

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

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mon directeur de thèse, le professeur Brahim MOUHOUCHE, dont l'expertise et les précieux conseils ont guidé ce travail. Je remercie également et chaleureusement les membres du jury : Le professeur HARTANI Tarik, directeur général de l'ENSA, pour l'honneur de présider ce jury, le professeur MEDDI Mohamed de l'ENSH et le Dr. MEROUCHE Abdelkader maître de conférences à l'université de Khemis Miliana pour leur aimable examen de ce manuscrit.

Mes remerciements s'adressent également à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce projet par leurs idées, informations ou conseils.

Un immense merci à ma famille, petite et grande, pour leur soutien et leurs encouragements constants. Je suis particulièrement reconnaissant envers mon frère aîné, le professeur Mohamed KEBIECHE de l'université de Batna 2, pour son soutien, ses conseils et ses encouragements qu'il m'a prodigués.

À mon adorable ingénieur BOUCHRA pour sa vive contribution dans l'élaboration du présent document.

Enfin, je remercie mes amis et mes collègues pour leur soutien et leurs diverses contributions tout au long de ce parcours.

Dédicace

*À la mémoire de mon père (Rahimaho Allah), que son héritage vit en moi
dans les valeurs qu'il m'a transmises.*

*À ma mère, l'héroïne qui a tout sacrifié pour notre éducation,
que Dieu la bénisse et nous la garde.
À toute ma famille, petite et grande.*

Je dédie cet humble travail

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 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 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-Bouchehouf.

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-Bouchehouf, productivité de l'eau, valorisation du m³ 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 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 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 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 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 قالة 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/م³، أي 61.57 لترا من الماء لإنتاج 1 كيلوغرام من الطماطم الصناعية، مقارنة بالقيمة المحسوبة بين عامي 1996 و 2004. أما بالنسبة لزراعة البطاطا، فإن متوسط الإنتاجية البالغ 6.12 كجم/م³ 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 تكييف منظومة التسعيرة المتبعة وإدخال تقنيات تحسين استخدام الطاقة لضمان الاستدامة الاقتصادية والبيئية للمحيط المسقي.

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

Table des matières

Introduction générale et problématique	19
PREMIERE PARTIE : Etude bibliographique.....	27
Chapitre. I : Aperçu général sur la situation des ressources en eau.....	28
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.Constraints 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
Chapitre II : L'eau et la production agricole	46
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
Chapitre III : Tarification de l'eau : un outil pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau en agriculture.....	64
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
DEUXIEME PARTIE : Etude de la zone d'étude.....	67
Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude.....	68
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
Chapitre V : Présentation du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf.....	73
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
TROISIEME PARTIE : Analyse et interprétation des résultats.....	80
Chapitre VI : Aperçu général sur les instruments de gestion du périmètre irrigué de Guelma Boucheouf	81
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
Chapitre VII : Calcul de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi)	85
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
Chapitre VIII : Évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf.....	95
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-Bouchehouf	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-Bouchehouf 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
Chapitre IX : Tarification de l'eau d'irrigation et son impact sur la performance et la durabilité du périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf	114
9.1.Introduction.....	114
9.2.La tarification de l'eau d'irrigation, un instrument de gestion dans le périmètre irrigué de Guelma-Bouchehouf.....	114
9.3.Tarification actuelle et coût de revient du m ³ d'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf	115
9.3.1.Charges et produits d'exploitation	116
9.3.2.Calcul du coût de revient du m ³ 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-Bouchehouf	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
Conclusion générale	129
Références bibliographiques	133
Annexes.....	149

