

**La Performance de L'Agriculture et L'Evaluation
de la Qualité de L'eau Usée Traitée Pour L'irrigation**

Introduction

On dit souvent que la prochaine crise que l'humanité subira sera celle de l'eau potable et que, par conséquent, sa préservation est une priorité. Pourtant, n'est-il pas fréquent de constater son emploi pour des usages ne le justifiant pas tels que le nettoyage des voitures ou encore l'arrosage de parcs par exemple ? Afin de limiter son utilisation déraisonnée, il convient de chercher des approvisionnements alternatifs. La Réutilisation des Eaux Usées Epurées (REUT) pourrait alors en être un.

La croissance de la pression sur les ressources en eau, le développement de l'eau et de la recherche, sont des facteurs qui contribuent à l'évolution de cette pratique.

Les eaux usées épurées peuvent être exploitées et réutilisées¹ :

- Comme une ressource alternative qui vient augmenter le potentiel des ressources en eau.
- Dans l'agriculture pour la création de nouveaux périmètres irrigués.
- Dans la protection de l'environnement

La réutilisation des eaux usées connaît des applications variables suivant les pays : En Israël 67% des eaux usées sont utilisées pour l'irrigation, en Inde 25 % et en Afrique du Sud 24 %. En Amérique latine, le plus grand projet des eaux usées se trouve à Mexico, où 83 000 hectares sont irrigués avec des eaux usées brutes. On estime que 10% des récoltes dans le monde sont irriguées par des eaux usées brutes, et de nombreux pays dont l'Algérie, utilisent les eaux usées et épurées pour l'irrigation.

¹ EL HAITE Hakima (2010), Traitement Des Eaux Usées Par Les Réservoirs Opérationnels Et Réutilisation Pour L'irrigation, p 19

Un grand nombre de facteurs doit être pris en considération dans cette technique à savoir : les systèmes d'irrigation, les rendements et la qualité des récoltes, la protection de l'environnement, les contrôles, les aspects socio-économiques.

La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture nécessite la mise en œuvre d'une réglementation, d'une politique des mesures institutionnelles et organisationnelles entre les traiteurs et les demandeurs des eaux usées et l'intégration de leur réutilisation dans les schémas d'aménagement et de gestion des eaux¹.

Une présentation générale du secteur de la production agricole Algérien va permettre de mieux cerner l'environnement du producteur agricole et pour le cadre qui nous intéresse, d'identifier ses attentes concernant l'utilisation des eaux usées traitées et son impact sur les terres agricoles.

Dans cette perspective, nous proposons de présenter, les différents systèmes et paramètres demandés en agriculture, les eaux usées traitées et la situation agricole en Algérie.

Aussi, nous allons mettre en exergue les critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation, les risques qu'on va rencontrer en utilisant ces eaux, et enfin mettre l'accent sur les différentes réglementations dans le monde.

¹ EL HAITE Hakima (2010), Traitement Des Eaux Usées Par Les Réservoirs Opérationnels Et Réutilisation Pour L'irrigation, p 22

II.1 Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture

II.1.1 Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture Dans le Monde

L'utilisation des eaux usées en agriculture est une pratique très ancienne et assez répandue dans le monde entier. Ce développement s'explique principalement par le manque d'eau potable et par le besoin d'accroître la production agricole. Plus de 20 millions d'hectares dans 50 pays sont actuellement irrigués avec des eaux usées épurées ou brutes¹.

Le secteur agricole est le plus grand utilisateur de l'eau, l'augmentation de la population exige de plus en plus de nourriture, celle-ci peut être réalisée par l'extension des terres irriguées qui ont l'avantage de meilleure productivité.

L'irrigation a joué un rôle considérable pour l'augmentation de la production alimentaire au cours des dernières décennies, cependant son apport total reste inférieur à celui de l'agriculture pluviale.

Les superficies irriguées sont évaluées à 264 millions ha soit 17 % des 1,5 milliards ha de superficies cultivées dans le monde. Les superficies cultivables quant à elles sont estimées par la FAO (Food and Agriculture Organisation) à 4.2 milliards d'hectares. Ces 17 % assurent près de 40 % de la production alimentaire mondiale alors que les 60 % restants sont le produit de l'agriculture pluviale. Une petite superficie irriguée peut remplacer et produire autant qu'une plus vaste superficie en régime pluvial, de faible rendement.

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.26

La productivité des terres irriguées est trois fois supérieure à celle des terres cultivées non irriguées. Les surfaces les plus vastes sont indiquées dans le tableau (6)¹.

