

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية العليا للفلاحة - الجزائر  
Ecole Nationale Supérieure Agronomique  
El-Harrach - Alger

## Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en science  
Département : Génie rural

Option : Hydraulique Agricole

## Thème

**Impact de l'efficience d'utilisation, de la productivité de l'eau  
d'irrigation et du système tarifaire sur la valorisation et la  
durabilité du système d'exploitation des grands périmètres  
irrigués ; cas du périmètre de Guelma-Boucheougouf, Algérie**

Présentée par : **Abdelhak KEBIECHE**

Soutenue le : **22 Octobre 2025**

### Devant le jury :

Mr. HARTANI Tarik	Professeur ENSA - Alger	Président
Mr. MOUHOUCHE Brahim	Professeur ENSA - Alger	Directeur de thèse
Mr. MEDDI Mohamed	Professeur ENSH - Blida	Examineur
Mr. MEROUCHE Abdelkader	MCA Univ. - Ain Defla	Examineur

## Table des matières

<b>Introduction générale et problématique .....</b>	<b>19</b>
<b>PREMIERE PARTIE : Etude bibliographique.....</b>	<b>27</b>
<b>Chapitre. I : Aperçu général sur la situation des ressources en eau.....</b>	<b>28</b>
1.1.Introduction.....	28
1.2.L'eau et le changement climatique dans le monde.....	29
1.2.1.Problématique .....	29
1.2.2.Changement climatique et stress hydrique .....	30
1.3.Quelles actions pour surmonter les défis des changements climatiques ? .....	31
1.3.1.Problématique .....	31
1.3.2.Ressources en eau : un enjeu central pour le développement durable.....	32
1.3.3.L'eau et les ODD, quelles cibles de résultats ? .....	32
1.3.4.L'eau agricole et les cibles de résultats de l'ODD6 .....	34
1.3.5.Changements climatiques, pénurie de l'eau et augmentation de la demande .....	35
1.4.Contraintes et défis de la maîtrise de l'eau en Algérie .....	36
1.4.1.L'Algérie face à une problématique de ressources en eau limitées .....	36
1.4.2.Stress hydrique et demande d'eau en augmentation .....	37
1.4.3.Quelles mesures peut-on adopter pour remédier au déficit ?.....	39
1.5.Enjeux liés au développement de l'irrigation en Algérie .....	40
1.5.1.Problématique .....	40
1.5.2.Les principaux défis associés à l'expansion de l'irrigation en Algérie.....	42
1.5.3.L'agriculture irriguée et la stratégie adoptée pour relever le défi de l'eau d'irrigation en Algérie .....	42
1.5.4.Conclusion .....	45
<b>Chapitre II : L'eau et la production agricole .....</b>	<b>46</b>
2.1.Aperçu général .....	46
2.2.L'eau et la production agricole en Algérie, évolution et perspectives .....	47
2.2.1.Bref état des lieux sur l'eau et l'agriculture irriguée avant et après 1980.....	47
2.2.2.Réorganisation institutionnelle et gestion des grands périmètres irrigués.....	49
2.2.3.Aperçu de la relance de l'agriculture irriguée à travers les plans quinquennaux.....	51
2.2.4.L'Algérie opte pour une nouvelle approche de développement.....	52

2.2.5.Freins à l'irrigation : quels sont-ils ? .....	53
2.2.6.Situation des grands périmètres irrigués à la veille de l'adoption du Plan quinquennal 1990-1994 .....	53
2.3.La grande irrigation : stratégies et moyens pour surmonter le déficit .....	54
2.3.1.Problématique .....	54
2.3.2.Principales mesures d'adaptation aux nouvelles conditions économiques .....	55
<b>Chapitre III : Tarification de l'eau : un outil pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau en agriculture.....</b>	<b>64</b>
3.1.Les méthodes de tarification de l'eau d'irrigation.....	64
3.2.Problématique de la tarification de l'eau d'irrigation .....	65
3.3.Tarification de l'eau agricole en Algérie.....	65
3.3.1.Situation actuelle .....	65
<b>DEUXIEME PARTIE : Etude de la zone d'étude.....</b>	<b>67</b>
<b>Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>68</b>
4.1.Choix du lieu de déroulement de l'étude .....	68
4.2.Zone géographique .....	68
4.3.Ressources en eau d'irrigation .....	69
4.4.Caractéristiques climatiques.....	69
4.5.Développement hydro-agricole et évolution des ressources .....	70
<b>Chapitre V : Présentation du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf.....</b>	<b>73</b>
5.1.Cadre spatial du périmètre .....	73
5.2.Schéma de distribution de l'eau d'irrigation .....	74
5.3.Mise en valeur du périmètre et dotations en eau.....	74
5.3.1.Assolements préconisés par groupe de cultures.....	75
5.3.2.Évolution des assolements à Guelma-Boucheouf : de la planification initiale au développement actuel.....	76
5.3.3.Evolution des dotations en eau et taux d'irrigation durant les campagnes 2012 à 2022 .....	77
<b>TROISIEME PARTIE : Analyse et interprétation des résultats.....</b>	<b>80</b>
<b>Chapitre VI : Aperçu général sur les instruments de gestion du périmètre irrigué de Guelma Boucheouf .....</b>	<b>81</b>
6.1.Problématique .....	81
6.2.Gestion de l'eau d'irrigation dans le contexte actuel du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf .....	82