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Illustration des cibles de résultats selon l'objectif de développement durable numéro 6, adoptées par l'ONU en 2015.....	33
Tableau 2 : Quelques exemples des réalisations de projets structurants rentrant dans le cadre de l'évaluation des atteintes de l'ODD6 en Algérie	34
Tableau 3 : Evolution du taux d'utilisation des systèmes d'irrigation en fonction de la superficie irriguée en Algérie sur la période 2000-2008.....	43
Tableau 4 : Evolution des superficies équipées et irriguées à l'hectare en Algérie de 1962 à 1986, y compris l'irrigation par épandage des crues.....	48
Tableau 5 : Evolution comparative des superficies équipées et irriguées à l'hectare en Algérie de 1967 à 1980.....	48
Tableau 6 : Situation des superficies équipées et irrigables dans les GPI de l'Algérie en 1990 et modes d'irrigation pratiqués	54
Tableau 7 : Situation des superficies irrigables et irriguées dans les GPI de l'Algérie en 1992 et taux d'utilisation du potentiel irrigable	56
Tableau 8 : Exemples de pertes en superficie enregistrées dans quelques GPI d'Algérie durant la période 1992-2002.....	60
Tableau 9 : Impact des redevances d'irrigation et du déficit hydrique sur les finances des OPI régionaux : Campagne 2002.....	61
Tableau 10 : Objectif de superficie irriguée projetée pour l'année 2020	63
Tableau 11 : Tarification de l'eau d'irrigation dans les grands périmètres irrigués (GPI) d'Algérie en 2025	66
Tableau 12 : Répartition des terres agricoles de la zone d'étude	71
Tableau 13 : Cadre spatial du périmètre Guelma-Boucheougouf	74
Tableau 14 : Modulation des volumes d'eau d'irrigation distribuée et superficies irriguées : Campagnes 2012-2022 pour l'irrigation	78
Tableau 15 : Evolution de l'efficacité globale (E1) du réseau en pourcent du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf : Campagnes 2012-2022.....	87
Tableau 16 : Evaluation du taux d'utilisation des modes d'irrigation en pourcent des superficies irriguées dans le périmètre Guelma-Boucheougouf : Campagnes 2012-2022.....	89
Tableau 17 : Evaluation de l'efficacité à la parcelle (E2) en pourcent dans le périmètre Guelma-Boucheougouf : Campagnes 2012-2022.....	90

Tableau 18 : Evaluation de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi) en pourcent dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022.....	91
Tableau 19 : Evolution du rendement moyen des cultures de tomate industrielle et de pomme de terre dans la zone d'étude entre 2010 et 2020.....	97
Tableau 20 : Valeurs retenues des besoins moyens en eau des cultures de tomate industrielle et de pomme de terre	102
Tableau 21 : Evolution des superficies irriguées et occupation des sols par culture dans le périmètre Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022	103
Tableau 22 : Taux de satisfaction des demandes de dotation en eau d'irrigation du périmètre Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022.....	104
Tableau 23 : Evaluation de la productivité de l'eau d'irrigation des cultures de tomates et de pomme de terre dans le périmètre Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022	105
Tableau 24 : Evolution mensuelle du prix de détail de la pomme de terre et du prix à la livraison aux usines de la tomate industrielle : Année 2024.....	110
Tableau 25 : Valeur économique (de production) moyenne du m ³ d'eau d'irrigation de la tomate industrielle et de la pomme de terre : Campagne 2024.....	111
Tableau 26 : Tarification actuelle (2025) dans le périmètre irrigué	115
Tableau 27 : Evolution des charges d'exploitation et redevances des ventes d'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022.....	116
Tableau 28 : Evaluation du coût de revient du m ³ d'eau d'irrigation au niveau du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2021.....	118
Tableau 29 : Exemples du tarif de l'eau d'irrigation appliqué dans quelques pays méditerranéens selon le taux de change à Janvier 2025.....	120
Tableau 30 : Evolution des frais d'énergie et leur impact sur le déséquilibre financier de l'organisme de gestion du périmètre Guelma-Boucheouf : Exercice 2012-2022.....	122
Tableau 31 : Evolution des volumes pompés en m ³ et frais d'énergie de pompage dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2021	123

