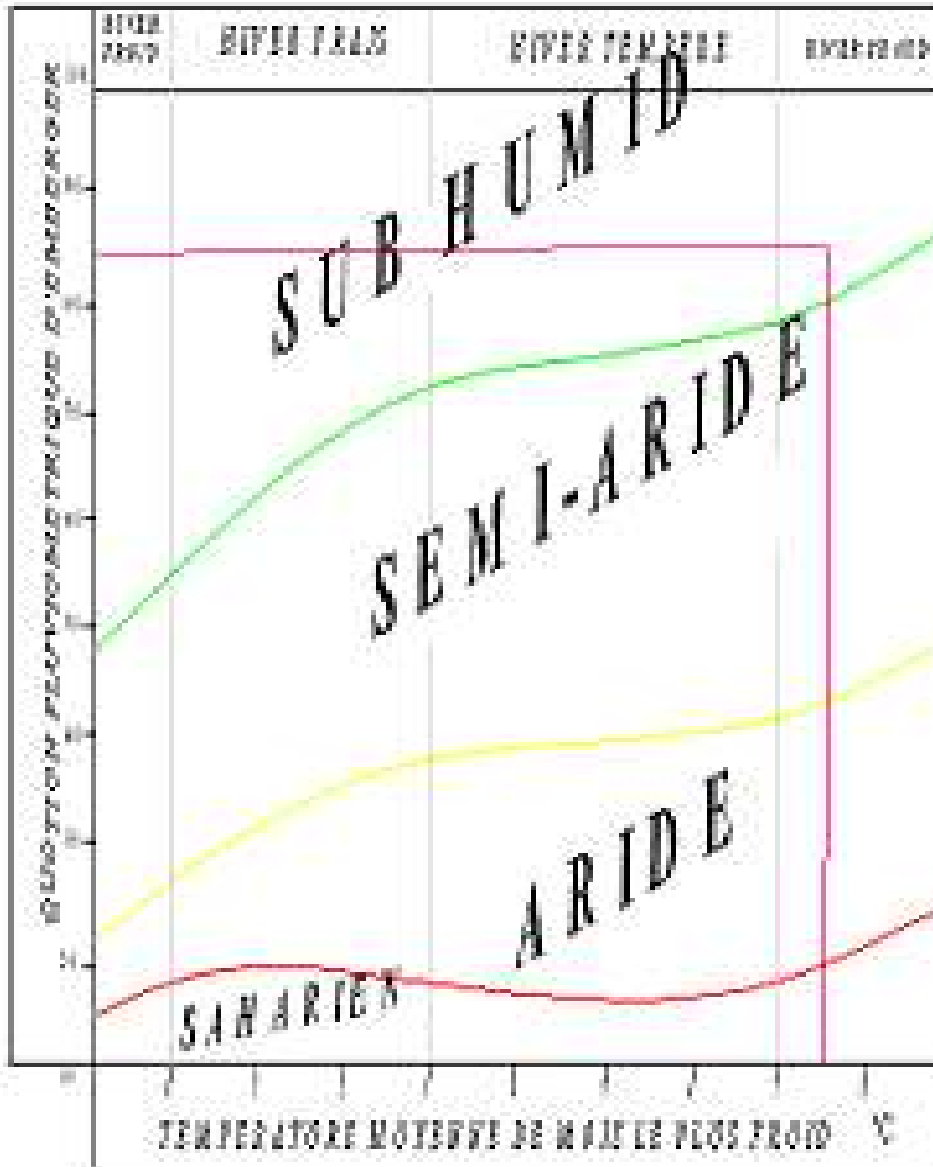


Figure III-03 : Diagramme bioclimatique

On aura :

$$Q = \frac{2 * 1000 * 565.23}{(28.3 + 273)^2 - (7.4 + 273)^2} = 93$$

D'après le diagramme bioclimatique, la zone de Hadjout jouit d'un climat subhumide et caractérisé par des hivers chaud.

III-3-Voirie urbaine :

L'agglomération de Hadjout est traversée par deux axes routiers qui constituent deux avenues principales à l'intérieur du tissu existant :

Avenue du premier Novembre (Blida – Cherchell)

Avenue des frères Hocine (Bous mail – Meurad).

La voirie présente un tracé en damier dans le noyau colonial dont le degré de perméabilité est remarquable mais un réseau voirie moins structuré dans la périphérie qui semble relativement moins desservie par rapport au centre.

III-4-Hydrographie :

Notre région renferme un seul cours d'eau important, l'Oued Nador qui a un écoulement annuel moyen de 28 millions de M³, celui-ci est drainé par un certain nombre d'oueds :

- L'Oued Bou Hdoun : il traverse la partie Ouest de la commune de Hadjout.
- L'Oued Meurad : il longe la ville de Hadjout à l'Ouest, il est formé par l'union des deux petits oueds (oued Meroun et oued Khad).
- L'Oued Bourkika : ce dernier draine les eaux de Djebel Kermat Tehena et passe à l'Ouest de la ville de Bourkika et traverse la commune de Hadjout dans sa partie Est.

Ces trois Oueds drainent les eaux pluviales des flancs Nord et des monts de l'Atlas.

III-5-Population :

La population concentrée dans l'agglomération de chef lieu de la commune a marqué une légère augmentation dans son évolution durant la période (87 – 98) par rapport à la période précédente (77 – 87) plus 960 habitants.

Tableau III-09: Recensements de la population de Hadjout

Année de RGPH	1977	1987	1998
Population	18582	24251	30885

Source : APC de Hadjout

III-6-Situation hydraulique :**III-6-1-Alimentation en eau potable :**

L'alimentation en eau potable de l'agglomération de Hadjout est assurée par un champ de captage composé de 05 forages, et situé au Nord Ouest de la ville. Il est équipé

d'une station de pompage qui alimente un réservoir de 720 M³. La distribution est assurée par deux réservoirs (2 x 750 M³) avec un réseau de distribution ancien nécessitant la rénovation notamment au centre ville, les quartiers périphériques sont desservis par les piquages ou des bornes fontaines.

Actuellement l'agglomération de Hadjout est alimentée à raison de 3288 M³/J (137 M³/H et 24 heures/24) provenant du champs de captage de Hadjout; ainsi que par un apport pouvant varier de 400 à 1500 M³/J à partir de l'adduction " Barrage Boukerdane – Tipaza".

Un apport pouvant atteindre 110 l/s est prévu à partir de l'adduction "Barrage – Tipaza" par une conduite en amiante ciment de 300mm de diamètre, et d'une longueur de 2830ML. Cette conduite est raccordée à une bache de 720M³ située au niveau de la station de pompage de Hadjout.

a- Caractéristiques du champ de captage

Ce champ de captage est limité par les Oueds de Meurad et de Bouherdoune et les points A et B dont les coordonnées sont dressés dans le tableau N°06.

Tableau III-10 : coordonnées (Lambert) des points de captage

Points	X	Y
A	472,695	357,500
B	474,00	356,875

Il est constitué de 06 forages fonctionnels dont :

- 01 est destiné au V.S.A ERRAHABA et les autres pour l'AEP de la commune de Hadjout

Les caractéristiques des forages du Champs de captage sont reproduites sous forme de tableaux

Tableau III-11: Caractéristiques des pompes installées au niveau des forages et leurs débit d'exploitation (source : service hydraulique de Hadjout)

FORAGES	Caractéristiques des pompes		Débits d'exploitation
	DEBIT	HMT	
F2	33 M ³ /H	105 m	25 M ³ /H
F3	21 M ³ /H	80 m	16 M ³ /H
F5	48 M ³ /H	85 m	52 M ³ /H
F6	20 M ³ /H	100 m	30 M ³ /H
F9	21 M ³ /H	102 m	14 M ³ /H
	-----	-----	137 M³/H
F1 VSA	21 M ³ /H	102 m	27 M ³ /H

b- Adduction du refoulement :

Le réseau de Collecte des champs de captage de Hadjout est raccordé à une bache de 720 M³. A partir de la station de pompage (Q = 185 M³/H et H.M.T = 90 m), cette eau est refoulée vers les deux réservoirs de stockage jumelés de 750 M³ chacun. La conduite de refoulement est en acier de diamètre 300 mm. Cette conduite est en cours de rénovation par une conduite en fonte de diamètre qui varie de 450 mm à 500 mm. Cette conduite de refoulement sera étendue jusqu'au réservoir de 3000M³.

c- Stockage :

La commune de Hadjout dispose d'une capacité de stockage de 2x750M³ + 1500 M³. Un réservoir de 3000 M³ projeté dans le cadre de l'étude de zoning du réseau de distribution de la commune de Hadjout est en cours de réalisation.

d- Réseau de distribution :

Le diamètre actuel de la conduite maîtresse est égal à 400 mm. Une étude de Zoning a permis de créer un réseau de distribution pour la zone Haute de Hadjout en maintenant le réseau existant pour la zone basse de la ville.

III-6-2-Assainissement :

L'agglomération de Hadjout dispose d'un réseau d'assainissement de type unitaire avec un schéma d'évacuation par zones étagées. Il prend aussi les eaux usées provenant du chef lieu de la commune de Meurad. Les écoulements des eaux pluviales et usées se

font dans la direction Sud – Nord en aval des exutoires et, se déversent dans l'Oued Meurad. La partie Est rejette dans l'Oued Boumliha.

Le réseau d'assainissement est composé de :

-De cinq collecteurs de sections circulaires de diamètres variant de 300 mm à 1000 mm ainsi que des galeries de sections rectangulaires ayant plusieurs dimensions.

-D'un seul déversoir d'orage du type Bazin.

-De Quatre points de rejet.

En vue de protéger l'environnement et permettre l'exploitation des eaux épurées dans l'irrigation, il est prévu une station d'épuration pour le traitement des eaux usées.

III-07-Site de la station d'épuration :

Le terrain de la station d'épuration est un terrain plat situe au Nord Est de la ville, aux environs de la route de Sidi Rached et près de l'Oued Bourkika qui sera le milieu récepteur des eaux traitées

La station de la ville de **HADJOUT** reçoit et épure les eaux usées par le processus **A²/O** afin d'éliminer les Pollutions : Azotées, Phosphorées, et Carbonées.

NB : A²/O \implies Anaérobie, Anoxie, Oxygénation.

La capacité de la station d'épuration est de **70000 Eq/habitants** et une charge hydraulique correspondant à un débit de pointe de **11200 m³/j** à l'horizon **2010** et **16800 m³/j** à l'horizon **2020** (d'après le cahier de charge) d'où :

Tableau III-12 : paramètres de pollution

PARAMETRES	UNITE	CARACTERISTIQUES DE L'INFLUENT	CARACTERISTIQUES DE L'EFFLUENT
DBO- ₅	mg/l	375	≤ 30
DC O	mg/l	825	≤ 90
MES	mg/l	438	≤ 30
pH	mg/l	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
TKN	mg/l	85	≤ 15
P	mg/l	15	≤ 2

III-7-1- La Capacité Journalière d'élimination des polluants :

DBO- ₅	:	3,864	Tonnes/j
DC O	:	8,232	Tonnes/j
MES	:	4,570	Tonnes /j
PO ₄	:	90	kg /j
TKN	:	280	kg/j
Boues	:	4,5	Tonne

Conclusion :

Ayant achevé la définition des données concernant notre ville du point de vue sismicité, géologie, topographie, géographie, hydrogéologie, hydrographie, climatologie, assainissement, et population , ainsi que définie la station d'épuration de la ville de Hadjout.

CAPITRE IV

Régime d'irrigation

Chapitre IV Application à la station d'épuration de la ville de Hadjout**IV-1-Introduction**

Nous avons choisi de faire notre application dans le cadre de la préparation de notre thèse dans une station d'épuration des eaux usées de la ville de Hadjout (Willaya de Tipaza). C'est un projet qui a débuté en 2004 et inauguré en juillet 2006.



Photo 1 : Station d'épuration des eaux usées de la ville de Hadjout

La station est conçue pour traiter la charge organique à l'horizon 2010, soit 70 000 Equivalents Habitant, et la charge hydraulique correspondante au débit de pointe en temps sec à l'horizon 2020, soit 1 176 m³/h. Il a été prévu les réservations nécessaires pour faciliter la connexion de l'extension future.

Les ouvrages principaux de la station sont :

- Une station de relevage en tête de station.
- Un traitement physique, pour l'élimination des huiles, sable....
- Un traitement anaérobie pour la diminution du taux de phosphore dans l'effluent. Le phosphore est dû à la présence de détergents dans l'eau.
- Un traitement aérobie.
- Un traitement anoxique pour l'élimination de l'azote par voie biologique (nitrification / dénitrification). Ceci améliore considérablement la qualité de l'effluent rejeté dans l'Oud, et présente l'avantage de réduire la consommation d'énergie et de chlore.
- Des équipements de déshydratation par presses à bandes, qui remplacent avantageusement les lits de séchages. Pour le traitement des boues.