6.3.Évaluation des indicateurs de l'efficience d'utilisation et leur impact sur le niveau de performance du système irrigué.....	82
6.4.Données et mesures .....	83
<b>Chapitre VII : Calcul de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi) ....</b>	<b>85</b>
7.1.Objectifs et modes d'évaluation.....	85
7.1.1.Calcul de l'efficience globale du réseau E1 .....	86
7.1.2.Calcul de l'efficience d'utilisation à la parcelle E2 .....	87
7.1.3.Résultat de calcul de l'efficience d'utilisation de l'eau (EUEi).....	91
7.1.4.Interprétation des résultats.....	91
7.2.Conclusion .....	94
<b>Chapitre VIII : Évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf .....</b>	<b>95</b>
8.1.Introduction.....	95
8.2.Concepts d'évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation .....	95
8.3.Évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf .....	96
8.3.1.Reconstitution et collecte des données .....	96
8.3.2.Besoins en eau d'irrigation .....	97
8.3.3.L'intérêt de connaître les besoins en eau des cultures .....	97
8.3.4.La demande climatique et l'évapotranspiration .....	98
8.3.5.Quelques résultats de calcul de l'ETP dans la zone d'étude .....	101
8.4.Aperçu sur les valeurs estimées des besoins en eau d'irrigation dans le contexte de l'étude et choix des données d'analyse .....	101
8.4.1.Objectifs de mise en valeur du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf et besoins en eau d'irrigation .....	101
8.4.2.Approche d'évaluation de la productivité de l'eau .....	102
8.4.3.Résultats de calcul de la productivité de l'eau d'irrigation .....	105
8.5.Interprétation des résultats .....	105
8.5.1.Tomate industrielle .....	105
8.5.2.Pomme de terre .....	107
8.6.Conclusion .....	108
8.7.La valeur économique de production par unité d'eau d'irrigation .....	109
8.7.1.Introduction .....	109
8.7.2.Valorisation de l'eau d'irrigation à l'échelle des parcelles irriguées .....	109

8.7.3.Calcul des valeurs de production pour la tomate et la pomme de terre.....	110
8.8.Conclusion .....	113
<b>Chapitre IX : Tarification de l'eau d'irrigation et son impact sur la performance et la durabilité du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf .....</b>	<b>114</b>
9.1.Introduction.....	114
9.2.La tarification de l'eau d'irrigation, un instrument de gestion dans le périmètre irrigué de Guelma-Boucheougouf.....	114
9.3.Tarification actuelle et coût de revient du m <sup>3</sup> d'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf .....	115
9.3.1.Charges et produits d'exploitation .....	116
9.3.2.Calcul du coût de revient du m <sup>3</sup> d'eau d'irrigation.....	117
9.3.3.Démarche et données de calcul .....	117
9.3.4.Interprétation des résultats.....	119
9.4.Les frais d'énergie de pompage et leur impact sur le déséquilibre financier du périmètre de Guelma-Boucheougouf .....	121
9.4.1.Impact des frais d'énergie sur les charges et les recettes du périmètre	121
9.4.2.Redevance d'irrigation : coût à l'hectare irrigué.....	124
9.4.3.Impact des charges d'entretien sur les redevances d'eau d'irrigation ...	125
9.5.Conclusion :.....	127
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>129</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>133</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>149</b>

## Résumé

La présente étude s'intéresse à l'examen de l'impact des indicateurs de performance hydrauliques, agronomiques et économiques, sur l'utilisation et la gestion de l'eau d'irrigation au sein du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf (Nord-Est de l'Algérie). Elle estime également les effets de ces indicateurs sur la durabilité de l'exploitation de ce périmètre. Elle s'appuie sur l'analyse systématique des données techniques et financières liées à la gestion et l'exploitation du périmètre, mesurées et collectées sur terrain durant la période 2012–2022.