Liste des Figures

Figure 1 : Evolution de la température moyenne mondiale de 1850 à 2019.....	29
Figure 2 : Tendence du taux d'irrigation au sein des grands périmètres irrigués (GPI) sur la période 2012-2023.....	41
Figure 3 : Tendence de la satisfaction des besoins en eau d'irrigation au sein des grands périmètres irrigués (GPI) sur la période 2012-2023.....	41
Figure 4 : Evolution du taux d'utilisation des systèmes d'irrigation en fonction de la superficie irriguée en Algérie sur la période 2000-2008.....	44
Figure 5 : Evolution des nouvelles superficies équipées (Algérie, 2001-2022).....	45
Figure 6 : Rendements et besoins en eau de l'agriculture irriguée et pluviale pour la production céréalière	46
Figure 7 : Répartition de la surface agricole utile (SAU) selon les différentes filières de production en Algérie en 1992	50
Figure 8 : Taux de répartition de la SAU par filière de production agricole en Algérie en 1992.....	51
Figure 9 : Le déficit pluviométrique moyen (mm) évalué dans certaines régions de l'Algérie durant la période 1992-2002	60
Figure 10 : Situation géographique de la zone d'étude.....	68
Figure 11 : Moyennes annuelles des précipitations et des températures enregistrées à la station météorologique de Guelma sur la période 1990-2020.....	69
Figure 12 : Diagramme climatique ombrothermique de Gaussen pour la région de Guelma sur la période 1990-2020	70
Figure 13 : Rendement moyen des cultures avant et après l'aménagement du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf.....	71
Figure 14 : Plan général du périmètre Guelma-Boucheouf	73
Figure 15 : Assolement préconisé par l'étude de mise en valeur du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf.....	75
Figure 16 : Evolution de l'assolement réalisé à l'hectare dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagne 2012-2022, ...	76
Figure 17 : Taux actuels d'occupation des sols comparés à l'assolement préconisé en pourcent : Campagnes : 2012-2022	77
Figure 18 : Evolution de la dotation en eau d'irrigation du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022	83

Figure 19 : Taux d'irrigation des terres irrigables dans le périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf : Campagnes 2012-2022	84
Figure 20 : Evolution de l'efficience globale (E1) du réseau en pourcent, du périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf : Campagnes 2012-2022.....	87
Figure 21 : Evaluation de l'efficience à la parcelle (E2) en pourcent, du périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf : Campagnes 2012-2022.....	90
Figure 22 : Evaluation de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi) dans le périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf : Campagnes 2012-2022.....	93
Figure 23 : Taux d'occupation annuel du périmètre irrigué par la tomate industrielle et la pomme de terre (2012-2022)	104
Figure 24 : Evaluation de la productivité de l'eau d'irrigation des cultures de tomate industrielle et de pomme de terre : Campagnes 2012-2022	105
Figure 25 : Valeur économique (de production) moyenne du mètre cube d'eau d'irrigation de la tomate industrielle et de la pomme de terre : Campagne 2024.	111
Figure 26 : Evaluation du coût de revient du m ³ d'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf : Campagnes 2012-2021.....	119
Figure 27 : Evolution des frais d'énergie, des charges totales d'exploitation et des redevances de vente d'eau : Campagnes 2012-2022.....	122
Figure 28 : Evaluation du taux de contribution des frais d'énergie de pompage dans le coût de revient global : Campagnes 2012-2021.....	123
Figure 29 : Evolution de la masse salariale du personnel de l'unité d'exploitation de 2006 à 2024 en KDA	124
Figure 30 : Evaluation de la redevance à l'hectare générée par la tarification en vigueur du périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf : Campagne 2012-2022	125
Figure 31 : Evolution des charges d'entretien du périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf et leur impact sur les redevances d'eau d'irrigation : Campagnes 2012-2022	126