Tableau 6 : Superficies irriguées dans le monde

Pays	Surface irriguée (millions ha)	%
Chine	76	28,8
Inde	44	16,2
USA	25	9,6
Moyen Orient et Afrique du Nord	23	8,7
Pakistan	15	5,8
Amérique latine et Caraïbes	14	5,4
Afrique Subsaharienne	6	2,3
Autres pays	61	23,2
Total	264	100

Source : CHAREB-YSSAAD Ismahane, Gestion intégrée et économie de l'eau

La réutilisation des eaux usées², lorsqu'elle est correctement faite, peut être plus efficace que l'eau dans le domaine de l'agriculture pour une gestion durable. Les principaux avantages de la REUT pour l'agriculture sont :

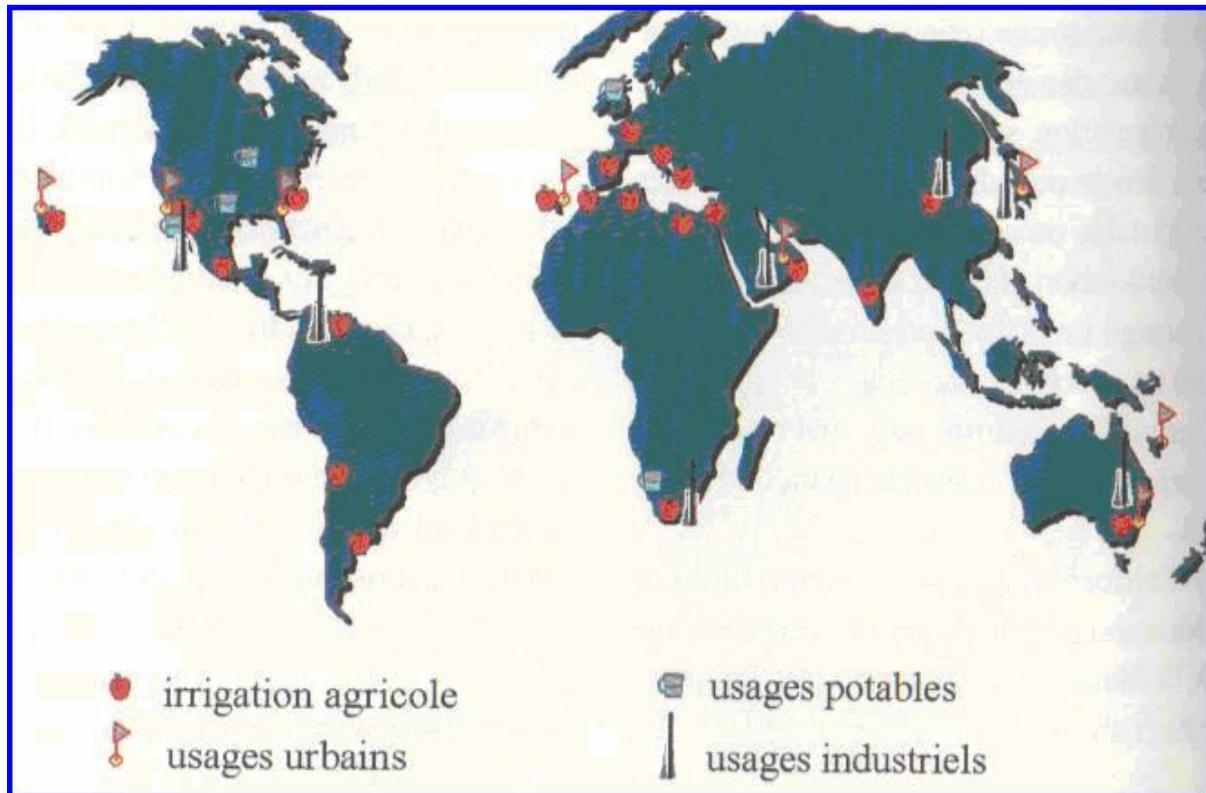
- Une conservation des ressources en eau douce en particulier dans les pays en pénurie d'eau.
- Un moyen d'éviter la pollution des eaux de surface sans toutefois déverser les eaux usées dans les plans d'eau.
- Un apport naturel en nutriments (notamment azote, phosphore et potassium), donc des besoins en engrais artificiels réduits.
- L'amélioration des caractéristiques physiques des sols grâce à l'apport de matières organiques : prévention de l'érosion.

¹ CHAREB-YSSAAD Ismahane, **Gestion intégrée et économie de l'eau**, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, p.4

² Séminaire International Sur La Réutilisation Des Eaux Usées Traitées Dans La Région Arabe Golden(2011), Edité par : GEB-Environnement.com, Publié au Maroc, p.35

Pour avoir une idée sur la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture, on va mettre en exergue cette alternative et sa réalisation partout dans le monde.

Figure N° 8 : Principaux lieux de réutilisation des eaux usées dans le monde



Source : TAMRABET Lahbib (2011)

En Inde, par exemple, environ 25% des eaux usées traitées sont utilisées en irrigation agricole (OMS, 1989) (plus de 73000 hectares des céréales et de maraichages).

Au Pakistan, les 80% de la communauté utilisent les eaux usées brutes dans la production agricole.

Au Canada, les eaux usées épurées sont réutilisées pour l'irrigation des productions agricoles non consommables si elles ne sont pas transformées.