Elle se concentre sur l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi), la productivité de l'eau d'irrigation et la tarification de l'eau en vigueur, le tout examiné dans un contexte de stress hydrique causé par le changement climatique.

Les résultats obtenus révèlent un taux de l'EUEi moyen de 40,53 %, jugée insuffisante et impactée par des pertes importantes au niveau des réseaux d'adduction-distribution ( $E1 = 49\%$ ), malgré une efficacité à la parcelle relativement élevée ( $E2 = 82\%$ ), due en grande partie aux progrès enregistrés grâce à l'adoption des techniques économes en eau. L'étude quantifie également la productivité de l'eau pour les cultures de tomate industrielle et de pomme de terre. La valeur moyenne obtenue de  $16,24 \text{ kg/m}^3$ , soit  $61,57 \text{ L}$  d'eau pour produire  $1 \text{ kg}$  de tomate industrielle, est nettement améliorée comparativement à celle calculée entre 1996 et 2004. Quant à la pomme de terre, une productivité moyenne obtenue de  $6,12 \text{ kg/m}^3$  paraît plausible comparée à la norme moyenne indiquée par la FAO. Enfin, l'analyse de la tarification de l'eau met en évidence un déficit important, le tarif moyen en vigueur de  $2,57 \text{ DA/m}^3$  ne couvrant que  $23\%$  du coût de revient moyen du  $\text{m}^3$  d'eau, livrée en tête de parcelle calculé à  $11,08 \text{ DA/m}^3$ , dont les frais d'énergie de pompage représentent  $37,61\%$  des charges totales d'exploitation. De plus, les redevances issues de la tarification actuelle couvrent à peine  $61\%$  des frais d'énergie de pompage.

Les résultats de l'étude montrent la nécessité de faire appel à l'amélioration de la performance du système irrigué par la réduction des pertes de distribution et de parcours par le choix d'un mode de distribution approprié, et à l'introduction des techniques innovantes de la gestion de l'eau à la parcelle.

Même si la valorisation de l'eau dépend de nombreux facteurs, notre étude révèle une nette amélioration de cette valorisation avec l'augmentation des

rendements. Il existe encore une marge de manœuvre significative pour optimiser l'utilisation de l'eau dans le périmètre de Guelma-Boucheouf.

Aussi, il est supposé que la révision du système tarifaire en vigueur et l'intégration de techniques d'optimisation énergétique puissent contribuer à l'amélioration de la productivité de l'eau et assurer la durabilité économique et environnementale du périmètre.

**Mots clés :** Eau d'irrigation, efficience, périmètres irrigués, Guelma-Boucheouf, productivité de l'eau, valorisation du m<sup>3</sup> d'eau, tarification de l'eau agricole, énergie de pompage, Algérie.

## Abstract

This study analyses the impact of hydraulic, agronomic, and economic performance indicators, in interaction with the governance mode, on the performance and use of irrigation water in Guelma-Boucheougouf irrigated area (northeastern Algeria) and the effect of these interactions on the sustainability of its operation. It consists of the systematic analysis of measurable technical and financial data collected in the field over the period 2012-2020, namely irrigation water use efficiency (EUEi), irrigation water productivity, and current pricing, in a context of water stress linked to climate change. The results obtained reveal an average EUEi rate of 40.53 %, considered insufficient and impacted by significant losses in the supply and distribution networks ( $E1 = 49 \%$ ), despite a relatively high efficiency per plot ( $E2 = 82 \%$ ) due to progress made through the adoption of water-saving techniques. The study also quantifies water productivity for industrial tomato and potato crops; the average value obtained of  $16.24 \text{ kg/m}^3$ , or 61.57 L of water to produce 1 kg of industrial tomato, is significantly improved compared to that calculated between 1996 and 2004. As for potatoes, an average productivity of  $6.12 \text{ kg/m}^3$  appears acceptable compared to the average standard indicated by the FAO. Finally, the analysis of water pricing highlights a significant deficit, with the average rate ( $2.57 \text{ DA/m}^3$ ) covering only a fraction of the cost price per cubic meter of water delivered to the head of the plot ( $11.08 \text{ DA/m}^3$ ), due in particular to the high cost of pumping energy, which represents 37.61% of total operating expenses. Furthermore, fees from the current pricing system barely cover 61% of pumping energy costs. The analysis of the results calls for improving the performance of the irrigation system by reducing distribution and flow losses through the choice of an appropriate distribution method and the introduction of innovative field-based water management techniques. Although water efficiency is improving with yields, there is still room for improvement in rational water use. An adaptation of the pricing system and the integration of energy optimization techniques are also necessary to ensure the economic and environmental sustainability of the area.