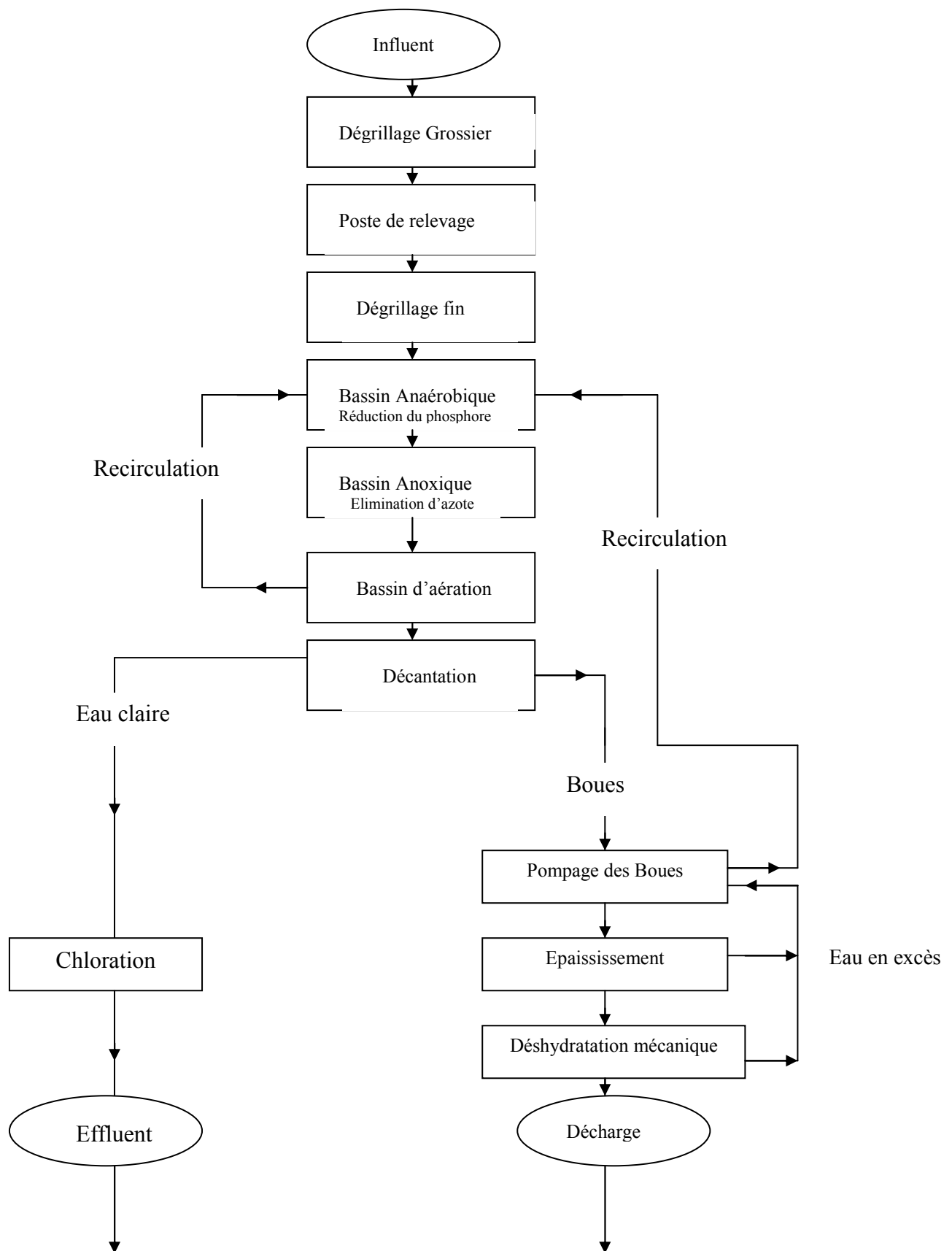


Figure IV-01 : Organigramme de la station de traitement

IV-2-Les ouvrages de la station

La filière de traitement comprend principalement les ouvrages suivants:



Photo 2 : Bloc des traitements physiques (dégrillage grossier et fin ainsi que dessablage / déshuilage) de la STEP de la ville de Hadjout

IV-2-1- Dégrillage grossier :

Au moyen d'une grille grossière à nettoyage manuel.

Photo 3 : Dégrillage grossier de la STEP de la ville de Hadjout



IV-2-2- Station de relevage :

Elle est indispensable car la conduite d'amenée de l'influent se trouve approximativement à 3.5 m de profondeur

Photo 4 : Station de relevage de la STEP de la ville de Hadjout



IV-2-3- Dégrillage fin :

Au moyen d'une grille fine, à nettoyage automatique, et d'une grille fine à nettoyage manuel, installées en parallèle, la grille manuelle servant de secours.



IV-2-4- Dessablage / déshuilage :

Cette double opération se fera dans un ouvrage circulaire, à effet centrifuge.

Un système by-pass permet d'isoler l'ouvrage. Ce sera utile pour les travaux de maintenance, et pour les périodes de l'année où le dessablage n'est pas nécessaire.



Photo 6 : Dessablage / déshuilage de la STEP de la ville de Hadjout

IV-2-5- Traitement biologique :

Il se fera dans deux bassins rectangulaires montés en parallèle.

Chaque bassin comporte trois compartiments :

- ❖ Un compartiment anaérobie, pour la réduction du taux de phosphore, équipé de mélangeurs pour empêcher la décantation.



Photo 7 : Compartiment Anaérobie - Traitement biologique - de la STEP de la ville de Hadjout

- ❖ Un compartiment anoxique pour l'élimination de l'azote, également équipé de mélangeurs pour empêcher la décantation.



Photo 8 : Compartiment Anoxique - Traitement biologique - de la STEP de la ville de Hadjout

- ❖ Un compartiment d'oxygénation (aérobie), équipé de six aérateurs de surface.



Photo 9 : Compartiment Aérobie - Traitement biologique - de la STEP de la ville de Hadjout

Une recirculation est prévue entre le bassin d'oxygénation et le compartiment anaérobique. Comme nous pouvons le voir dans la figure 9.

IV-2-6- Décanteurs secondaires :

Circulaires de 32m de diamètre, à pont racleur tournant.



Photo 10 : Décanteurs secondaires de la STEP de la ville de Hadjout

IV-2-7- Poste de pompage des boues :

Pour la re-circulation des boues activées, et le pompage des boues en excès vers l'épaississeur.



Photo 11 : Poste de pompage des boues (à gauche) et un bassin d'équilibre (chambre de distribution) pour la répartition des eaux vers les deux décanteurs (à droite) de la STEP de la ville de Hadjout

IV-2-8- Bassin de chloration :

Photo 12 : Bassin de chloration de la STEP de la ville de Hadjout

IV-2-9- Epaisseur de boues :**Déshydratation par presse à bande :**

Dans cette phase de conception du processus, ils ont pris le plus grand soin pour faire en sorte que l'opération et la maintenance des divers équipements puisse se faire de façon simple et fiable.



Photo 13 : Déshydratation par presse à bandes (à gauche) ; Epaisseur de boues (à droite) de la STEP de la ville de Hadjout

IV-3- Données de base

Les paramètres ci-après serviront de base aux calculs de dimensionnement de la station. Ils sont tirés du Cahier des Clauses des Prescriptions Techniques et Spéciales.

IV-3- 1-Caractéristiques de l'influent

IV-3- 1-1-Charge Hydraulique

Tableau IV-01 : données de la charge Hydraulique

	A l'horizon 2010	A l'horizon 2020
Débit journalier	11 200 m ³ /j	16 800 m ³ /j
Débit horaire moyen	467 m ³ /h	700 m ³ /h
Débit de pointe	803 m ³ /h	1 176 m ³ /h

La station sera dimensionnée du point de vue hydraulique de façon à prendre le débit de pointe à l'horizon 2020, soit 1 176 m³/h. Cela signifie qu'à ce débit là les divers ouvrages ne vont pas déborder, mais il est entendu que la qualité de l'effluent n'est alors pas garantie.

Pour les calculs du processus de traitement, temps de séjour et autres, nous adoptons les valeurs suivantes⁷ :

- Pour les ouvrages de prétraitement et de chloration : Le débit de 1 176 m³/h puisqu'il n'est pas prévu d'extension future pour ces ouvrages.
- Pour tous les autres ouvrages : Le débit de 467 m³/h et une pointe de deux heures au débit de 803 m³/h.

IV-3-1-2- Paramètres organiques

- DBO5: 4200 kg/j soit 375 mg/l
- MES: 4900 kg/j soit 438 mg/l
- pH: Entre 6,5 et 8,5
- sDBO (DBO soluble) : 187 mg/l
- DCO (DCO totale) : 825 mg/l
- bDCO (DCO biodégradable) 600 mg/l
- sDCO (DCO soluble) : 305 mg/l
- rbDCO (DCO biodégradable immédiate) : 140 mg/l
- TKN (azote Kjeldhal): 40 mg/l
- P (Phosphore total): 10 mg/l
- Température 20°C

IV-3- 1-3-Paramètres bactériologiques

Coliformes totaux : 106 / 100 ml

IV-3- 2- Caractéristiques de l'effluent final

Les caractéristiques de l'effluent final, après chloration sont :

- DBO 5 : inférieure ou égale à 30 mg/l sur 24 heures
- DCO : inférieure ou égale à 90 mg/l sur 24 heures
- MES : inférieure ou égale à 30 mg/l sur 24 heures
- pH : compris entre 6,5 et 8,5
- Coliformes totaux : 20.000 / 100 ml
- Coliformes fécaux : 12.000 / 100 ml
- Streptocoques fécaux : 2.000 / 100 ml

IV-4- Traitement Biologique**IV-4-1- Description du procédé**

Compte tenu de la qualité de l'effluent à traiter et du niveau de rejet requis, la filière proposée est du type «boues activées à faible charge fonctionnant en aération prolongée».

Pour obtenir un effluent d'une qualité encore meilleure, il a été proposé un traitement anaérobie pour réduire biologiquement le taux de phosphore, et un traitement anoxique pour éliminer l'azote.

Le traitement biologique se fera dans un bassin d'aération, divisé en trois compartiments :

- Un compartiment anaérobie pour la réduction du phosphore par voie biologique.
- Un compartiment anoxie pour l'élimination de l'azote.
- Le compartiment aérobie.

La réduction du taux de phosphore se fera biologiquement, par un séjour dans le compartiment anaérobie. Dans cette zone il y a un relargage de phosphore. Dans la zone aérobie il y a une absorption de phosphore plus grande que le relargage, ce qui donne une réduction du taux de phosphore. Pour empêcher la décantation dans ce bassin, il sera équipé de deux mélangeurs.

L'élimination de l'azote se fera par nitrification/dénitrification, dans le compartiment anoxie, également équipé de mélangeurs pour empêcher la décantation, avec une recirculation interne de la zone aérobie vers la zone anoxie.

Le traitement biologique se fera dans le compartiment aérobie.

Dans ce type de traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

Le procédé aérobie provoque le développement des bactéries qui, par des actions physico-chimiques retiennent la pollution organique et s'en nourrissent.

Le procédé sélectionné à boues activées consiste en un réacteur biologique aérobie où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés bioflocs. Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange (eau usée-bioflocs) est appelé liqueur mixte.

La liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent par les aérateurs de surface.

De l'oxygène dissous, introduit dans la masse de la liqueur mixte, est nécessaire pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobies. Après un temps de contact suffisamment long, la liqueur mixte est envoyée vers le clarificateur mécanisé.

Durant cette phase a lieu la séparation solides/liquide. Elle s'effectue par gravité, améliorée par le mécanisme racleur.

Les boues accumulées au fond du décanteur sont dirigées vers un poste de reprise des boues. Une partie est recyclée par pompage dans le bassin d'aération de façon à y maintenir une concentration adéquate en bactéries épuratrices, et les boues en excès sont pompées vers l'épaississeur et de là vers les filtres à bande pour déshydratation et évacuation.

Deux bassins d'aération et deux décanteurs indépendants sont prévus, reliés par un ouvrage de répartition permettant de maximaliser la flexibilité et la facilité de maintenance et d'exploitation.

L'efficacité des aérateurs sélectionnés est de 165 kg O₂/h par aérateur. Ils peuvent donc fournir : $(165 \times 6 \times 24) = 23\,760$ kg O₂/j

Les besoins en oxygène étant de l'ordre de 14 300 kgO₂/j, cette quantité est très largement assurée. Le système de régulation automatique du taux d'oxygène dans la liqueur mixte permettra de ne pas dépasser les taux acceptables, et faisant varier le niveau de l'eau dans les bassins à l'aide des déversoirs à seuil réglable d'une part, et en agissant

IV-5-Equipement utilisés

V-5-1-Mélangeurs du compartiment anaérobie

Pour empêcher la décantation des boues deux mélangeurs submersibles seront installés dans chaque compartiment.

Fabriquant:	ABS
Modèle:	RW 3031-A15/6-50Hz-CR
Type:	Immergé.
Vitesse de rotation:	904 tr/min
Diamètre:	300 mm
Puissance:	1.5 Kw
Construction:	Entièrement en acier inoxydable AISI 316

Chaque mélangeur est livré complet avec les rails de guidage et le système de levage.

Le volume du bassin étant de 500 m³, la puissance fournie sera de $3\ 000 / 500 = 6$ w/m³, ce qui est une valeur suffisante pour le but voulu.

IV-5-2-Mélangeurs du compartiment anoxie

Pour empêcher la décantation des boues deux mélangeurs submersibles seront installés dans chaque compartiment.

Fabriquant:	ABS
Modèle:	RW 3032-A28/6-50Hz-CR
Type:	Immergé.
Vitesse de rotation:	894 tr/min
Diamètre:	300 mm
Puissance:	2.8 Kw
Construction:	Entièrement en acier inoxydable AISI 316

Chaque mélangeur est livré complet avec les rails de guidage et le système de levage.

Le volume du bassin étant de $1\ 000\ \text{m}^3$, la puissance fournie sera de $5\ 600 / 1\ 000 = 5.6\ \text{w/m}^3$ ce qui est une valeur suffisante pour le but voulu.

IV-5-3-Aérateurs du compartiment aérobie

Six aérateurs seront installés, trois dans chaque compartiment.

Marque : SERECO

Modèle: TASC070

Diamètre turbine: 2750 mm Apport oxygène par Aérateur: 194 kg/h

Construction: Acier S235JR (Ex Fe 360B) avec peinture époxy

Moteur

Fabriquant: BREVINI

Modèle: ED2800

Puissance nominale 75 Kw

Courant nominal 93 A

Vitesse de rotation: 35 tr/min

Cos cp: 0,90

La puissance nécessaire pour l'agitation est normalement de l'ordre de $20\ \text{à}\ 40\ \text{w/m}^3$.

Les aérateurs sélectionnés ont une puissance de 75 Kw, soit pour les 6 aérateurs une puissance totale de 450 000 w.

Pour un volume des compartiments d'aération de $12\ 000\ \text{m}^3$, la puissance fournie est donc de : $450\ 000 / 12\ 000 = 37.5\ \text{w/m}^3$, qui est une valeur très acceptable.

IV-5-4-Pompes de recirculation bassin aérobie/bassin anoxie

Fabriquant: ABS

Modèle: AFP 2046

Type : Immergé

Nombre de pompes: 6 (2+1 dans chaque bassin)

Hmt : 3m

Débit : $470\ \text{m}^3/\text{h}$

Diamètre aspiration: 200 mm

Diamètre refoulement: 200 mm

Rendement hydraulique: 56.4 %

Puissance absorbée: 7.51 Kw

Construction:

Corps: Fonte GG-25

Axe: Acier AISI 420

Roue; Fonte GG-25

Moteur: M 90/6D 50Hz

Puissance moteur: 9 Kw

Tension: 400 V / 50 Hz

IV-6- Chambre de distribution

Une chambre de distribution est prévue en aval des bassins d'aération, pour l'équipartition des débits.