Au Chili, 70% à 80% des eaux usées brutes sont utilisées en agriculture (OMS, 1989). En Argentine, l'important projet de Mendoza avec 160000 m³/j d'eau usée traitée est utilisé pour irriguer les forêts et diverses cultures.

En Tunisie, la réutilisation entre dans le cadre d'une politique nationale. Les eaux usées de Tunis sont utilisées depuis le début des années 60 pour l'irrigation des cultures de citrons. Ceci avait permis de sauver 600 hectares de cultures.

En Egypte, c'est une tradition très ancienne. La superficie a graduellement augmenté pour atteindre 4500 hectares. Le secteur de traitement et de réutilisation des eaux usées souffre de l'absence de stratégie et de politique claire de gestion ainsi que de règlement et des directives de réutilisation, ce qui limite l'efficacité des efforts d'abattement de la pollution.

Israël utilise 72% des eaux usées épurées pour l'agriculture.

L'Australie est l'un des continents les plus secs, et utilise les eaux usées pour l'irrigation des cultures, des prairies et des espaces verts. Ceci représente les 9% de ces eaux.

II.1.2 les différents systèmes de la réutilisation des eaux usées en irrigation.

La réutilisation des eaux usées en irrigation fait intervenir plusieurs et différents systèmes qui doivent être mis sur place pour que les buts tracés de EUT soient réalisés.

II.1.2.1 L'assainissement des eaux usées

Pour protéger la santé humaine et le milieu récepteur, on a recours à l'épuration de ces eaux. Ce processus d'épuration permet de réduire au minimum les microorganismes pathogènes, dans le milieu naturel et cela permet habituellement de diminuer les matières en suspension (MES), la matière organique biodégradable (DBO), le phosphore, l'azote et les métaux lourds.

C'est une condition nécessaire pour la réussite de leur réutilisation et leur intégration dans les projets de planification et de gestion des eaux.

II.1.2.2 Les Différentes Techniques D'irrigation

L'irrigation est le moyen de valoriser les eaux usées traitées en les appliquant sur des cultures pour améliorer la situation économique et sociale des populations locales.¹

Les techniques d'irrigation qui ont été développées à travers le temps ont largement évolué et fournissent des rendements importants alors que les volumes d'eaux consommés ont diminué de manière significative :

1. L'Irrigation par gravité

C'est la méthode la moins efficace mais la plus utilisée². C'est la plus répandue et ne nécessite pas une technicité du pratiquant. Elle utilise la gravité terrestre comme source d'énergie pour transporter l'eau de sa source vers les terres irriguées et ne nécessite donc aucun apport en énergie mécanique ou électrique, mais elle cause une perte d'eau par évaporation.

2. L'Irrigation par aspersion

Ce procédé plus moderne et plus efficace est répandu dans les pays développés car il nécessite une infrastructure permettant le transfert d'eau sous pression. L'eau est appliquée d'une manière identique à la pluie. Un réseau d'aspersion bien conçu permet une distribution uniforme de l'eau et la vitesse d'application ne favorise pas le ruissellement³.

Cependant, l'uniformité d'application d'eau par cette technique peut être modifiée en présence de vent. Le sel aussi peut s'accumuler dans ces eaux au niveau des feuilles, provoquer des brûlures et parfois même une défoliation.

¹ C. Brouwer, Méthodes d'irrigation, GESTION DES EAUX EN IRRIGATION, Manuel de formation n° 5, FAO 1990

² BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 23

³ Kessira M. Gestion de l'irrigation avec les eaux non conventionnelles, CIHEAM / EU DG Research Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 66, 2005, p. 210

Dans les régions chaudes, l'aspersion amplifie l'évaporation ce qui augmente la concentration des sels dans le sol et donc leur toxicité¹.

3. L'Irrigation au goutte à goutte

L'idée à la base de l'irrigation au goutte à goutte est que l'eau est nécessaire seulement à la plante et qu'il est inutile d'irriguer les espaces entre les plantes. L'eau est donc distribuée localement à très faible débit au niveau de chaque plante.

Les principaux avantages de l'irrigation au goutte à goutte sont l'augmentation du rendement des cultures, la réduction de pertes d'eau par évaporation, la réduction des quantités de fertilisants appliqués et la baisse de celles lessivées au-delà du système racinaire vers les nappes souterraines en participant à la réduction de la pollution et à la protection écologique.

II.1.2.3 Les cultures et les eaux épurées

La finalité de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation est la production agricole, rendue difficile voire impossible par les conditions climatiques et l'absence d'eau. Le choix des cultures à mettre en place est une condition nécessaire à la réussite de leur réutilisation².

II.1.2.4 Les Aspects Economiques et Financiers

Dans la plupart des pays, l'état prend en charge la mobilisation et la distribution de l'eau d'irrigation, tant que le secteur agricole ne peut pas encore en supporter les coûts. En effet, les périmètres irrigués par les eaux usées sont souvent

¹ BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 24

² BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 24

pénalisés par les coûts des adductions, des stations de pompage et des réservoirs de stockage nécessaires à la gestion des eaux usées¹.