Sigles et abréviations

ABH :	Agence de Bassin Hydrographique
AEC :	Algerian Energy Company
AEP :	Alimentation en Eau Potable
AGID :	Agence de Réalisation et de Gestion des Infrastructures pour l'Irrigation et le Drainage
AGIRE :	Agence de Gestion intégrée des ressources en eau
AQUASTAT :	Système mondial d'information de la FAO sur l'eau et l'agriculture
ANBT :	Agence Nationale des Barrages et des Transferts
ANRH :	Agence Nationale des Ressources en Hydriques
BNEDER :	Bureau National des Etudes pour le Développement Rural
C.I.EAU :	Centre d'Information sur l'Eau
CE :	Commission Européenne
CIID :	Commission Internationale de l'Irrigation et Drainage
CNESE :	Conseil National Economique, Social et Environnemental
CNULCD :	Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la désertification
CRSTRA :	Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides
DAS :	Domaines Agricoles Socialistes
DHW :	Direction de l'Hydraulique de Wilaya
DRE :	Direction des Ressources en Eau
DSA :	Direction des Services Agricoles
EPIC :	Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial
ETm :	Evapotranspiration moyenne
ETP :	Evapotranspiration potentielle
ETr :	Evapotranspiration réelle
EUEi :	Efficience d'Utilisation de l'Eau d'Irrigation
FAO :	Food and Agriculture Organization
FIDA :	Fond International des nations unies pour le Développement Agricole
GIEC :	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
GPI :	Grand Périmètre Irrigué
INSEE :	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IPCC :	Intergovernmental Panal on Climate Change
ITCMI :	Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles
JORADP :	Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire

Kc :	Coefficient cultural
PMH :	Petite et Moyenne Hydraulique
MADRP :	Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche
MAE :	Ministère des Affaires Etrangères
MEER :	Ministère de l'Environnement et Energie Renouvelable
MENA :	Middle East and North Africa
MEQV :	Ministère de l'Environnement et de la Qualité de la Vie
MPAT :	Ministère de la Planification et de l'Aménagement du Territoire
MRE :	Ministère des Ressources en Eau
NOAA :	National Oceanic and Atmospheric Administration
ODD :	Objectifs de Développement Durable
OiEau :	Office International de l'Eau
ONID :	Office National de l'Irrigation et du Drainage
ONM :	Office National de Météorologie
ONS :	Office National des Statistiques
ONU :	Organisation des Nations Unies
OPI :	Office des Périmètres Irrigués
PNDAR :	Plan National de Développement Agricole et Rural
PNE :	Plan National de l'Eau
SAU :	Superficie Agricole Utile
SDAE :	Système de Distribution et d'Alimentation en Eau
SDEM :	Station de Dessalement de l'Eau de Mer
SDES :	Service des Données et Etude Statistiques
SOGRéAH :	Société Grenobloise d'Études et d'Applications Hydrauliques
UNESCO:	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNSDG :	United Nations Sustainable Development Group
WB :	World Bank
WRI :	World Resources Institute

Introduction générale et problématique

Introduction générale et problématique

Selon le CIEAU en 2021, Kuzma et al. en 2023, ainsi que le World Resources Institute en 2019, l'Algérie figure parmi les 30 pays les plus exposés au stress hydrique. D'après une étude effectuée par le World Resources Institute en août 2023, qui évalue les pays selon leur degré de stress hydrique (de 0 à 100 %), l'Algérie se positionne dans une région à fort stress hydrique, entre 40 et 80 %. Par ailleurs, selon le critère de rareté établi par la Banque mondiale à 1000 m³/hab./an, l'Algérie est l'un des pays pauvres en ressources en eau, avec une ration par habitant et par an de moins de 300 m³/habitant/an (FAO, 2019), 400 m³/hab./an (AGIRE, 2024).

En termes de stress hydrique, et en tenant compte des valeurs seuils de 500, 1000 et 1700 m³/hab./an (Falkenmark et Widstrand, 1992 ; ONU, 2006), le pays est confronté à une pénurie d'eau absolue, sachant que les potentialités des ressources en eau mobilisables sont estimées à 18 milliards de m³ (AGIRE, 2024), dont 5 milliards en ressources souterraines non renouvelables localisées en totalité dans le sud du pays (Mozas & Ghosn, 2013). La ration en eau par habitant est passée de 1500 m³/hab./an en 1962 à 361 m³/hab./an en 2004 et à moins de 500 m³/hab./an en 2012 (CNESE, 2021 ; Mouhouche, 2012). Le volume total moyen mobilisé par année est de près de 11,2 milliards de m³, dont 7,3 milliards de m³ sont consacrés à l'agriculture, soit près de 65 % (MRE, 2021).

En tant que principal consommateur d'eau (environ 70 %), le secteur agricole subit de manière significative les impacts du changement climatique. Cela entraîne une réallocation significative de ces ressources vers la consommation humaine, diminuant fortement les zones irriguées et donc la production agricole sous irrigation.