Elle reçoit les débits sortant des deux bassins d'aération (avec une réservation pour le troisième bassin de l'extension future), les oriente vers les décanteurs secondaires. Elle répartit le débit en trois parties égales dans trois compartiments, à l'aide de trois déversoirs identiques. Le troisième compartiment est prévu pour l'extension future.

Cette chambre est dimensionnée pour le débit de $1\ 176\ \text{m}^3/\text{h}$, augmenté du débit de recirculation des boues traitées qui est de $666\ \text{m}^3/\text{h}$, soit au total un débit de $1842\ \text{m}^3/\text{h}$.

Des batardeaux permettent d'isoler chaque décanteur individuellement.

Conclusion

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de connaître les ouvrages de la station (Dégrillage grossier, station de relevage, dégrillage fin, dessablage déshuilage....) et les équipements utilisés

CHAPITRE V

Technique d'arrosage

Chapitre V : Résultats des Analyses**V-1-Utilisation des eaux résiduaires de la station d'épuration de Hadjout pour l'irrigation des terres****V-1-1-Critères retenus pour une utilisation sans risque**

Il faut s'efforcer d'utiliser les eaux résiduaires en agriculture lorsqu'on est amené par l'ensemble des conditions existantes :

- implantation de la station sur un terrain situé au centre ou a proximité d'exploitation agricole.
- état favorable de sous sol ;
- climat approprié ;
- conditions pluviométriques favorables ;
- bonne organisation administrative responsable de la gestion et l'utilisation des eaux épurées pour l'irrigation

Il faut en outre que les conditions d'exploitation par les propriétaires terriens se prêtent a telle utilisation des eaux résiduaires.

V-1-2-Utilisation au niveau parcellaire

Le terrain doit convenir, en principe pour l'application des eaux résiduaires, il faut veiller à revêtir les rigols d'amenée d'eau tuiles en ciment, recouvert un enduit résistant aux acides. Ceci pour but d'éviter des pertes trop importants sur le faible volume d'eaux résiduaires et d'empêche aussi les matières putrescibles d'adhérer aux parois rugueuses ou dans les angles mort des rigoles.

La construction de bassin collecteur de ces eaux est nécessaire afin de retenir les eaux excédentaires et permet en même temps une meilleure oxygénation de l'eau. Les eaux usées de la station contient des germe pathogènes.ces germes pathogène peuvent propager la tuberculose, la brucellose ainsi que la

propagation du virus de la fièvre aphteuse, il est recommandé une protection de 2-3 semaines avant de mettre les animaux au pâturage dans les terrains irrigués.

V-1-3-Choix des parcelles et système d'irrigation

Le choix des parcelles à irriguer par les eaux épurées dépend de la nature des cultures :

-parcelles destinées à la production des légumes consommés crus, fruits des arbres (pêchers, agrumes...) seront irriguées par rigoles ou le goutte à goutte afin d'éviter l'exposition des feuilles et fruit avec ces eaux.

-parcelles destinées à la production des céréales, fourragères et maraîchères (consommés non crus).le système d'irrigation est l'épandage. Cependant un entretien sanitaire est indispensable pour les agriculteurs chargés de l'irrigation de ces parcelles

V-1-4-Mode d'utilisation des eaux épurées de la station d'épuration :

Une rotation de l'utilisation des ces eaux au niveau parcellaire par les agriculteurs permettent une meilleure gestion et d'éviter des accumulations trop importantes d'éléments chimiques et organiques au niveau du sol dans un secteur donné qui provoquera de processus de dégradation comme le phénomène de colmatage, de blocage d'éléments nutritifs

Pour l'épandage, il faut que le terrain soit perméable et que la nappe souterraine ne trouve pas à un niveau trop élevé. Le niveau piézométrique de la nappe de la Mitidja est à 52m. Mais la stratigraphie montre des formations plus ou moins perméable de nature argileuses peu graveleux à graveleux ne constituant pas une vraie barrière à l'infiltration des eaux en profondeur.

Dans ces conditions, des nappes perchées pouvant se former à différents niveaux

(5-10m, 25-30m) suite à des réactions de précipitation entre les divers constituants pouvant provoquer le colmatage rapide de la formation rocheuse

créant ainsi des conditions de fermentation, favorable, à un développement d'un milieu microbien du processus d'infiltration vers les profondeurs (circulation de l'eau dans un milieu saturé). Ces eaux seront enrichies par différents éléments notamment les ETM

(Éléments traces métalliques).

Un système de drainage adapté à cette réutilisation est nécessaire pour évacuer ces eaux dans une aire protégée et en même temps, assurer un traitement poussé, surtout en ce qui concerne les germes pathogènes et les ETM car le sous sol et les eaux souterraines sont soumis le plus souvent à une forte pollution suivant la nature du sol.

V-2-Analyse réalisés par le laboratoire de la station d'épuration – Hadjout :

V-2-1-Les paramètres de pollution :

Les facteurs qui peuvent « modifier la composition » et « l'état des eaux » sont nombreux et constituent autant de pollutions élémentaires. Il peut y avoir variations :

*de caractéristiques physiques

- Matières en suspension
- Température
- Conductivité
- Couleur
- Radioactivité

* de caractéristiques chimiques

Apports de matières solubles, organiques ou minérales

* de caractéristiques organoleptiques :

- goût couleur

Pour évaluer le niveau de pollution des eaux de la station d'épuration sur l'environnement une série d'analyses ont été effectuées

Ces analyses ont portées sur :

-DCO : Etant donné la diversité des corps organiques contenus dans une eau résiduaire, la connaissance de leur nature ne serait d'aucune utilité pour l'épuration biologiques.

L'oxydation du glucose répond à la relation :



L'oxydation chimique représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables (sulfures, sulfites, hyposulfitessels) métalliques de valence inférieure et la majeure partie des composées organiques.

-DBO5 :La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène consommée dans des conditions d'essai (incubation à 20°C et à l'obscurité) pendant un temps (5 jours) pour assurer par voie biologique ,l'oxydation de certaines matières organiques contenues dans l'eau et qu'on appelle les matières biodégradables.

-MES :

Cette matière est obtenue par les différences entre le poids des matières totales et des matières décantables (matière qui se déposent après un temps de repos de deux heures) donne le poids de matière colloïdale en suspension.

- O₂ dissous :

C'est probablement le facteur le plus importante de maintien de la pureté des eaux par auto-épuration. En l'absence d'oxygène, il y a bien prolifération de bactéries aérobies mais le résultat de leur métabolisme conduit à des produits nocifs.

V-2-2- résultat des analyses de pollution :

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau suivant

Tableau V-01 : résultats d'analyses des échantillons d'eau de la station d'épuration de Hadjout :

période analyses	Février 2007		Mars2007		Avril2007		Mai2007		Norme
	entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	
DCO (mg/l)	553.8	34.05	234.5	22.93	256.3	25.2	266.4	29.03	120mg O ₂ /l
DBO₅ (mg/l)	358.5	7.25	210	6.25	278.5	6.55	250.5	6.33	40mg O ₂ /l
MES (mg/l)	429	10.5	351.3	9.37	340.2	8.2	349	8.7	30mg/l
MVS (mg/l)	270	7	208.28	6.06	230.4	6.5	260.36	6.7	30mg/l
O₂ dissous mg/l	0.13	4.62	0.15	4.77	0.12	4.11	0.11	4.03	>5mg O ₂ /l
PH	7.75	7.56	7.83	7.71	7.85	7.64	7.82	7.61	5.5-8.5
TEMP °C	15.8	17.02	14.92	15.74	15.1	16	17.3	17.1	<30 °C

Source : laboratoire de la station d'épuration de Hadjout

V-3-Expression et Interprétation des résultats :**V-3-1-la demande chimique en oxygène :**

D'après les résultats illustrés dans le tableau ci dessus, on remarque que l'élimination de la DCO est très efficace, conforme aux normes Algériennes recommandées à la sortie de la station d'épuration. A la rentrée, on enregistre des valeurs très élevée >500 mg/l durant le mois de février 2007 alors que durant le mois de mars on enregistre seulement 234.5 mg/l.

V-3-2-la demande biochimique en oxygène :

D'après les résultats obtenus dans le tableau ci dessus ; on remarque que le rendement d'élimination de la DBO₅ est très élevé et conforme aux normes des rejets recommandées par la législation Algérienne.

On remarque aussi qu'il y à une variation assez importante au niveau de l'entrée et la sortie de la station d'épuration.

V-3-3-Les matières en suspension et les matières volatiles en suspension :

D'après les résultats illustrés dans les tableaux ci dessus on remarque que le rendement d'élimination des matières en suspension ainsi que les matières volatiles en suspension est très efficace et la teneur de ces derniers sont conforme aux normes des rejets recommandés.

V-3-4-Oxygène dissous

On remarque que les valeurs moyenne de l'oxygène dissous de l'effluent traité est de 4.5 mg / l ce qui largement supérieur à la valeur admise comme norme de rejet

Par contre, les résultats obtenus à l'entrée de la station d'épuration montrent une faible quantité d'oxygène dissous ; due aux fortes charges des rejets du complexe à dominance organique.

V-3-5- Le PH :

L'influence de PH est indiscutable sur le rendement d'élimination de la pollution organique, et tout les travaux effectués montrent que l'activité optimale des nitrobacter et nitrosomonas a lieu pour une plage de PH 7.8 - 8.5

Pour le processus de précipitation du phosphore, c'est plutôt d'un PH acide qui donne un meilleur rendement d'élimination.

D'après les résultats illustres dans le tableau ci dessus, on remarque que les valeurs de PH sont conformes aux normes Algériennes recommandé.

V-3-6-Température :

En effet, les eaux chaudes constituent une menace pour le milieu aquatique, la dissolution de l'oxygène est fortement dépendante de la température, et l'élévation de celle-ci dans les rejets non contrôlés a pour effet d'accélérer les réactions biologiques et par conséquent l'épuisement de l'oxygène qui a pour cause la perturbation de la vie aquatique.

D'après les résultats illustrés dans le tableau ci dessus, nous remarquons que les valeurs de la température à la sortie de la station d'épuration sont conformés aux normes algériennes recommandées.

V-4-Approche de la quantification de l'azote à l'entrée et à la sortie de la STEP :**V-4-1-Introduction :**

Des études ultérieures font état de présence d'azote dans le lactosérum de la station d'épuration de Hadjout.

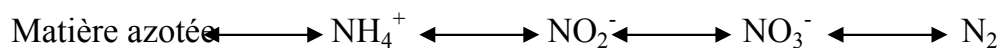
Par des mécanismes très complexes (réaction biochimique) il ya libération de l'azote sous divers formes.

L'ammonification porte sur des substances azotés de structures très divers (corps protéique, acide nucléique, des amines, des acides urique, et de l'urée) et aboutit à la minéralisation de l'azote organique sous forme des ions NH_4^+ .

V-4-2-Commentaire :

On ignore cependant le facteur de conversion des protéines en azote, et par suite aux formes de NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , N_2 , mais on estime qu'une grande quantité d'azote sous toutes ces formes (assimilable par la flore, toxique) est rejetée quotidiennement par la station.

Mais nous ne pouvons juger de la quantité de l'azote fixé par les bactéries (synthèse de la matière vivante, anabolisme) ni de la quantité dégradée suivant le processus :



Résultats d'analyse :

Les résultats d'analyse du nitrite et nitrate sont présentés dans le tableau V-02

Tableau V-02 : Résultats des nitrites et des nitrates :

Elément	Entrée	Sortie
Nitrite NO ₂ mg/l	1.5	0.78
Nitrate NO ₃ mg/l	3.05	1.7

Source : laboratoire de la station d'épuration de Hadjout

V-5-Expression et interprétation des résultats d'analyses du phosphore :

Les deux résultats de mesure à l'entrée et à la sortie de la STEP recueillie au près de laboratoire de la station sont illustrés dans le tableau V-03.

Tableau V-03 : Résultats d'analyses du phosphore

Paramètre	Entrée	Sortie	Norme
Phosphore P mg/l	3.4	1.87	02

Les résultats recueillis au près de laboratoire sont conformes aux normes Algérienne et certaines normes de rejet.

V-6-Qualité de l'eau d'irrigation

L'analyse chimique de l'eau d'irrigation a été faite au niveau de l'A.N.R.H. Les résultats obtenus sont :

Tableau V-04 : Qualité de l'eau d'irrigation

Eléments	valeurs
Ca ⁺⁺ mg/l	105
Mg ⁺⁺ mg/l	65
Na ⁺ mg/l	85
K ⁺ mg/l	6
Cl ⁻ mg/l	153
SO ₄ mg/l	235
HCO ₃ mg/l	315
NO ₃ mg/l	4
Conductivité mmhos/cm	1.5
PH	7.6
DCO mg/l	21
DBO ₅ mg/l	7
NH ₄ ⁺ mg/l	0.5
PO ₄ ⁻ mg/l	6

V-7-Classification des eaux pour l'irrigation

V-7-1-Classification mondiale (F.A.O)

La classification donnée en fonction de la concentration des sels

- 1 g/l bonne irrigation
- 1 – 3 g/l faiblement salée
- 3 – 5 g/l moyennement salée
- 5 – 10 g/l fortement salée
- > 10 g/l extrêmement salée

V-7-2-Classification Russe

Elle distingue trois classes qui sont basées sur la concentration des sels

- 0.2-0.5g/l l'eau est de meilleure qualité
- 1.0-2.0g/ l'eau comportant des risques de salinité
- 3.0-7.0g/l l'eau ne peut être utilisée pour l'irrigation qu'avec
Un lessivage et un drainage

V-7-3-Classification Américaine

La classification est basée sur deux paramètres C.E à 25°C et S.A.R

*** Pour la conductivité électrique C.E.**

- C1 : C.E < 0,250 mmhos/cm (< 0.2g/l): l'eau à faible salinité, elle ne posera aucun problème sur la plus part des sols et des cultures.
- C2 : 0,250 < C.E < 0,75 mmhos/cm (0.2-0.5g/l): l'eau à salinité moyenne
- C3 : 0,750 < C.E < 2,250 mmhos/cm (0.5-1.5g/l): l'eau à forte salinité, et dit inutilisable sur un sol faiblement drainé, elle n'est autorisée que sur un sol bien drainée et sur des cultures tolérantes.
- C4 : 2,250 < C.E < 5.00 mmhos/cm (1.5-3g/l): l'eau à très forte salinité et inutilisable pour les conditions normales ; elle n'est autorisée que si on pratique un lessivage intense et sur des cultures très tolérantes.
- C5 : C.E > 5.0 mmhos/cm (> 3g/l): l'eau est inutilisable sauf sur sable drainé et pour les palmiers et dattiers.