En Tunisie par exemple, la mobilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation est moins chère que l'eau des barrages (ce coût varie 0.060 à 0.200 Dinars Tunisiens/m³).

L'avantage principal pour les agriculteurs utilisateurs réside dans le fait que l'eau usée épurée améliore la production des cultures irriguées. D'une manière générale, les avantages de la réutilisation des eaux usées sont considérables et réalisés sur la source d'eau (domestique), la valeur de la production agricole, la création d'emplois, les économies réalisées sur l'achat des engrais.

II.1.2.5 Les Lois Elaborées Pour Les EUT

Généralement, les lois élaborées dans ce domaine, si elles existent, sont inspirées de celles des pays développés et des normes de l'OMS qu'on va détailler ultérieurement dans le même chapitre. Celles-ci sont orientées dans le sens d'une restriction de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation. Ces lois rendent l'utilisateur et le consommateur méfiants vis à vis de cette eau réputée dangereuse.²

II.1.2.6 L'Acceptabilité Sociale et la Santé Humaine en Utilisant les EUT

En premier lieu, on doit parler de la santé humaine qui est à la base des normes de l'OMS. Il faut la prendre en compte dans tous les projets de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation. Il serait contradictoire de produire des aliments à une population en l'exposant à des risques d'infection par les agents pathogènes. Pour cela, tout projet de réutilisation des eaux usées traitées doit tenir compte de la santé humaine, aussi bien celle des travailleurs impliqués directement

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.25

² TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.26

dans l'irrigation ou de leur famille, que celle des consommateurs et des voisins des terres nouvellement irriguées.

En deuxième lieu, on doit mettre en exergue, l'acceptabilité sociale : l'image négative de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation, de par sa réputation d'être dangereuse, peut entraîner des rejets au niveau des agriculteurs, des consommateurs et des populations avoisinantes. L'acceptabilité sociale est un aspect important à considérer afin de favoriser la réussite du projet et d'assurer sa pérennité.

Enfin, il ne faut pas oublier l'agriculteur, lors des projets d'irrigation, il faut développer des mécanismes permettant la participation des agriculteurs aux choix et décisions pour assurer la réussite des projets. L'absence de leur participation est un des principaux défis dans la gestion de l'eau pour l'agriculture.

On peut dire, enfin que ces paramètres doivent être considérés comme des principes de bases pour la réussite d'un projet de REUSE et assurer sa pérennité.

On peut confirmer ce qu'on vient de dire à travers le questionnaire établi avec les agriculteurs en contact direct avec ces projets.

II.1.3 Critères de Qualité des Eaux Usées pour L'irrigation

II.1.3.1 La Salinité

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles¹.

On estime que la concentration en sels de l'eau usée excède celle de l'eau du réseau d'alimentation en eau potable de quelques 200 mg/l, sauf dans le cas de pénétration d'eaux saumâtres dans les réseaux d'assainissement ou lors de collecte

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.26

d'eaux industrielles. Cette augmentation n'est pas susceptible, à elle seule, de compromettre une irrigation.

On considère deux catégories de conséquences d'une salinité excessive de l'eau d'irrigation¹ :

- Les dommages causés aux sols et donc, indirectement, concernant les rendements cultureaux.

- Les dommages causés aux cultures.

Dans la plupart des pays, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est celle ayant la meilleure qualité disponible. Elle est habituellement de faible salinité. Cependant, s'il ya pénurie en 'eau, la salinité peut être un problème. La quantité et le type de sels présents sont importants pour savoir si l'eau usée traitée convient pour l'irrigation. Des problèmes potentiels sont liés à la teneur en sels totaux, au type de sel ou à la concentration excessive d'un ou plusieurs éléments.

II.1.3.2 La Salinisation

Les plantes et l'évaporation prélèvent l'eau du sol en y abandonnant une large part des sels apportés par l'eau d'arrosage; ce qui conduit à augmenter la salinité de l'eau du sol². La pression osmotique de l'eau du sol augmentant avec sa concentration en sels dissous, la plante consacre alors l'essentiel de son énergie non pas à se développer, mais à ajuster la concentration en sel de son tissu végétal de manière à pouvoir extraire du sol, l'eau qui lui est nécessaire.

II.1.3.3 Alcalinité

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation.

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.51

² BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.26

L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu.

Ce phénomène est lié à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR : Sodium Adsorption Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue suivant le niveau de salinité.

II.1.3.4 Sodisation

L'accumulation de sodium (sodisation) sur le complexe adsorbant des sols peut dégrader leurs propriétés physiques¹, leur capacité de drainage. Donc leur perméabilité conditionne la productivité des terres irriguées. Un excès de sodium par rapport aux alcalino-terreux (calcium, magnésium, ...) dans le complexe adsorbant provoque une défloculation des argiles, une déstructuration du sol qui se traduit par une réduction de la perméabilité et de la porosité des couches superficielles du sol.