**Keywords:** irrigation water, efficiency, irrigated areas, Guelma-Boucheougouf, water productivity, water recovery per cubic meter, agricultural water pricing, pumping energy, Algeria.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تأثير مؤشرات الأداء الهيدروليكية والزراعية والاقتصادية، بالتفاعل مع نمط التسيير، على أداء واستغلال مياه السقي في المحيط المسقي قالمة-بوشقوف (شمال شرق الجزائر)، وكذا تأثيرها على استدامة استغلالها. هذه الدراسة تعتمد على التحليل المنهجي للمعطيات التقنية والمالية الميدانية القابلة للقياس، وهي مستوى كفاءة استخدام مياه الري (EUEi)، وإنتاجيتها، ونمط تسعيرة مياه السقي المعمول بها، للفترة الممتدة من 2012 إلى 2022 في سياق الإجهاد المائي المرتبط بتغير المناخ. تكشف النتائج التي تم الحصول عليها عن متوسط معدل EUEi قدره 40.53 %، ويعتبر غير كاف ومتأثر بضياح كمية معتبرة من المياه على مستوى شبكات النقل والتوزيع ( $E1 = 49\%$ )، على الرغم من الكفاءة المعتبرة على مستوى الحقل ( $E2 = 82\%$ ) بسبب اعتماد تقنيات توفير المياه. تحدد الدراسة كذلك إنتاجية المياه بالنسبة لمزروعات الطماطم الصناعية والبطاطا، وهنا لاحظنا تحسن متوسط الانتاجية التي تم الحصول عليها والبالغ 16.24 كجم/م<sup>3</sup>، أي 61.57 لترا من الماء لإنتاج 1 كيلوغرام من الطماطم الصناعية، مقارنة بالقيمة المحسوبة بين عامي 1996 و2004. أما بالنسبة لزراعة البطاطا، فإن متوسط الإنتاجية البالغ 6.12 كجم/م<sup>3</sup> يبدو مقبولا مقارنة بالمعيار الذي أشارت إليه منظمة الأغذية والزراعة العالمية. وأخيرا، من خلال دراسة تسعيرة المياه المطبقة، نستخلص وجود عجز كبير في تغطية تكلفة تسيير واستغلال المتر المكعب من المياه، حيث لا يساهم متوسط التسعيرة والمقدر بـ 2.57 دج/متر مكعب إلا في تغطية جزء بسيط من التكلفة الفعلية للمتر المكعب من المياه الموفرة على مستوى الحقل (11.08 دج/متر مكعب)، متأثرة بالخصوص بالتكاليف العالية لطاقة الضخ التي تشكل 37.61% من إجمالي تكاليف الاستغلال والتسيير. بالإضافة إلى ذلك، تغطي المداخل من التسعيرة الحالية 61% من تكاليف الطاقة التي يتم استعمالها. يدعو تحليل النتائج إلى تحسين أداء نظام الري من خلال تقليل ضياح المياه على مستوى النقل والتوزيع من خلال اختيار طريقة توزيع مناسبة، وكذا إدخال تقنيات مبتكرة لإدارة المياه على مستوى الحقل. رغم التحسن الملاحظ في استعمال مياه السقي المرتبط بتحسين المحصول، لا يزال هناك مجال لترشيد وتحسين فعالية استعمال المياه في مجال السقي. ومن الضروري أيضا تكيف منظومة التسعيرة المتبعة وإدخال تقنيات تحسين استخدام الطاقة لضمان الاستدامة الاقتصادية والبيئية للمحيط المسقي.

**الكلمات المفتاحية:** مياه السقي، الكفاءة، المحيط المسقي، قالمة بوشقوف، إنتاجية المياه، تئمين المتر المكعب من المياه، تسعيرة مياه السقي، طاقة الضخ، الجزائر.