*** Pour coefficient d'adsorption du sodium S.A.R**

S.A.R est calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Avec : Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} en meq / l

Elle distingue quatre classes:

- S1 - $\text{S.A.R} < 10$:L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

- S2 - $10 < \text{S.A.R} < 18$:Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol .ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau .

- S3 - $18 < \text{S.A.R} < 26$:Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques .S'il y a une forte quantité de gypse dans le sol, il peut ne pas surgir de difficultés pendant quelques temps. S'il n'y a pas de gypse, il faut ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.

- S4 - $\text{S.A.R} > 26$:Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation.

Détermination du S.A.R

$$\text{S.A.R} = \frac{3,7}{\sqrt{\frac{5,42 + 5,25}{2}}} = 1,6$$

V-8-Interprétation des résultats des analyses

D'après les résultats qu'on a, on peut dire que :

1. Notre eau qui a une $\text{C.E} = 1,5$ mmhos / cm fait partie de la classe C3, elle ne convient qu'a des sols bien drainés.

2. Notre eau a un S.A.R = 1,6; c'est-à-dire appartient à la classe S1. ce sont des eaux faiblement alcalines et peuvent être utilisées du point de vue alcalin pour tous les sols avec peu de danger de donner un taux de Na échangeable qui est nocif pour les sols et pour les plantes.

Pour la toxicité le problème peut être posé dans le futur par l'accumulation des éléments toxiques.

V-9-Conclusion :

Le manque de l'eau pour l'irrigation des terres agricole dans la région de Hadjout a incité les responsables à se pencher sur l'utilisation des eaux épurées de la station d'épuration de Hadjout. Une caractérisation physico-chimique, bactériologique des eaux a permis d'avancer que les eaux sont bien traitées, aptes à recevoir des quantités assez importantes en éléments chimiques et nutritifs et de ce faite, pouvant être utilisées dans le domaine agricole.

L'équilibre écologique à maintenir dépendra de l'ensemble de ces analyses.

Chapitre VI

Réseau d'irrigation

Chapitre VI : Régime d'irrigation

VI-1- Introduction

Selon l'espèce à laquelle appartient, soixante à quatre vingt dix pour cent du matériel végétal de la plante est constitué d'eau. C'est l'eau qui permet l'absorption et la translocation des sels minéraux contenus dans le sol.

C'est elle qui permet la photosynthèse en alimentant les cellules des feuilles et encore elle favorise la turbulence des fleurs pour mettre leur fécondation et ainsi donner des bonnes graines et semences.

Dans ce chapitre on va déterminer les besoins en eau de la culture ainsi que leur régime d'irrigation.

VI-2- Définition d'un régime d'irrigation

Le régime d'irrigation est défini comme étant l'ensemble du nombre de doses d'arrosage qu'il faut appliquer aux cultures au cours de toute leur période de végétation dans le but de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol.

VI-3- Besoins en eau des cultures

VI-3-1. Définition

En termes généraux, le besoin en eau d'une culture est équivalent au niveau d'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale.

De façon précise, le besoins en eau est défini comme le niveau d'évapotranspiration d'une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d'une surface supérieure à un hectare dans des conditions optimales de sol. Ces dernières consistent en une fertilité et une humidité suffisantes pour atteindre le potentiel de production de la culture dans le milieu considéré.

VI-3-2. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, en $m^3/ha/jour$, en $m^3/ha/mois$ ou en $m^3/ha/an$. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en $mm/jours$ par mois ou par an.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET_0), L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

- **L'évapotranspiration de référence** : est définie comme « le niveau d'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive ».

- **L'évapotranspiration potentielle** : est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul facteur qui limite cette évaporation. On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ, L'ETP correspond à la « demande d'évaporation » en eau « pouvoir » évaporant de l'air.

- **L'évapotranspiration réelle** : Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR : celle-ci pourra bien sûr être inférieur ou égal à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

VI-3-2-1. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration

Il n'est pas question ici de présenter en détail toutes les méthodes utilisées pour le calcul de l'évapotranspiration des cultures.

On distingue généralement deux types :

- Les méthodes directes.
- Les méthodes indirectes.

VI-3-2-1-1. Méthodes directes

- **L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique**

Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration en un lieu donné du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal

- **Le bac évaporant**

Cet appareil très simple permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'ETP.

- **L'évaporomètre piche**

Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. La tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lie directement sur les graduations du tube.

VI-3-2-1-2. Méthodes indirectes

Ces méthodes permettent de calculer l'ETP à partir de formules ne comportant que des données climatiques.

1) Formule de Blaney et Criddle

A la suite de nombreuses expérimentations, Blaney et Criddle ont estimé que la température et la durée du jour étaient les facteurs déterminants de l'évapotranspiration potentielle. Ils ont proposé la formule suivante :

$$ETP = K (0,46t + 8,13) P. \quad -$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois) .

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.

K : Coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique).

2) Formule de Turc

- Si l'humidité relative est supérieur à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \quad \text{en (mm/mois)} \quad -$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Ig : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour).

Remarque

Le coefficient 0,40 est réduit à 0,37 pour le mois de février.

- Si l'humidité relative de l'aire est inférieure à 50%. L'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \cdot \left(\frac{T}{T+15} \right) \cdot \left(1 + \frac{50-Hr}{70} \right) \quad -$$

Dans laquelle :

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Ig : Radiation globale en (cal/cm²/jour).

Hr : L ;'humidité de l'air en %.

$$I_g = I_{ga} (0,18 + 0,62) \cdot \frac{h}{H} \quad -$$

Avec :

I_{ga} : Radiation maximale théorique.

H : Durée astronomique de jour en (heure/mois)

h : durée d'insolation de la station considérée en heure/mois .

$\frac{h}{H}$: Insolation relative en heures.

3) Formule de Penman

La formule donne les meilleures estimations de l'ETP, et ceci sous tous les climats. Son seul inconvénient est de nécessiter un nombre assez important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

La formule est la suivante :

$$ETP = p' (t) \frac{Rn}{L} + \sigma \cdot \frac{Ea}{P(t) + \sigma} \quad -$$

Dans laquelle :

Rn : Rayonnement net « climatique ».

Ea : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de l'air.

L : Chaleur latente de vaporisation ($2.5.10^6$ J/kg)

σ : Constante psychrométrique ($0,65$ h la/°C)

p' (t) : Valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T.

VI-3-2-2. Calcul de l'évapotranspiration

La détermination de l'évapotranspiration se fait par la formule de Penman, en raison de son exactitude pour l'estimation de l'ETP.

Le calcul se fait par le logiciel Cropwat.

TableauIV-1 : Calcul de L'évapotranspiration en mm/jour

Mois	T°moy (°c)	Humidité (%)	Vent (km/jour)	Insolation (heurs)	Radiation (MJ/m ² J)	ETP (mm/jour)
Jan	11.65	82	259.2	4	8.5	1.55
Fev	12.1	80	268	6	12.4	2.11
Mars	14.1	74	251	7	16.4	2,98
Avr	16.1	80	268	8	20.2	3,52
Mai	18.5	75	242	10	24.6	4,51
Juin	21.3	65	259	10	25	5,33
Juil	23.6	49	276	11	26.1	6.76
Août	24.4	51	268	11	24.9	6.27
Sep	23	66	216	9	19.9	4,66
Oct	19.7	74	199	7	14.4	2,84
Nov	15.7	75	216	5	9.8	2.08
Dec	13.3	80	320	4	7.9	1,74
Année	17.8	70.9	253	7,7	17.5	3.70

VI-4- Détermination des besoins en eau d'irrigation

VI-4-1. Définition

Le besoin en eau d'irrigation, B, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal au besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage) percolation profonde, inégalité de répartition...etc).

VI-4-2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

Les besoins en eau des cultures sont calculés par la formule :

$$B = ETR - D - P - (Pe_{ff} + R_u) \quad -$$

Avec :

B : Besoins en eau d'irrigation (mm);

ETR : Evapotranspiration réelle/jour) ;

D : Le drainage ;

P : La précipitation (mm) ;

R_u : La réserve utile (mm) ; telle que :

$$R_u = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Z \cdot d_a \quad -$$

Avec :

H_{cc} : Humidité à la capacité au champ;

H_{pf} : humidité du sol au point de flétrissement ;

Z : Profondeur d'enracinement (m) ;

d_a : Densité apparente ;

Pe_{ff} : Pluie efficace ; Pe_{ff} = α . P ;

P : Précipitation de l'année de calcul en mm ;

α : Coefficient tenant compte de l'efficacité des pluies.

Le calcul des besoins en eau d'irrigation se fait par le logiciel cropwat.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV-2: Besoins en eau d'irrigation pour les orangers :

Mois	Déc.	Phase	Coeff. Kc	ET cult mm/jour	ET cult mm/déc	Pluie eff mm/déc	Besoins d'irr. (mm/jour)	Besoin d'irr. Mm/déc
Mars	2	Init	0,75	2,06	10,3	9,2	0,22	2,2
	3	Init	0,75	2,28	22,8	17,2	0,48	4,8
Avril	1	Init	0,75	2,49	24,9	17,4	0,75	7,5
	2	Init	0,75	2,71	27,1	16,9	1,01	10,1
	3	Init	0,75	2,99	29,9	16,2	1,37	13,7
Mai	1	Init	0,75	3,26	32,6	16,0	1,66	16,6
	2	In/dé	0,75	3,53	35,3	15,6	1,97	19,7
	3	Déve	0,74	3,71	37,1	11,2	2,59	25,9
Juin	1	Déve	0,73	3,88	38,8	6,2	3,26	32,6
	2	Déve	0,72	4,03	40,3	1,5	3,89	38,9
	3	Déve	0,71	4,16	41,6	1,5	4,01	40,1
Juillet	1	Déve	0,69	4,32	43,2	1,6	4,17	41,7
	2	Déve	0,68	4,62	46,2	1,6	4,46	44,6
	3	Déve	0,67	4,33	43,3	1,6	4,18	41,8
Août	1	Déve	0,66	4,28	42,8	1,5	4,13	41,3
	2	Dé/mi	0,65	4,24	42,4	1,5	4,10	41,0
	3	Mi	0,65	3,78	37,8	4,3	3,36	33,6
Septembre	1	Mi	0,65	3,30	33,0	7,0	2,59	25,9
	2	Mi	0,65	2,90	29,0	9,8	1,92	19,2
	3	Mi	0,65	2,55	25,5	10,8	1,47	14,7
Octobre	1	Mi	0,65	2,19	21,9	11,7	1,02	10,2
	2	Mi	0,65	1,84	18,4	12,7	0,57	5,7
	3	Mi	0,65	1,63	16,3	13,6	0,27	2,7
Novembre	1	Mi	0,65	1,43	14,3	14,5	0,00	0,00
	2	Mi/ar	0,65	1,23	12,3	15,4	0,00	0,00
	3	arr	0,66	1,19	11,9	16,2	0,00	0,00
Décembre	1	arr.	0,67	1,16	11,6	17,0	0,00	0,00
	2	arr.	0,67	1,13	11,3	17,8	0,00	0,00
	3	arr.	0,68	1,10	11,0	19,6	0,00	0,00
Janvier	1	arr.	0,69	1,07	10,7	21,3	0,00	0,00
	2	arr.	0,70	1,04	10,4	23,1	0,00	0,00
	3	arr.	0,71	1,18	11,8	21,9	0,00	0,00
Février	1	arr.	0,72	1,33	13,3	20,7	0,00	0,00
	2	arr.	0,73	1,49	14,9	19,5	0,00	0,00
	3	arr.	0,73	1,67	16,7	19,2	0,00	0,00
Mars	1	arr.	0,74	1,87	18,7	18,8	0,00	0,00
	2	arr.	0,75	2,06	10,3	9,2	0,22	0,11
Total					918,0	461,5		532,7

VI-5-Conclusion

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de déterminer les besoins en eau d'irrigation pour la culture de notre parcelle.

Chapitre VII

Estimation du projet

Chapitre VII : Réseau d'irrigation

VII.1 Dimensionnement d'un îlot type :

VII.1.1 Choix de l'îlot type :

Pour le choix de l'îlot type a semble intéressant de choisir, celui qui présente le plus de contrainte a savoir le plus éloigné par rapport a la source principale et le plus haut sur le plan topographique ceci bien évidemment nous permettra de vérifier les pressions calculées et la source est suffisantes. .

Pour ce faire on va prendre un îlot qui va servir de model pour tous les autres,

VII.1.1.1 Données générales

Cultures:

Orange

Espaceement entre arbres	5m
Espaceement entre arbres rangs	5m

Caractéristique de la ressource en eau

Eau usée épurée de la station d'épuration de Hadjout

Débit de pointe 0.12 m³/s

Caractéristique de goutteur

Débit nominal 4 l/h

Pression nominale 10 mce

Espaceement des goutteurs 1m

Caractéristiques des conditions climatiques

Besoins en eau journaliers 4.8mm/j

Caractéristiques des conditions de travail

Une irrigation journalière

Temps maximum journaliers de travail 16h/24h

Détermination des données de bases

Surface totale a irriguée s (t)= 7.2 ha

VII.1.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée:

VII.1.2.1 Influence du taux de couverture du sol

- Principalement l'irrigation localisée est utilisée pour les cultures en ligne où une partie seulement de la surface est occupée par les plantes ; donc les chiffres des besoins en

eau déterminés par les méthodes où toute la surface est considérée à irriguée doivent être multipliés par un coef de réduction « K_r » dépendant du taux de couverture « C_s »

Le coef K_r est donné par plusieurs formules comme :

- La formule de Keller et Karmeli (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0,85} \quad \text{Plafonné à}$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0,5(1 - C_s)$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0,1 + C_s$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60 % (pour les arbres adultes) donc :

$K_r = 0,71$ selon Keller et Karmeli.

$K_r = 0,80$ selon Freeman et Garzoli.

$K_r = 0,70$ selon Decroix (CTGREF).