L'eau d'irrigation stagne alors à la surface du sol et ne parvient plus jusqu'aux racines. D'autre part, à proportions égales de sodium et d'alcalino-terreux dans la solution, la tendance à la sodisation du sol est d'autant plus forte que la concentration en cations totaux dans la solution est plus élevée. Ainsi, les risques de sodisation relatifs à une eau d'irrigation sont caractérisés par deux paramètres : le SAR (Sodium Adsorption Ratio), qui rend compte du rapport entre les concentrations en sodium et en alcalino-terreux, et la conductivité de l'eau appliquée.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.28

II.1.3.5 Les fertilisants dans les eaux usées traitées

La concentration élevée en éléments fertilisants augmente la valeur agronomique des eaux usées. Toutefois, ces éléments nutritifs peuvent constituer un facteur limitant dans le cas d'un apport excessif lié à une concentration élevée ou à un apport d'eau usée important.

Les eaux usées urbaines contiennent beaucoup de nutriments (macronutriments N, P, K, Ca, Mg et micronutriments Fe, Zn, Cu, Mn...), qui sont essentiels à la nutrition des plantes. Cependant, la teneur nutritive de l'eau usée peut excéder les besoins de la plante et constituer ainsi une source potentielle de pollution des eaux de nappe. Elle peut également poser des problèmes liés à un développement végétatif excessif, qui retarde la maturité ou réduit la qualité des cultures irriguées. Il est donc nécessaire de considérer les nutriments présents dans l'effluent traité en tant qu'élément du programme global de fertilisation des cultures irriguées. À cet égard, l'analyse de l'eau usée est requise au moins une fois au début de la saison culturale.

➤ **L'azote**

Il joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. En effet, c'est le constituant numéro un des protéines qui sont les composés fondamentaux de la matière vivante. L'excès de N, par temps couvert et froid, entraîne l'accumulation des nitrates dans la plante. L'excès des nitrates dans le tissu végétal est néfaste pour la santé du consommateur (c'est le cas des légumes foliacés: laitue, céleri, épinards...)¹.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.30

La teneur en azote dans les eaux usées peut varier de 20 à plus de 100 mg/l, selon les usages et le traitement de l'effluent de ces eaux (FAO, 1992).

L'usage des eaux usées en irrigation peut faire craindre un excès d'apports azotés, qui se réfère d'une part aux tolérances de la végétation cultivée et, d'autre part, aux risques de pollution des nappes phréatiques sous-jacentes¹.

L'azote en quantité excessive peut, dans certaines mesures perturber des productions, retarder la maturation des cultures, abricots, agrumes, avocats, vigne par exemple, altérer leur qualité, et réduire la teneur en sucre des fruits ou des betteraves,...etc (Faby, 1997).

➤ **Le phosphore**

Cet élément joue les rôles suivants² : transfert d'énergie (ATP), transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques), photosynthèse et dégradation des glucides. C'est un élément essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité de la production et la maturation des graines³.

Dans l'eau usée après traitement secondaire, le phosphore varie de 6 à 15 mg/l (15-35 mg/l) à moins qu'un traitement tertiaire l'élimine. L'évaluation de P dans l'eau usée traitée devrait être réalisée en concomitance avec les analyses de sol pour les conseils de fumure (FAO, 2003).

Selon (FAO, 1992), l'effluent des eaux usées peut contenir 5 à 50 mg/l du phosphore, selon l'alimentation et l'usage de l'eau de la population locale. Pendant le prétraitement des eaux usées, et par infiltration à travers le sol, le phosphore organique est converti biologiquement en phosphate. Dans les sols calcaires à pH alcalin, le phosphate se précipite avec le calcium pour former

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.61

² Yéli Mariam SOU(2009), Recyclage des Eaux Usées en Irrigation : Potentiel Fertilisant, Risques Sanitaires et Impacts sur la Qualité des Sols, thèse de doctorat, soutenue à Lausanne, p.13

³ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.65

le phosphate du calcium. Dans les sols acides, le phosphate réagit avec le fer et les oxydes d'aluminium dans le sol pour former des composés insolubles.

Quelquefois, le phosphate est immobilisé initialement par adsorption au sol et revient lentement en formes insolubles, autorisant plus d'adsorption de phosphate mobile, etc. Dans les sables propres avec pH neutre, le phosphate peut être relativement mobile.

➤ **Le potassium**

Cet élément est très mobile dans la plante et est rapidement distribué dans les différents organes du végétal. Le potassium joue un rôle fondamental dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, l'organisation de la cellule, le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie de l'eau des plantes (régulation des stomates)¹. Le potassium est un élément de résistance des plantes au gel et à la sécheresse ; c'est un activateur du système enzymatique.