Ce phénomène est observé particulièrement dans les grands périmètres irrigués (GPI), où le taux de satisfaction des besoins en eau d'irrigation a connu une chute spectaculaire : passant de 92 % en 2013 à 65 % en 2018, pour atteindre un niveau alarmant de 34 % en 2023 (ONID, 2023).

L'Algérie connaît une croissance démographique significative, estimée par l'Office National des Statistiques (ONS), à 1,85 % en 2019-2020, prévoyant ainsi que la population atteindra près de 50 millions d'habitants d'ici 2030. Cette expansion démographique entraînera des besoins supplémentaires en ressources hydriques, selon diverses études (Mouhouche, 2012 ; Bounab, 2017 ; Akli, 2023), cette demande est estimée entre 15 et 18 milliards de m³/an.

Cette situation mettra au défi le pays, face aux besoins croissants, accentués par la croissance démographique, et le développement des activités socio-économiques, notamment l'agriculture.

En effet, le secteur agricole à lui seul aura besoin en moyenne de 12 milliards de m³/an, pour satisfaire les besoins d'irrigation de 2 millions d'hectares irrigués projetés (Guergueb et Ferhat, 2021).

Pour réduire l'écart entre une offre en baisse et une demande sans cesse croissante de ses ressources hydriques mobilisées, l'Algérie mise depuis plus de vingt-cinq ans sur la stratégie de mobilisation de nouvelles ressources supplémentaires. En dépit des efforts consentis pour réduire les pertes en eau, le pays s'est remarquablement engagé à investir dans la mobilisation de ressources non conventionnelles.

Le secteur hydro-agricole a bénéficié de programmes de réhabilitation des infrastructures d'irrigation et d'incitations à l'adoption de systèmes d'irrigation économes en eau. L'objectif est d'augmenter l'offre en eau d'irrigation, en passant d'environ 7 milliards de m³ (estimation du Ministère des ressources en eau) à 12 milliards de m³ d'ici 2030 (MRE, 2023).

Il s'agit donc de combiner la gestion rationnelle des ressources existantes et le développement de nouvelles sources d'eau pour assurer la sécurité hydrique du pays, en particulier pour l'agriculture irriguée, par des mesures d'incitation à l'adoption des systèmes économes en eau d'irrigation.

Bien que des efforts considérables aient été consentis, l'augmentation des terres irriguées demeure modeste, notamment au sein des 42 principaux périmètres irrigués (GPI) actuellement exploités. Sur les neuf dernières années, moins de 80 000 hectares ont été irrigués, ce qui ne représente que 43 % du potentiel irrigable total de ces GPI (ONID, 2023). Cette situation est de plus en plus compromise par des quantités d'eau d'irrigation insuffisantes et par d'importantes pertes au niveau des réseaux de distribution. Les données d'exploitation révèlent que le volume d'eau moyen distribué (365 millions de m³) est loin de satisfaire aux besoins estimés à 717 millions de m³, indiquant un taux de satisfaction inférieur à 40 %.

Les contraintes climatiques et la faible performance des systèmes d'irrigation aggravent davantage cette situation, d'où la nécessité d'améliorer l'efficacité de la gestion de l'eau dans les GPI.

En dépit des progrès réalisés, et en vue de sécuriser l'alimentation de la population, l'Algérie doit multiplier les efforts dans l'optimisation de l'utilisation de ses ressources en eau. Les efforts significatifs déployés à travers la construction de barrages, de stations de dessalement et d'épuration (Djaffar et Kettab, 2018 ; Drouiche et al., 2012), n'ont pas suffi à assurer l'équilibre, notamment dans les régions les plus impactées par les effets du changement climatique (Nichane et Khelil, 2015).

La qualité et la quantité des ressources en eau en Algérie sont affectées par les effets du changement climatique. Cela constitue la principale préoccupation des décideurs, qui se retrouvent face à un double défi : répondre aux besoins actuels et garantir la sécurité hydrique des générations futures. Il est impératif donc de réorienter tous les efforts vers une gestion optimisée de la demande, selon une approche basée sur le principe d'utilisation rationnelle et intelligente d'une ressource de plus en plus rare. L'exploitation durable de cette ressource est devenue ainsi une priorité absolue et doit être placée au cœur des préoccupations liées au développement. En d'autres termes, l'Algérie reconnaît la nécessité de passer d'une logique d'offre à une logique de demande, en encourageant les pratiques économes en eau et en adoptant des technologies innovantes pour assurer la pérennité de ses ressources hydriques.