On prend le ($K_r = 0,71$),

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe $ETM_{\text{pointe}} = 6.76$ mm/jour (tableau des besoins en eau). En irrigation localisée les besoins se réduisent à

$$ETM_r = ETM_{\text{pointe}} * K_r$$

$$ETM_r = 6.76 * 0,71 = 4.8 \text{ mm}$$

VII.1.2.2 Besoins d'irrigation brute Bbrut ;

C'est le volume d'eau d'irrigation nécessaire en pratique. **Bnet** et **Bbrut** sont liées par l'équation suivante La dose brute d'arrosage dépend en fait de l'uniformité de l'irrigation et de l'efficacité du réseau

$$B_{brut} = \frac{B_{net}}{C_u} \quad \text{Donc} \quad B_{brut} = \frac{4.8}{0.9} = 5.33 \text{ mm}$$

C_u : coefficient d'uniformité $C_u = 90\%$

VII.1.2.3 Pourcentage de sol humidifié:

$$P = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r}$$

P : volume de sol humidifié.

n : Nombre de point de distribution par arbre.

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre ; (m)

S_h : Largeur de la bande humidifiée ; (m). tiré de l'abaque (voir annexe 4)

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre ; (m)

S_a : Espacement des arbres sur les rangs ;(m)

Le pourcentage P de sol humidifié peut être vérifié à l'aide du tableau

$$P = \frac{2 * 1 * 5}{5 * 5} = 40 \%$$

VII.1.2.4 Fréquence d'arrosage :

La fréquence ou espacement entre deux arrosages. Cette valeur dépend de la transpiration journalière moyenne dans la période de pointe des cultures et de la dose appliquée à chaque arrosage.

$$\text{Dose nette} = (H_{cc} - H_{pf}) * e * Z * P / 100$$

On a les caractéristiques hydriques pour un sol limoneux en moyenne on a

$$H_{cc} = 22\% \quad H_{cc} : \text{humidité à la capacité au champ}$$

$$H_{pf} = 10\% \quad H_{pf} : \text{humidité au point de flétrissement.}$$

$$Y = \frac{2}{3} \quad Y : \text{degré de tarissement admis}$$

Tel que :

$$Z = 1500 \text{ mm} \quad Z : \text{profondeur d'enracinement}$$

$$\text{Dose nette} = \frac{12}{100} * 0.66 * 1500 * 0.4 = 47.5 \text{ mm}$$

$$\text{Donc la fréquence minimale } f = \frac{D_{nette}}{ETM_r} = \frac{47.5}{4.8} = 10 \text{ jours}$$

VII.1.2.5 Durée d'arrosage:

$$t = \frac{b_{brute} * E_g * E_r}{q_r} = \frac{5.33 * 1 * 5}{8} = 3 \text{heurs}$$

Ecartement des lignes E = 5 m. On a le choix entre différents goutteurs de débits varie

$$q = (1:2:4:6:8) \text{ l/h}$$

VII.1.3 Choix des goutteurs dans notre zone d'étude la densité des cultures

Pour les cultures 400 arbres/hectare c'est à dire une plantation de (5*5) m

Pour nos cultures en utilise généralement 2 goutteurs de débit de 4l/s.

Pour chaque poste on doit déterminer les paramètres de calcul qui sont :

VII.1.3.1 Nombre des goutteurs

$$L_{poste} = L_r = 120m$$

Avec : L_r : Longueur de poste

$$\text{Largeur de poste } l_{poste} = L_{pr} = 100m$$

$$N_g = N_{arbres} * n \quad \text{donc} \quad N_g = 960 \text{ goutteurs}$$

Avec : N_{arbres} : Nombre des arbres

VII.1.3.2 Nombre des rampes

$$N_{rampe} = \frac{L_p}{E_R} = \frac{120}{5} = 24 \text{ rampes}$$

Avec : L_r : la longueur de poste (m)

VII.1.3.3 Débit de poste

$$Q_{post} = N_g * Q_g$$

$$Q_{poste} = 3840 \text{ l/h}$$

VII.1.4 Calcul hydraulique**VII.1.4.1 Débit**

$$Q_r = Q_g * N_g / r$$

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

Avec : Q_r : Débit de rampe

Q_g : Débit de goutteur

N_g/r : Nombre des goutteurs par rampe

Nr : Nombre des rampes

Qpr : Débit de porte-rampe

VII.1.4.2 Perte de charges

Pour la détermination des pertes de charges pour les différents tronçons on a :

Dans une canalisation assurant un service d'extrémité

$$j_{PEBD} = 0,478.D^{-4,75}.Q^{1,75}$$

$$j_{PVC} = 0,452.D^{-4,76}.Q^{1,75}$$

Dans une canalisation assurant un service en route

$$j = J. \frac{L}{2,75}$$

Où : L : la longueur de la conduite ; (m)

Q : débit (l/h)

D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)

NB

Ph_l : perte de charge linéaire

Ph_s : Perte de charge singulière

Ph_t : Perte de charge totale

VII.1.4.3 Conditions hydrauliques

Variation maximale de débits entre goutteurs

$$\Delta q / q = 10\%$$

Variation maximale de la pression

$$q = K * H^x$$

$$\frac{\Delta q}{q_g} = x * \frac{\Delta H}{H_n}$$

Avec q_g : débit d'un goutteur

H_n : Pression nominale

$$0.1 = 0.5 * \frac{\Delta H}{10}$$

$$\Delta H = 2 \text{ mce}$$

La valeur de pertes de charges singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression

$$P_{dc}(\text{sing}) = 2 * 0.1 = 0.2 \text{ mce}$$

$$P_{dc}(\text{sing}) = 0.2 \text{ mce}$$

$$P_{dc}(\text{linéaire}) = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ mce}$$

$$P_{dc}(\text{linéaire}) = 1.8 \text{ mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

1/3 sur la porte rampe

2/3 sur les rampes

VII.1.4.3.1 Position de porte rampe

La valeur du diamètre de la rampe dépend de la position de la porte rampe.

La porte rampe sur la cote

Tableau VII-01 : caractéristique de la rampe

Cultures	L _r (m)	N _g	Q _r (l/h)	Ph _l (m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	Ph _l (m)
Oranges	100	40	160	1.2	11,38	16	0,24

Les valeurs de pertes charges sont inférieures à 1.2mce (la valeur maximale).

Théoriquement on trouve D_n=13mm, ce diamètre ne trouve pas le commerce donc un adapté D=16mm.

VII.1.4.3.2 Détermination des portes rampes

Tableau VII-02 : caractéristique de la porte rampe

Cultures	L _{pr} (m)	N _r	Q _{pr} (l/h)	Ph _l (m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	Ph _l (m)
Oranges	120	24	3840	0.6	44.14	50	0.33

Les valeurs de pertes charges sont inférieures à 0.6mce (la valeur maximale).

VII.1.4.4 Calcul de la canalisation principale

La vitesse de l'eau devra être inférieure à 1.5m/s

Le cas le plus défavorable $v=1.5\text{m/s}$.

Avec $Q_{\text{poste}}=3840\text{l/h}$

Pour 6 postes on a $Q_{\text{lot}}=23040\text{ l/h}$ **$Q_{\text{lot}} = 6.4\text{l/s}$**

$L=163\text{m}$

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{23040 * 10^{-3}}{1.5 * 3600} = 0,00427\text{m}^2$$

$$D_{\text{cal}} = \sqrt{\left(\frac{4 * S}{\Pi}\right)} = 73,72\text{mm} \quad \text{On prend } D_n=80\text{mm}$$

VII.1.4.5 Calcul de la pression en tête de la parcelle :

$$P_{\text{dcep}(\text{lin})} = 0.478 * D^{-4.75} * Q^{1.75} * L$$

$$P_{\text{dcep}(\text{lin})} = 0.478 * 80^{-4.75} * 23040^{1.75} * 200 = 3,78\text{m}$$

La perte de charge singulières (vannes ; coudes) est 20% de pertes de charges linéaires

$$P_{\text{dcep}(\text{totale})} = P_{\text{dc}(\text{lin})} + P_{\text{dc}(\text{sin})} = 1.2 * P_{\text{dc}(\text{lin})}$$

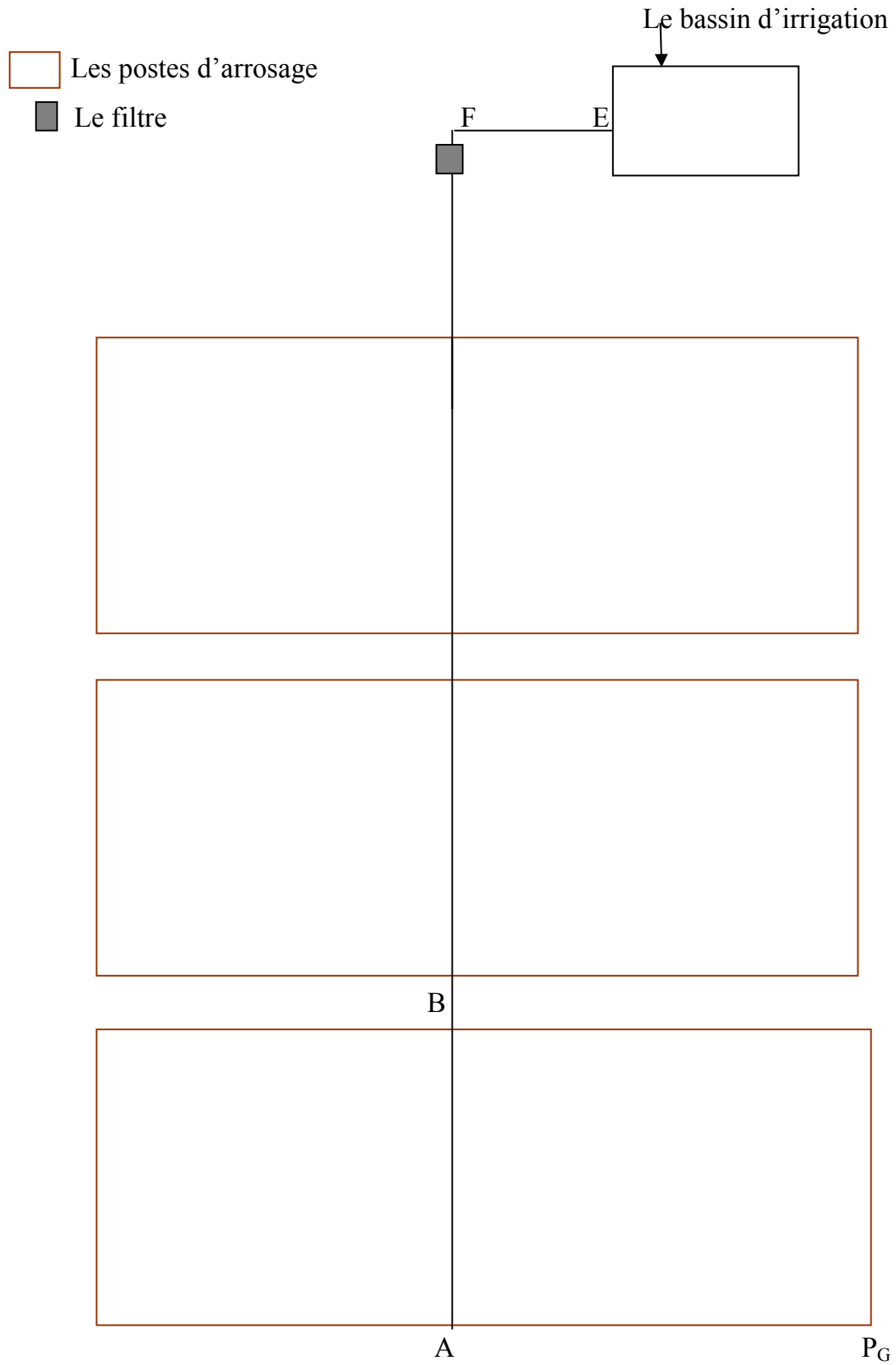
$$P_{\text{dcep}(\text{totale})} = P_{\text{dc}(\text{lin})} + P_{\text{dc}(\text{sin})} = 1,2 * 3,78 = 4,54\text{m}$$

La pression arrive est

$$P = 4,54 + 10 + 0,77 = 15,31\text{m}$$

Avec : P_n (goutteur)=10 m.c.e

$$P_{\text{dc}}(\text{poste}) = 0,77\text{m.c.e}$$



FigureVII-01 : La pression en tête de l'installation théorique

VII-2- Capacité du bassin d'irrigation

L'irrigation journalière théorique est de 3 heures, donc l'agriculteur aura besoin d'un volume de :

$$V = 6,4 \cdot 3.3600 = 69.12 \text{ m}^3$$

VII-2-1-Dimensionnement du bassin d'irrigation

Le bassin devra assurer au minimum un stockage des eaux pour une durée de 2 jours pour les raisons suivantes :

-il n'y a pas de pire catastrophe pour une périmètre irriguée que l'interruption de l'approvisionnement en eau, une réserve de sécurité est indispensable ;

-le stockage dans un réservoir non couvert, participe à l'amélioration de la qualité de l'eau

Sa capacité sera de

$$V = 69,12 \cdot 2 = 138,24 \text{ m}^3$$

Donc les dimensions du bassin

$$L = 7.5 \text{ m}$$

$$B = 7.5 \text{ m}$$

$$H = 2.5 \text{ m}$$

Avec :

L : longueur du bassin

B : largeur du bassin

H : hauteur du bassin

Conclusion:

D'après la détermination des différentes compositions du réseau; le dimensionnement de ces composantes est nécessaire pour chaque projet d'irrigation.

la façon de distribuer l'eau aux plantes, la durée d'arrosage, la fréquence, le débit nécessaire...représente le calcul de base d'un réseau d'irrigation localisée pour un îlot. Pour l'ensemble des îlots du périmètre le calcul sera identique.

Chapitre VIII

*Application d'un programme de
calcul et impact du projet*

Chapitre VIII : Techniques et Modes d'irrigation**VIII-1- Introduction :**

Quelle que soit l'origine de l'eau et son mode de transport (canaux ou conduites), le problème le plus délicat est le choix de la méthode pour de répartition de cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit.

VIII-2- Les différents techniques d'irrigation :

Les techniques d'irrigations peuvent être rangées en trois (03) classes, soit :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée

VIII-2-1- L'irrigation de surface :

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou technique mixte.

VIII-2-1-1- Irrigation par ruissellement :**a) – Les planches de ruissellement :**

On divise la surface à irriguer en bandes rectangulaires prise dans le sens de la plus grande pente.