Il est essentiel pour le transfert des assimilés vers les organes de réserve (bulbes et tubercules). Dans toutes les conditions de stress, l'apport de K permet de corriger les perturbations éventuelles.

➤ **Le bore**

Cet élément joue un rôle très important pour les plantes puisqu'il intervient au niveau du métabolisme et du transport des glucides, il joue un rôle important au niveau de la formation et de la fertilité du pollen². Il participe à la synthèse des protéines, il a un rôle fondamental dans la résistance des parois cellulaires et favorise la fixation de N₂ atmosphérique chez les légumineuses.

¹ Yéli Mariam SOU(2009), Recyclage des Eaux Usées en Irrigation : Potentiel Fertilisant, Risques Sanitaires et Impacts sur la Qualité des Sols, thèse de doctorat, soutenue à Lausanne, p.14

² Yéli Mariam SOU(2009), Recyclage des Eaux Usées en Irrigation : Potentiel Fertilisant, Risques Sanitaires et Impacts sur la Qualité des Sols, thèse de doctorat, soutenue à Lausanne, p.17

Dans les eaux usées, le bore provient des lessives et des rejets industriels¹ à très faibles concentrations, il est indispensable à la croissance des végétaux, Ces besoins sont toujours largement couverts par les eaux usées ; mais lorsque sa concentration excède 1 mg/l, il peut être toxique pour les plantes les plus sensibles.

Pour certaines cultures, aucun engrais additionnel n'est nécessaire. Par contre, lorsque les engrais sont nécessaires, les eaux usées pourraient être la réponse pour obtenir un rendement élevé et de bonne qualité.

Cette quantité doit être prise en compte pour préparer le programme de fertilisation en fonction des besoins des cultures.

Les quantités en N, P et K appliquées par hectare avec une irrigation de 1000 mm d'eau usée ayant une concentration telle que montrée sur le (tableau 7). Évidemment, l'apport en nutriments dépend de la quantité totale d'eau usée appliquée.

Il est évident que pour avoir une efficacité nutritive élevée, l'irrigation devrait être basée sur les besoins des cultures en eau.

Tableau 7: Potentiel de fertilisation par l'eau usée

	N	P	K
Concentration en nutriments (mg/l)	40	10	30
Nutriments apportés annuellement par l'application de 10 000 m ³ d'eau/ha (1000 mm)	400	100	300

Dans l'hypothèse d'un taux d'application moyen annuel d'eaux usées épurées de 8 000 m³/ha, l'apport total en azote (N) est de 160 kg/ha/an et en phosphore (P) de 56 kg/ha/an. Une jeune plantation qui se développe rapidement peut exporter jusqu'à 120 à 150 kg de N/ha/an et environ 12 kg de P/ha/an.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.24

En termes de gestion des éléments nutritifs, l'irrigation avec des eaux usées épurées peut apporter en moyenne par mois en éléments fertilisants :

- azote : 55 kg par hectare,
- phosphore : 12 kg par hectare,
- potasse : 45 kg par hectare,
- magnésium : 60 kg par hectare.

De telles quantités d'engrais fournissent la totalité ou plus de N normalement requise pour certaines cultures ainsi qu'une grande partie du P et du K.

A cet égard, chaque culture doit être considérée séparément pour estimer les besoins en éléments fertilisants supplémentaires.

Dans certains cas, les nutriments dans l'eau usée peuvent être en quantité supérieure à ceux nécessaires à la croissance équilibrée des cultures et peuvent potentiellement stimuler une croissance excessive des parties végétatives des cultures plutôt que les fleurs et les graines.

Cela peut être un problème pour des cultures comme le tournesol, le coton et quelques fruits. En cas d'excès de nutriments, un système de culture et/ou un mélange appropriés d'eau usée traitée et de l'eau douce, pour réduire l'application de fertilisants, sont des méthodes conseillées (FAO, 2003).

La plupart des eaux usées traitées contiennent habituellement des concentrations adéquates en soufre, zinc, cuivre et autres micronutriments. Ces éléments jouent un rôle déterminant dans le métabolisme de la plante, essentiellement dans les réactions enzymatiques. Leurs rôles spécifiques se présentent comme suit :

Le cuivre : Stimule la germination et la croissance, renforce les parois cellulaires, catalyse la formation d'hormones de croissance, il joue un rôle essentiel dans la nitrification.

Le fer : Élément essentiel dans la formation de la chlorophylle, il a un rôle dans le transport d'oxygène (respiration), c'est un catalyseur de plusieurs enzymes, Le manque de fer disponible dans la plante entraîne un symptôme bien

connu et fréquent : la chlorose des feuilles, qui prennent alors une teinte jaune plus ou moins prononcée. La chlorose affecte la capacité photosynthétique de la feuille, ce qui freine la croissance et le développement de la plante entière.¹

Le manganèse : il permet de résister au gel, c'est un activateur du nitrate réductase. Il est considéré comme oligo-élément. Sa carence a des effets néfastes sur les plantes. Parmi les cultures sensibles aux carences de Mn, on trouve les céréales (blé, avoine), les cultures maraîchères et les légumineuses².