Il est évident donc que la politique de gestion de l'offre (Benblidia, 2011) adoptée pendant une longue période a permis au pays de pouvoir assurer une disponibilité en eau nécessaire pour répondre aux besoins des principaux utilisateurs, notamment les ménages, l'irrigation et l'industrie. Néanmoins, cette stratégie a atteint ses limites en raison de son coût élevé en dépenses publiques (Oulmane et Frija, 2017), de l'état avancé de vétusté des réseaux hydrauliques et de l'inefficacité de l'irrigation dans les grands périmètres (Benblidia et Thivet, 2010).

Cela a donné lieu à une pression de plus en plus croissante sur la ressource en eau, accentuée par l'accroissement rapide de la population en passant de 25,022 millions d'habitants en 1990 à 35,9 en 2010 et à 46,7 millions en 2024 (ONS, 2024), ajouté à cela le développement de l'urbanisation et l'élévation du niveau de vie.

Face à la situation actuelle, les autorités algériennes ont intégré la gestion de la demande (Baroudy et al., 2005) dans la gouvernance de l'eau, comme le stipule le Plan National de l'Eau (PNE). Cette stratégie vise à moduler l'évolution de la demande en eau et repose sur plusieurs piliers : la réduction des fuites et du

gaspillage, l'encouragement aux équipements économes en eau pour une meilleure efficience, la sensibilisation à une productivité élevée de l'eau via la maîtrise des techniques d'irrigation, et enfin, une tarification adaptée pour équilibrer les produits et les charges de gestion des systèmes irrigués, assurant ainsi leur durabilité.

L'irrigation joue un rôle crucial, voire indispensable, dans le développement agricole des zones arides et semi-arides (Gottmann, 1939). Elle permet d'accroître la production alimentaire et constitue un outil essentiel pour atténuer les effets des variations des précipitations (UNESCO, 2003).

Par conséquent, une gestion efficace et efficiente de l'irrigation est primordiale, en minimisant le gaspillage et les coûts. L'utilisation optimale de l'eau d'irrigation est un pilier de l'hydraulique agricole, car elle contribue à améliorer la productivité de l'eau (FAO, 2003), à augmenter les rendements agricoles et à assurer la durabilité des ressources en eau disponibles.

En parallèle aux efforts déployés pour augmenter l'offre en eau, il est essentiel d'améliorer la qualité des services d'irrigation. Cela implique de moderniser les équipements, d'assurer un entretien régulier et efficace, et d'instaurer une tarification équilibrée. Cette tarification doit couvrir les coûts d'exploitation et d'entretien des systèmes d'irrigation, particulièrement dans les grands périmètres irrigués (GPI), en accord avec le décret exécutif 19/206 du 18/07/2019.

Afin d'évaluer l'efficacité de ces mesures face aux défis actuels de l'irrigation, il est nécessaire d'étudier leur impact sur la valorisation et la durabilité des GPI en Algérie.

Dans le but d'optimiser la gestion de l'eau d'irrigation, la présente étude vise une analyse détaillée de la situation actuelle, en évaluant la performance de l'irrigation, l'efficacité de sa gestion et l'impact de la pénurie d'eau sur la durabilité du système irrigué.

Notre démarche s'inscrit dans le cadre d'une thèse de doctorat intitulée : « 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 ». L'approche méthodologique adoptée repose sur une combinaison de trois éléments clés : une analyse de la littérature existante, des investigations menées sur le terrain, et une étude rigoureuse des données disponibles.

Notre étude se veut apporter une contribution complémentaire aux études existantes, en intégrant des données actualisées tout en tenant en compte les spécificités hydro-agricoles de la période d'analyse allant de 2012 à 2023. Elle porte sur l'analyse des indicateurs d'utilisation de l'eau d'irrigation à travers les trois facteurs clés : l'efficience de l'utilisation de l'eau, sa productivité et sa tarification actuelle. L'objectif est d'évaluer leur impact sur la valorisation et la durabilité du système d'exploitation du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf.