En général, la longueur des planches varie de 5 à 30 m. et leur largeur de 50 à 800 m.

L'irrigation par planches convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5 %. Cependant, les pentes longitudinales maximales des planches peuvent atteindre 4 % à 5 %.

Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants.

L'irrigation par planches s'applique aux cultures telles que les prairies, les céréales et les vergers.

La préparation des planches est minutieuse et coûteuse et exige une main-d'œuvre qualifiée et des équipements de terrassement performants.

Les pertes par percolation profonde et en colature est importante, et font remonter dangereusement le niveau des nappes phréatiques.

Les efficacités observées, s'échelonnent dans une gamme très large allant de 45 % à 85 %.

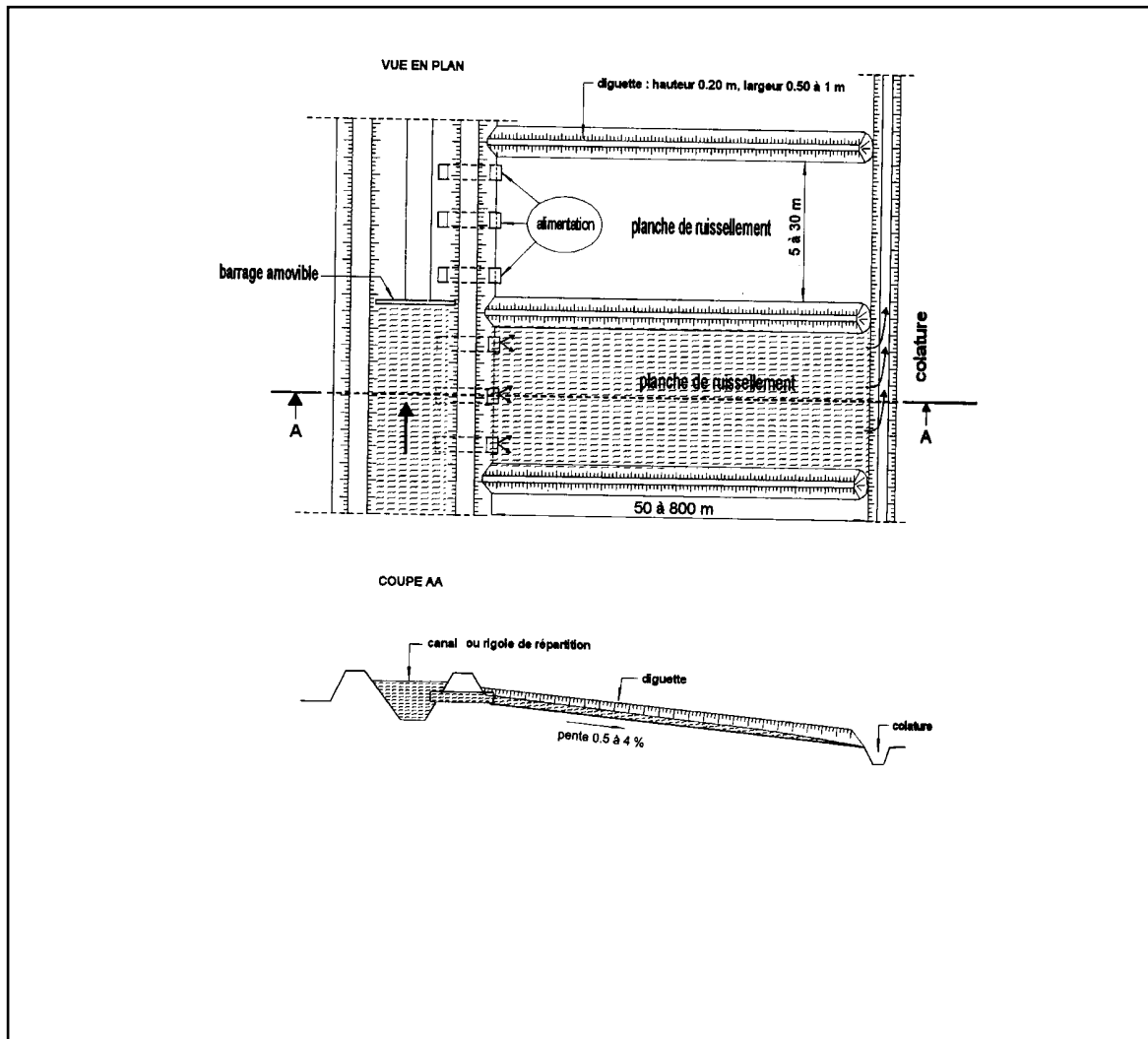


Fig.VIII.1. Irrigation par planche de ruissellement

b) – L'arrosage à la raie :

Consiste à amener l'eau à la plante, par une série plus au moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m.) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière.

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes $< 02\%$. Pour des pentes $> 02\%$ les raies sont orientées obliquement

par rapport à la ligne de plus grande pente. La forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale ou parabolique avec :

- Largeur : 25 à 40 cm.
- Profondeur : 15 à 30 cm.

L'arrosage à la raie se pratique sur les terrains d'environ 0,5 à 4 % de pente et convient à toutes les cultures de céréales et de plantes sarclées (Maïs, Coton, Pomme de terre etc.). L'arrosage à la raie pose de sérieux problèmes d'application de l'eau lorsque la longueur des raies devient importante (supérieure à 250 m.).

Il exige une main d'œuvre abondante et qualifiée pour la conduite des arrosages.

L'efficience des arrosages telle qu'elle est constatée peut se situer entre 40 % et 70 %.

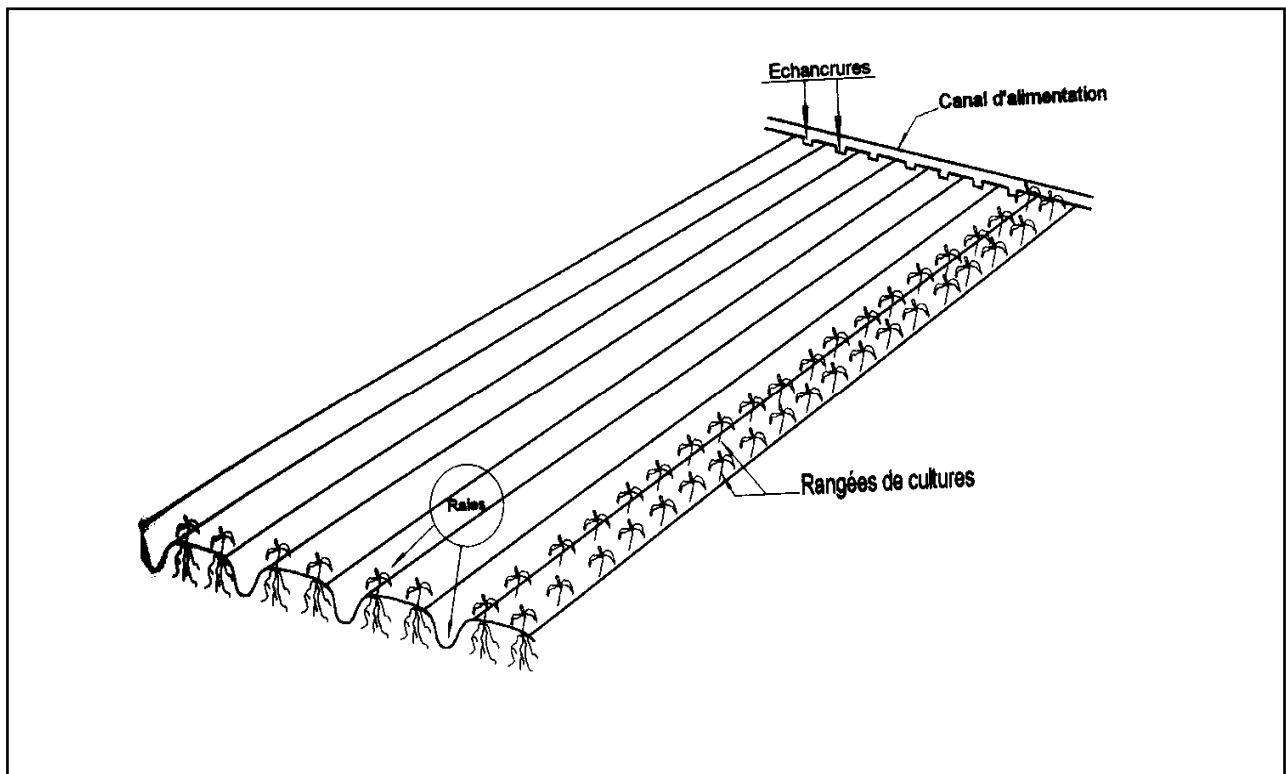


Fig VIII.2. Irrigation à la raie

VIII-2-1-2-Irrigation par submersion :

Dans la pratique de la submersion, l'eau est apportée et répandue aussi vite que possible sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant la phase d'infiltration proprement dite. La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain

en bassins de submersion, avec des petites digues de 30 à 40 cm. de hauteur et une revanche minimum de 10 cm.

L'irrigation par submersion est une technique d'arrosage appliquée de préférence en terrain presque plat (moins de 0,1 % de pente).

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois (03) facteurs :

- 1) . Faible perméabilité (terrain très peu ou moyennement perméable)
- 2) . Qualité du nivellement.
- 3) . Fort débit d'apport.

La nécessité du nivellement implique généralement des travaux de terrassement importants et coûteux.

Ce système d'irrigation s'emploie dans les rizicultures, les pâturages, les vergers, les prairies, les céréales en ligne, mais en raison du coût du nivellement des parcelles, il est généralement réservé à des terrains plats.

L'efficacité de la technique d'irrigation en submersion se situe entre 45 et 70%

L'application d'une couche d'eau sur la surface de sol à irriguer provoque leur tassement et le rend moins perméable et par conséquent gêne l'aération du sol.

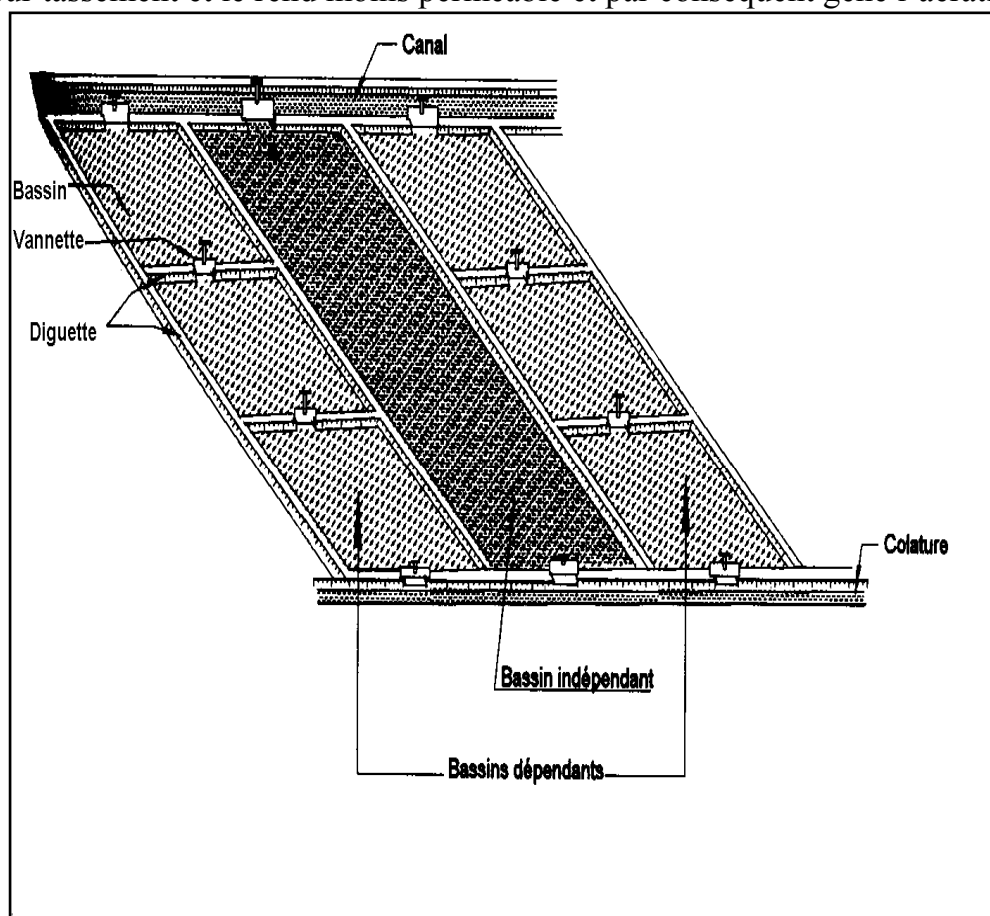


Fig.VIII.3. Irrigation par submersion

VIII-2-1-3-L'irrigation mixte : Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion.

Les dispositions générales de ce mode d'irrigation sont identiques à celles que nous avons vu, mais lorsque l'eau atteint le niveau voulu dans le bassin, on continue à les alimenter en prenant soin d'évacuer les surplus.

A cet effet, les compartiments sont munis d'un déversoir arasé au niveau fixé pour le plan maximal. L'eau en excès est évacuée dans les colatures ou dans un bassin contigu.

L'avantage de ce système est que l'eau est plus aérée apporte plus de matières nutritives et présente une température plus régulière ce qui peut être intéressant pour les cultures.

VIII-2-2- L'irrigation par aspersion :

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection ,alimentés sous pression.

Pour cette technique d'irrigation aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Tous les types de sols peuvent convenir : on peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités pluviométriques (I) offertes par les différents matériels ($I < 4$ mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à $I < 50$ mm /h pour sols perméables).

Cette technique d'irrigation présente une excellente efficacité située entre 55 - 85 %, essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants .

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus diverses : fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc.... .

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories :

- L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.)