Le Zinc : A un rôle important dans la formation de plusieurs hormones de croissance et du développement des fruits.

II.2 La Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture en Algérie

Le secteur agricole, en moins de trente années a subi plusieurs réformes et restructurations qui ne lui ont pas permis d'exprimer les marges de productivité qu'il recèle en raison de multiples contraintes auxquelles il se heurte. La moyenne du taux de croissance du PIB pour 1990-2002 est de 2,2%, il est le plus bas des pays du Maghreb : le Maroc 2.6% et la Tunisie 4,627. Cela peut s'expliquer par les choix stratégiques de l'Algérie indépendante³.

La conséquence est l'importance du recours aux importations. Cependant, en dépit de ce faible taux de croissance, l'agriculture confirme son rôle stratégique en matière de contribution au PIB. En 2003, ses 9,7 % de part de la valeur ajoutée dans le PIB, lui confèrent la troisième place dans la sphère productive. Cette contribution s'est accrue de 4% par rapport à 2002.

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.72

² TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.73

³ ANSEUR Ouardia, Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie, P. 24

Dans son rapport sur l'Algérie, l'OCDE note une amélioration en 2002 et 2003 de la contribution du secteur agricole à la croissance globale. Il en est de même pour la valeur ajoutée agricole qui est passée de 322 milliards de DA à 548 milliards de DA au cours de la période 2000-2006 ; conférant au secteur une contribution au PIB de 8 % en moyenne annuelle. (Tableau 8).

Tableau 8 : Evolution des grands agrégats : 2000-2006 (en milliards de dinars)

Les Agrégats	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Valeur de la Production	359,1	421,1	419,1	528,9	624,0	647,0	668,0
Valeur Ajoutée Agricole	322 ,0	411,5	415,1	496,3	511,7	524,2	547,7
Valeur Ajoutée Globale	3360,0	3485,0	3645,4	4234,0	5027,2	6686,6	7133,0
Produit Intérieur Brut	4022,0	4241,8	4455,3	5124,0	6101,3	7518,9	8338,0

Sources : ANSEUR Ouardia , Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie

L'agriculture Algérienne se heurte à trois handicaps majeurs¹ :

 **Un handicap naturel** : tenant compte des spécificités climatiques et géographiques qui limitent territoires et productions agricoles. Les écosystèmes (Tell, Steppe et Oasis du sud) sont fragiles et des contraintes bioclimatiques s'organisent pour différencier fortement l'espace, dont la plus grande partie est marquée par l'influence d'un climat sec où l'aridité domine.

 **Un handicap social** : lié aux conditions d'émergence d'une paysannerie, l'instabilité politique, le statut du foncier agricole...

¹ ANSEUR Ouardia , Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie, p.36

 **Un handicap technique** : absence d'un modèle technique de référence pour les cultures adaptées aux contraintes de sol, de relief ou de climat.

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, elles sont de 550 m³/an par habitant. Cette moyenne est très faible comparée à la moyenne des pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord, qui est 1,250 m³ ou à la moyenne mondiale qui est de 7,500 m³. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare.

En parallèle, le nombre de stations d'épuration des eaux domestiques réalisées en Algérie est estimé à: 29 STEP, en exploitation, 22 STEP en réalisation, 11 STEP en cours d'étude de diagnostic pour la réhabilitation et 08 STEP en projet (Programme 2006-2009). En 2009, le nombre de STEP à travers le territoire national a atteint 102 STEP en exploitation, Soit un total de 176 stations actuellement. A cela s'ajoutent: 23 stations en cours d'étude dont 18 à boue activée et 5 stations de type lagunage.

La réutilisation des eaux usées brutes en agriculture, quoiqu' interdite par la loi est devenue une réalité. Selon Hartani (1998), 8% des terres irriguées, notamment en petite et moyenne hydraulique, reçoivent des eaux usées non traitées.

De ce fait de gros efforts sont à déployer à tous les niveaux aussi bien techniques, institutionnels, que règlementaires, pour améliorer le niveau d'utilisation avec le minimum de risques. La confrontation besoins-ressources en eau, à l'horizon 2013, fait apparaître un déficit important qui sera comblé par l'introduction des eaux usées traitées des périmètres agricole. Quatre projets totalisant une superficie 3 000 ha sont en cours de réalisation. Il s'agit :

1 - du périmètre d'Hennaya à partir de la STEP de Tlemcen (wilaya de Tlemcen) sur une superficie de 912 ha(représente notre périmètre d'étude et mise en service le 05 Novembre 2005).

2 Le périmètre de Dahmouni (wilaya de Tiaret) sur une superficie de 1214 ha.

3 Le périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la ville de Bordj Arreridj sur une superficie 350 ha.

4 et le périmètre d'irrigation à partir de la STEP de Hamma Bouziane à Constantine sur une superficie de 327 ha.

Des études sont en cours et portent sur trois projets totalisant une superficie de 9 000 ha. Ces projets concernent le périmètre d'irrigation de M'leta à partir de la STEP d'Oran sur une superficie de 8 100 ha, la STEP de la ville de Médéa sur une superficie de 255 ha et le périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la vallée d'Oued Saida sur une superficie de 330 ha.

II.2.1 Le Secteur Agricole En Algérie

Le secteur agricole Algérien regroupe l'agriculture, l'hydraulique agricole, les forêts et les pêches. Il se caractérise par la fragilité du potentiel physique (la surface agricole utilisée estimée à 8 458 680 ha en 2001), dont la majeure partie est soumise à un climat aride et semi aride. Ce qui constitue une menace pour les équilibres écologiques des différentes régions naturelles. La Surface Agricole Utile (SAU) par habitant n'a cessé de se dégrader, comme l'indiquent les données du Conseil national économique et social.

la SAU est occupée principalement par les cultures céréalières, qui représentent 57,49%, suivies des autres cultures : les légumes secs, les cultures maraîchères, l'arboriculture fruitière et la viticulture. Selon le recensement général de l'agriculture de 2001, l'occupation de la SAU s'établit comme indiqué au (Tableau 9).

Tableau 9 : Occupation de la SAU

Jachère	Arboriculture	Cultures maraichères et industrielles	Prairies naturelles
39,61%	6,39%	3,24%	0,31%

Source : ANSEUR Ouardia, Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie

II.2.2 Les Agriculteurs Et la Réutilisation des Eaux Usées

Dans le secteur agricole Algérien, les compétences liées à l'information sont limitées, c'est un facteur de frein majeur. Les agriculteurs en plus d'être producteurs, doivent avoir des compétences de gestion, s'impliquer davantage dans le processus de prise de décision¹. Ils doivent avoir toutes les informations qui touchent à l'agriculture et son entourage.

✓ Information Sur La Fertilisation

La situation dans le secteur agricole en Algérie se caractérise par un manque de bases de données et de publications sur le sujet, aussi, certains fertilisants ne sont connus que par les agriculteurs intégrés dans les programmes d'intensification des céréales et de la culture de la pomme de terre.

Les données permettront à l'agriculteur de gérer la fertilité du sol et de la plante, mais aussi de le sensibiliser quant à l'importance de la fertilisation dans l'augmentation des rendements. L'information également sera pour lui un moyen d'inscrire ses décisions dans une démarche professionnelle pour raisonner la fertilisation azotée et les autres éléments selon la logique qu'il aura choisie.

Un réseau d'information est mis en place par l'Institut technique des cultures maraichères et industrielles et l'Institut technique des grandes cultures, mais il ne touche qu'un nombre restreint de wilayat. Concernant la culture de la pomme

¹ Ouardia ANSEUR, Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie, P . 93

de terre, et certaines espèces arboricoles, des recommandations sur les doses à préconiser sont proposées par l'Institut technique des cultures maraîchères et industrielles et l'Institut technique de l'arboriculture et de la viticulture. Il reste que ces informations doivent atteindre l'ensemble des agriculteurs concernés par ces cultures.

✓ **Information sur la Lutte Contre les Maladies et Parasites**

Les parasites et maladies causent beaucoup de pertes économiques. Aussi, pour éviter ces problèmes, l'agriculteur doit accéder aux banques de données sur la protection des animaux et cultures ainsi que sur la lutte contre les maladies.

✓ **Information Sur Le Sol**

L'agriculteur doit accéder à l'information relative à la classification des sols de sa région pour optimiser ses cultures. Il doit pouvoir disposer de données sur la qualité des sols, la fertilisation, l'apport en engrais, la salinisation des sols, le mode de travail du sol ainsi que les équipements et machines utilisés dans les pays développés, les agriculteurs optent de plus en plus pour des pratiques culturales de conservation du sol, d'où la nécessité pour lui de connaître ces pratiques, et afin de simplifier les opérations de travail du sol.

✓ **Information Sur L'irrigation**

L'agriculteur est amené dans le cadre de ses activités à réfléchir sur un projet d'irrigation, sa mise en œuvre et la conduite des installations, aussi doit-il recourir aux données pour connaître l'intérêt et le risque de l'irrigation, afin de procéder au choix entre différentes solutions et la prise de décision. Les informations concerneront les différents systèmes d'irrigation existants, les usages de l'irrigation, le calendrier d'irrigation, le bilan hydrique, les besoins en eau des cultures et du sol pour mieux gérer sa production.

✓ **Informations Sur La Récolte Et Le Conditionnement**

Cette opération peut engendrer beaucoup de dégâts et de pertes au niveau de l'exploitation si l'agriculteur ne maîtrise pas le processus. Aussi, il doit avoir des informations sur les techniques de récolte pour éviter le gaspillage, et de se référer