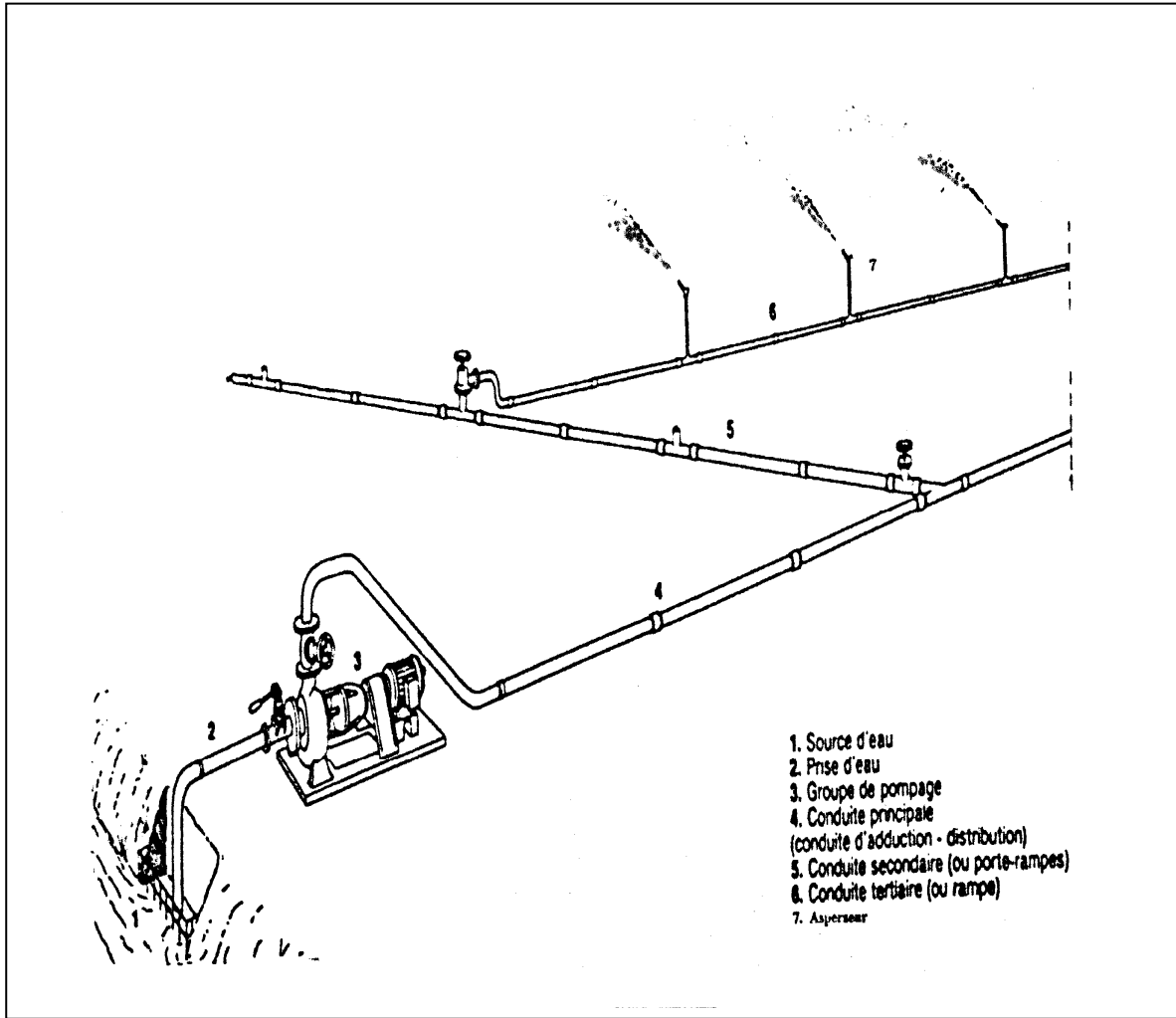


Fig.VIII.4. . Partie essentielle d'une installation en aspersion classique

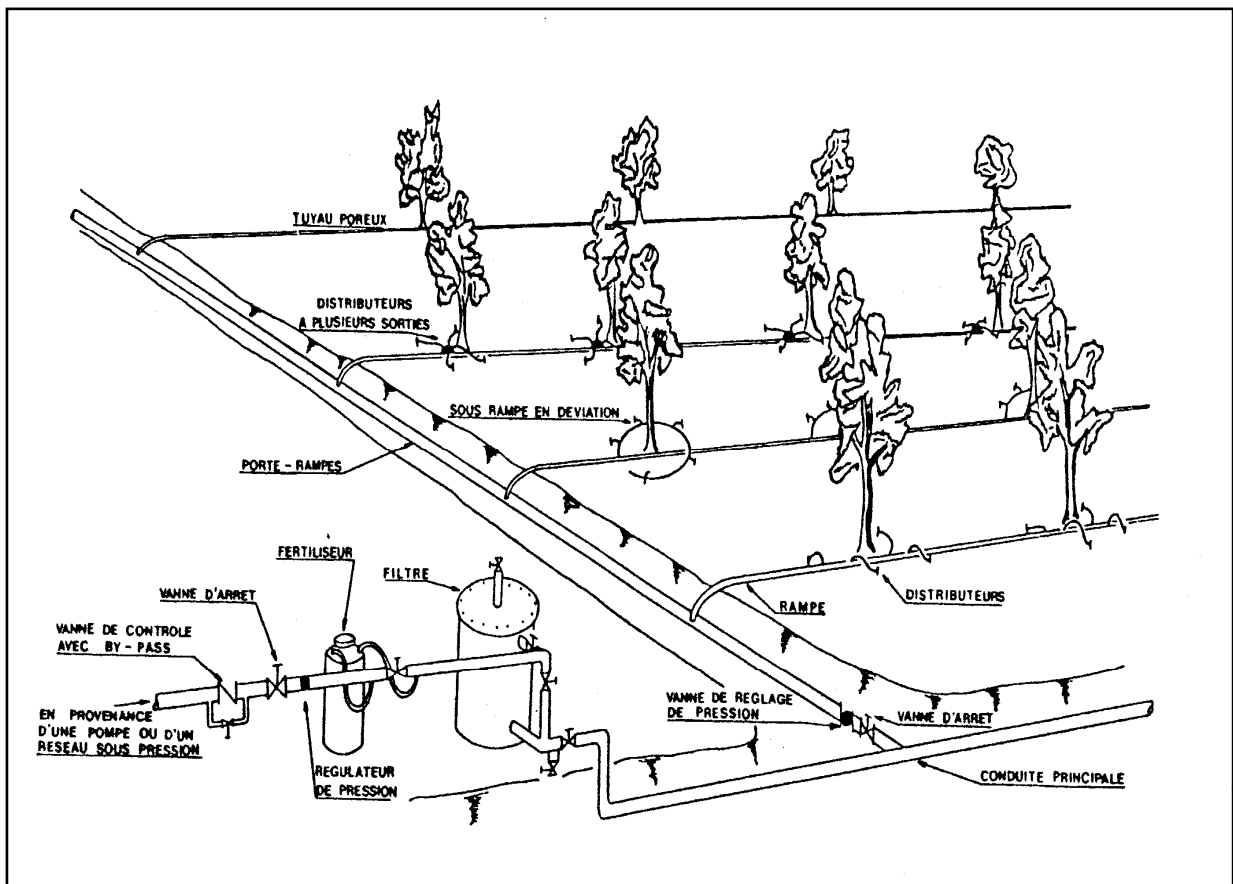
VIII-2-3-L'irrigation localisée : L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par :

- La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation .
- Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante.
- Des débits faibles généralement inférieurs à 100 l/h.
- Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines), par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-asperseurs).

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente. Elle est située entre 70% à 95%.

L'irrigation localisée est surtout pratiquée en cultures maraîchères ou fruitières.



FigVIII.5 . Partie essentielle d'une installation localisée

VIII-3- Les avantages et les inconvénients des techniques d'arrosages**VIII-3-1- Techniques d'irrigation de surface****■ Avantages :**

- ◇ Coût d'investissement relativement faible,
- ◇ Besoins en énergie faibles ou nuls,
- ◇ Insensibilité au vent,
- ◇ Bonne adaptation aux eaux usées,
- ◇ Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire,
- ◇ Possibilité d'utilisation d'eau salées (en pratiquant le lessivage du sol)

■ Inconvénients :

- ◇ Besoins importants en main d'œuvre,
- ◇ Inadaptation aux sols très filtrants,
- ◇ Planage nécessaire des parcelles qui donne une surface consommée par les canaux et rigoles,
- ◇ Pertes d'eau importante c'est-à-dire efficacité d'arrosage faible.

VIII-3-2- Techniques d'irrigation sous pression**■ Avantages :**

- ◇ Absence de nivellement préalable,
- ◇ Bonne adaptation à tous les types de sol,
- ◇ Possibilité de mélanger facilement des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation
- ◇ Possibilité de contrôle précis des doses appliquées et Possibilité d'automatisation

■ Inconvénients :

- ◇ Coût d'investissement élevé,
- ◇ Dépense énergétique élevée,
- ◇ Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées,
- ◇ Mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales,
- ◇ Ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup de cultures (risque

de brûlure du feuillage ou de dépôts inesthétiques sur les fruits).

VIII-3-3- L'irrigation localisée

■ Avantages :

- ◇ Excellent rendement des cultures
- ◇ Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle,
- ◇ Très faible besoin de main d'œuvre.
- ◇ Insensibilité au vent.
- ◇ Ne mouille pas le feuillage ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire.

■ Inconvénients :

- ◇ Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à d'éventuelle interruption des arrosages,
- ◇ Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation,
- ◇ Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- ◇ Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

VIII-3-4- L'irrigation souterraine

■ Avantages :

- ◇ Absence de matériel en surface, d'où aucune gêne pour l'exploitation,
- ◇ Très faible coût d'investissement et de fonctionnement sur des parcelles préalablement équipées en drainage souterrain,
- ◇ Ne mouille pas le feuillage, ni le sol ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire et aux façons culturales.

■ Inconvénients :

- ◇ Technique utilisable seulement dans certaines conditions pédologiques sur des parcelles justiciables d'un drainage souterrain,
- ◇ Maîtrise incomplète et aléatoire de l'alimentation hydrique des cultures qui fait réserver cette technique aux productions à faible valeur ajoutée.

VIII-4- Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- Topographie (pente du terrain à irriguer, relief, géométrie de la parcelle)
- Ressource en eau (quantité, qualité, débit dont on dispose)
- Nature du sol (perméabilité)
- Nature des cultures
- Facteurs économiques
- Rentabilité de l'opération
- Facteurs sociologiques et culturels

On ne doit pas considérer chacun de ces critères de manière isolée. Au contraire, il faut en avoir une vision globale afin de mieux évaluer les potentialités d'irrigation d'un site ou d'une région donnée. Pour mieux aider à conduire le choix, il est proposé au préalable, un examen des avantages et des inconvénients de chacun des grands types de techniques d'irrigation.

Par ailleurs, quelques constats remarquables à prendre en considération permettent de définir de façon plus avertie des solutions adaptées aux différentes situations que l'on rencontre dans le monde :

-Dès que l'on peut économiser l'eau, les deux techniques à promouvoir sont l'aspersion par les grandes machines à irriguer ou l'irrigation localisée, mieux adaptée aux cultures fruitières et maraîchères ainsi qu'aux petites ou moyennes exploitations.

-Quand les quantités d'eau à apporter à la plante sont faibles et que l'énergie n'est pas très chère, les machines à enrouleur sont adaptées, les coûts d'investissement étant faibles.

-Au contraire, les techniques d'irrigation de surface peuvent alors être recommandées dans le cas où la main d'œuvre est bon marché. Elles le sont encore plus lorsque le réseau lui-même est gravitaire, par exemple à l'aval d'un barrage ou d'une prise en rivière.

-Les grandes machines à irriguer ,rampe pivotante ou rampe frontale, ne sont pas adapté aux petite exploitations , obligées de cultiver les mêmes spéculations aux mêmes périodes.

VIII-5- Travaux et aménagements recommandés

VIII-5-1- Les amendements organiques

Leur pauvreté en matière organique ,les sols du périmètre de Hadjout sont de texture généralement fine, riche à moyennement riche en calcaire (total et actif) et à PH légèrement alcalin à alcalin ,il est recommandé par conséquent d'envisager des amendements organiques , soit par la pratique des engrais verts en tête d'assolement ou des prairies artificielles, temporaires pendant les premières années de mise en valeur ;sinon,il faut prévoir des apports de fumier naturel en grande quantité , ce dernier étant peu disponible dans la zone.

VIII-5-2- La fertilisation

Comme le montre les résultats d'analyses, les sols sont en générale, pauvres en éléments fertilisants, ils conviennent d'envisager des apports en fonction des besoins des espèces cultivées et de leur cycle végétatif. Ces apports serviront d'une part à redresser la fertilité du sol et d'autre part à restituer au sol les éléments fertilisants exportés par les récoltes et ceci afin de maintenir à un niveau acceptable la fertilité du sol.

VIII-5-3-Les brise vents

L'installation d'un réseau de brise vent composé d'espèces bien adaptées à la région, et bien orienté permet de protéger les cultures contre les effets néfastes des vents surtout les vents secs et chauds.

VIII-6-Les contraintes à la mise en valeur

VIII-6-1- Les contraintes climatiques :

Le climat en tant que contraintes à la mise en valeur en irrigué, agit par trois principales composantes : les températures, les gelées et les vents. Le déficit pluviométrique enregistré dans la zone est compensé par l'irrigation. Reste à craindre les violents orages fréquents en automne et en hiver.

VIII-6-2- Les contraintes édaphiques

L'étude des sols a fait ressortir certaines caractéristiques qui représentent des contraintes pour la mise en valeur en irrigué, il s'agit principalement du calcaire

(total et actif), de la texture et la salure.

Le taux de calcaire

Qu'il soit actif ou total, le taux en cet élément dans les sols quand il est élevé constitue une contrainte sérieuse pour les cultures arboricoles et réduit la gamme des cultures maraîchères, il entraîne également une insolubilisation de certains éléments nutritifs (phosphore et fer) et favorise une augmentation du PH.

La texture

Les sols du périmètre présentent en général une texture fine, cette finesse favorise l'exclusion de nombreuses espèces arboricoles et de limiter la gamme des cultures maraîchères et industrielles.

La salure

La majorité des sols sont affectés par une faible salure, la conductivité électrique (CE) croît avec la profondeur du sol sans dépasser les valeurs limites .

Cette salure combinée à une texture fine favorise la limitation de certaines cultures maraîchères et arboricoles envisagées.

VIII-7-La micro irrigation (irrigation localisée) :

VIII-7-1-Définition, Principe et Origine :

La micro irrigation (ou irrigation localisée) est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles (en particulier et principalement l'irrigation dite goutte à goutte) qui ont en commun les caractéristiques suivantes :

- Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées,
- L'utilisation souvent répétée et , à la limite ,continu de faibles débits instantanés.
- La limitation de la surface humectée du sol à ce qui semble strictement nécessaire , à l'exclusion de la portion du sol qui ne porte pas de plantes.

C'est d'ailleurs la faiblesse des débits et des doses qui a conduit les Anglo-Saxons à désigner cette technique sous le vocable micro irrigation.

Des systèmes anciens d'inspiraient déjà plus ou moins de cette conception ceux dits à la raie en cuvettes mais ils nécessitaient beaucoup de main d'œuvre et conduisaient à un certain gaspillage de l'eau.

Aujourd'hui ,grâce à la distribution sous pression , on a pu concevoir des systèmes qui peuvent être conduits facilement qui s'automatisent aisément et dont les pertes en eau sont négligeables.

VIII-7-2- Dispositions générales :

Bien que des dispositions un peu différentes puissent être envisagées, la disposition de principe de l'arrosage localisé est la suivante.

Une conduite principale (alimente sous faible pression),alimente plusieurs lignes secondaires (rampes) qui sont ou disposés au fond de rigoles très peu profondes tracées parallèlement aux rangées de plantation ou posées simplement sur le sol ,en même suspendues au palissage.

Ces rampes sont perforées ou poreuses ou bien comportent des orifices dont l'espacement adopté dépend de la plantation .Ces orifices comportent un ajustage calibré avec brise-jet que nous désignerons sous le nom de goutteurs et dont il existe différentes conception .

VIII-7-3- Avantages et inconvénients :

Les succès des arrosages localisés et spécialement le goutte à goutte est dû à un certain nombre d'avantages qui apparaissent nettement , à condition que l'installation soit bien conduite. Enumérons les divers avantages :

a) Efficience de l'eau :

Peu de pertes par évaporation puisqu'il n'y a pas de trajectoire aérienne des gouttes d'eau, que le feuillage n'est pas humidifié inutilement, qu'une partie de la surface du sol reste sèche que la croissance des mauvaises herbes est très limitée et n'entraîne donc pas une consommation parasite.

Avantages agronomiques :

L'humidité du sol au voisinage des racines reste constamment élevée sans empêcher une bonne aération du sol.

La fertilisation par des engrais incorporés à l'eau des goutteurs , cause de difficultés et de dépenses. Parmi les inévitable inconvénients potentiels qu'il faut chercher à éliminer a priori, nous en retiendrons trois principaux :

-L'obstruction des goutteurs

Des particules de sable des dépôts lents d'argile ou de limon des précipitations chimiques, le développement de micro-organisme sont les causes les plus souvent rencontrées d'obstructions des orifices des goutteurs .Or cela provoque une mauvaise répartition de l'eau , très nuisible aux cultures s'il n'u est porté remède .

Or le repérage et l'élimination des goutteurs obstrués sont longs et onéreux. Le meilleur moyen est de prévenir ces obstructions par une filtration de l'eau.

- Accumulation de sels

Les eaux d'irrigation contiennent toujours plus ou moins de sels dissous. Les plantes prennent l'eau et la majorité des sels restent dans le sol.

Pendant la période d'irrigation , les sels sont peu à peu refoulés à la périphérie du bulbe humide ,plus spécialement près de la surface du sol .Une pluie légère risque alors de les entraîner vers les racines ,ce qui est très dommageable.

Certes, on peut lutter contre l'accumulation de sels en apportant un excès d'eau par rapport à la consommation de la plante , on lessive ainsi une grande partie des sels et on les déplace en dessous de la zone radiculaire .Mais le procédé le plus efficace, surtout dans les régions où la pluviométrie naturelle est trop faible ($P < 200$ mm).

b) Avantages cultureux

Les activités culturales ne sont pas gênées par les arrosages . Ces activités sont d'ailleurs très réduites, peu de mauvaises herbes , peu de tassement en profondeur et pas de ruissellement en surface donc pas d'érosion .

Cette technique est compatible avec les cultures faites sous paille ou paillage plastique les rampes se trouvent sous la couverture.

c) Avantages économiques :

Le prix de revient est très influencé par l'espacement des lignes :

- S'ils s'agit de cultures à grands espacements, le prix de revient est nettement moins élevé que celui d'autres réseaux fixes, comme l'aspersion, à niveau d'automatisme égal.
- Lorsque la distance entre les lignes descend en dessous de 3 m, le coût s'élève beaucoup et une étude s'impose.

En ce qui concerne le coût d'exploitation, il est peu élevé à noter la faible pression nécessaire.

La méthode se prête en effet à une grande automatisation éliminant une grande partie des frais de main-d'œuvre. Cependant pour une exploitation économique et aisée, il faut éliminer les obstructions des petits orifices.

d) Difficulté à déterminer le volume minimal du sol à humidifier

Le développement racinaire se limitant à la zone humidifiée, la croissance optimale de la culture globale exige l'humidification d'un volume minimum de sol.

Il apparaît que les dimensions de ce volume sont liées à différentes variables et, plus spécialement, au débit des goutteurs, à leur distance et à la nature du sol.

Comme il est très difficile, une fois le projet réalisé, d'en modifier les données, il importe de déterminer ces données avec soin pour avoir le début une répartition qualitative et quantitative de l'eau satisfaisante.

En fin, on peut noter le risque d'une quatrième difficulté si la région est soumise à des vents forts, il y a érosion éolienne dans la partie sèche des interlignes et la poussière soulevée peut venir recouvrir les cultures et les endommager.

Bibliographie

BECHAC.J , BOUTIN.P ,MERCIER.B, BUER.P(1984)- Traitement des eaux usées.

BELBIA Ghali (1996) La reutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, une dimension important pour l'économie de l'eau.

ECOSSE D. (2001) - Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens.

KOLIAI.D 2006/2007 : Cours de la reutilisation des eaux usées épurées 5^{ème} Année

LAZAROVA.V(1998) (CIRSEE - Lyonnaise des Eaux) et « La réutilisation des eaux usées » ; « L'eau, l'industrie, les nuisances »

MECHEBEK .A (1983)- Eaux et sols d'algerie vol3 (l'utilisation des eaux usées traitée dans l'agriculture).

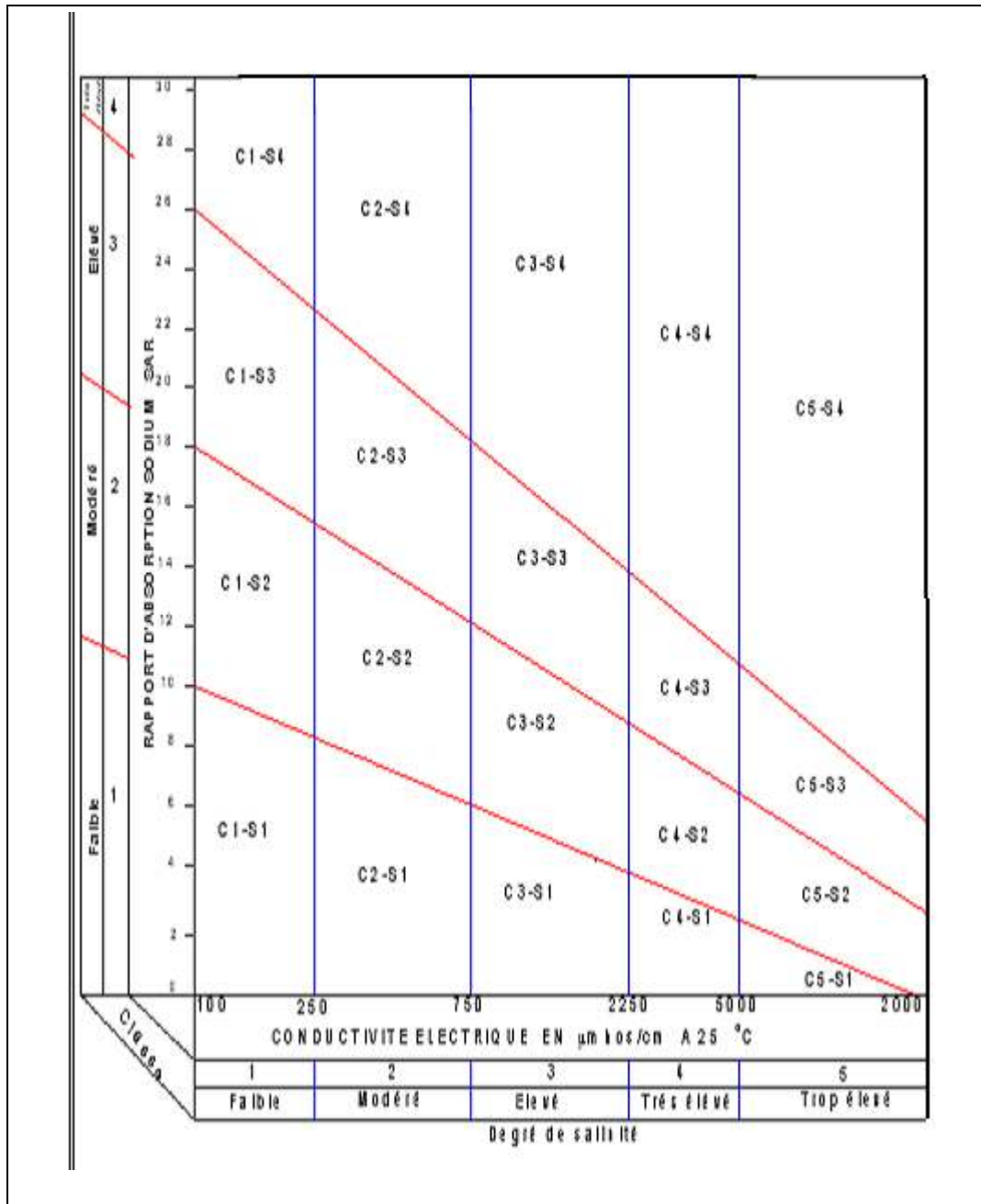
MEKKI Messahel, cours d'irrigation quatrième année

RENE Léonce- Hydraulique agricole

TIERCELIN J.R- Traité d'irrigation

VERMEIREN.L(1983)- L'irrigation localisée : calcul, mise en place, exploitation.

<http://www.fao.org/docrep/V7160F/v7160f01.htm#TopOfPage>



ANNEXE 01 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Tableau IV.1 : Évapotranspiration en mm / jour

Mois	T°moy (°c)	Humidité (%)	Vent (km/jour)	Insolation (heurs)	Radiation (MJ/m ² J)	ETP (mm/jour)
Jan	11.65	82	259.2	4	8.5	1.55
Fev	12.1	80	268	6	12.4	2.11
Mars	14.1	74	251	7	16.4	2,98
Avr	16.1	80	268	8	20.2	3,52
Mai	18.5	75	242	10	24.6	4,51
Juin	21.3	65	259	10	25	5,33
Juil	23.6	49	276	11	26.1	6.76
Août	24.4	51	268	11	24.9	6.27
Sep	23	66	216	9	19.9	4,66
Oct	19.7	74	199	7	14.4	2,84
Nov	15.7	75	216	5	9.8	2.08
Dec	13.3	80	320	4	7.9	1,74
Année	17.8	70.9	253	7,7	17.5	3.70

Tableau IV-2: Besoins en eau d'irrigation pour les orangers :

Mois	Déc.	Phase	Coeff. Kc	ET cult mm/jour	ET cult mm/déc	Pluie eff mm/déc	Besoins d'irr. (mm/jour)	Besoin d'irr. Mm/déc
Mars	2	Init	0.70	1.03	10,3	9,2	0,075	0.75
	3	Init	0,70	2,28	22,8	17,2	0,734	7.34
Avril	1	Init	0,70	2,49	24,9	17,4	1.31	13.14
	2	Init	0,70	2,71	27,1	16,9	1.72	17.28
	3	Init	0,70	2,99	29,9	16,2	1,98	19.81
Mai	1	Init	0,70	3,26	32,6	16,0	2.16	21.69
	2	In/dé	0,70	3,53	35,3	15,6	2.45	24.50
	3	Déve	0,70	3,71	37,1	11,2	2.99	29.91
Juin	1	Déve	0,70	3,88	38,8	6,2	3,85	38.56
	2	Déve	0,70	4,03	40,3	1,5	4.11	41.10
	3	Déve	0,70	4,16	41,6	1,5	4,19	41.98
Juillet	1	Déve	0,70	4,32	43,2	1,6	4,23	42.38
	2	Déve	0,70	4,62	46,2	1,6	4,22	42.29
	3	Déve	0,70	4,33	43,3	1,6	4,17	41,70
Août	1	Déve	0,70	4,28	42,8	1,5	4,06	40.65
	2	Dé/mi	0,70	4,24	42,4	1,5	3.89	38.98
	3	Mi	0,69	3,78	37,8	4,3	3,58	35.87
Septembre	1	Mi	0,69	3,30	33,0	7,0	3.09	30.98
	2	Mi	0,68	2,90	29,0	9,8	2.5	25.01
	3	Mi	0,67	2,55	25,5	10,8	1,9	19.03
Octobre	1	Mi	0,67	2,19	21,9	11,7	1,37	13.78
	2	Mi	0,66	1,84	18,4	12,7	0,93	9.33
	3	Mi	0,66	1,63	16,3	13,6	0,53	5.36
Novembre	1	Mi	0,65	1,43	14,3	14,5	0,13	1.33
	2	Mi/ar	0,65	1,23	12,3	15,4	0,00	0,00
	3	arr	0,65	1,19	11,9	16,2	0,00	0,00
Décembre	1	arr.	0,65	1,16	11,6	17,0	0,00	0,00
	2	arr.	0,65	1,13	11,3	17,8	0,00	0,00
	3	arr.	0,65	1,10	11,0	19,6	0,00	0,00
Janvier	1	arr.	0,65	1,07	10,7	21,3	0,31	3.12
	2	arr.	0,65	1,04	10,4	23,1	0,96	9.62
	3	arr.	0,65	1,18	11,8	21,9	0,86	8.69
Février	1	arr.	0,66	1,33	13,3	20,7	0,14	1.45
	2	arr.	0,67	1,49	14,9	19,5	0,00	0,00
	3	arr.	0,69	1,67	16,7	19,2	0,00	0,00
Mars	1	arr.	0,70	1,87	18,7	18,8	0,00	0,00
Total					918,0	461, 5325		625.61