L'approche quantitative adoptée est basée sur l'analyse de données mesurables recueillies sur le terrain. Un examen systématique des données technico-financières a permis de dresser un état des lieux exhaustif des conditions de déroulement des campagnes d'irrigation sur la période considérée. En d'autres termes, cette recherche utilise des données concrètes et quantifiables pour évaluer la performance du système d'irrigation et identifier les pistes d'amélioration. L'analyse des données offre un aperçu plus ou moins précis des pratiques d'irrigation et de leur influence sur l'utilisation de l'eau, permettant ainsi d'évaluer les performances et de fournir des recommandations.

Cette étude a pour but essentiel d'évaluer la performance hydraulique et agronomique du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf, situé dans le Nord-Est algérien, à travers l'analyse d'indicateurs pertinents. L'objectif de cette évaluation est de proposer des recommandations pour optimiser la gestion de l'eau, accroître la maîtrise de l'irrigation par les agriculteurs, et viser une gestion et une exploitation plus efficace pour assurer la durabilité du système irrigué.

Pour parvenir à cet objectif, l'étude cherche à évaluer l'efficience de l'utilisation de l'eau d'irrigation, sa productivité en termes de quantité produite par volume d'eau consommé, et à analyser l'impact du système tarifaire de l'eau agricole sur la gestion et l'exploitation du système irrigué. De plus, les marges d'amélioration possible de la performance du système irrigué sont examinées.

À l'instar d'autres régions, le périmètre irrigué de Guelma-Boucheougouf est confronté à une pénurie d'eau croissante, exacerbée par les changements climatiques. Les volumes d'eau alloués à l'irrigation sont insuffisants pour garantir la performance et la pérennité du périmètre. Par conséquent, le taux d'utilisation des sols (superficies irriguées par rapport aux superficies irrigables) a considérablement diminué au cours des deux dernières décennies.

Alors qu'il atteignait en moyenne 53,4 % du potentiel irrigable (Kebieche, 2007), ce taux est tombé à 35 % sur une superficie irrigable de 9 250 hectares. Ce chiffre est inférieur à la moyenne nationale de 39 %, ce qui souligne la vulnérabilité particulière de ce périmètre.

En résumé, le périmètre de Guelma-Boucheougouf souffre d'un déficit hydrique qui limite son potentiel agricole. La baisse du taux d'utilisation des sols témoigne de la difficulté à maintenir les superficies irriguées, ce qui compromet la sécurité alimentaire locale et régionale.

La présente thèse repose sur l'hypothèse que la performance insatisfaisante du périmètre irrigué de Guelma-Boucheougouf résulte principalement d'interactions complexes entre divers indicateurs de performance : hydrauliques (efficacité des réseaux), agronomiques (rendements des cultures) et économiques (système tarifaire). Ces interactions sont exacerbées par les lacunes du mode de gestion du périmètre.

Notre contribution cherche donc à valider notre hypothèse de recherche en explorant comment les indicateurs de performance hydrauliques, agronomiques et économiques, ainsi que le mode de gouvernance, influent sur la performance et la pérennité du périmètre irrigué.

Des éléments de réponse à l'hypothèse suivante sont recherchés par l'étude, en supposant que la performance insatisfaisante du périmètre irrigué de Guelma-Boucheougouf est due à des interactions complexes entre les indicateurs de performance et le mode de gouvernance.

En partant du principe que l'amélioration de la performance d'un système irrigué dépend d'une gestion rationnelle et efficace de l'eau, cette recherche s'articule autour de la question suivante : Comment les indicateurs de performance hydrauliques, agronomiques et économiques, en interaction avec le mode de gouvernance, influencent-ils la performance et l'exploitation des ressources en eau attribuées à l'irrigation du périmètre de Guelma-Boucheougouf ? Et dans quelle mesure ces interactions affectent-elles la pérennité de son exploitation ?

La réponse à ce questionnement nous mène à nous contenter de l'évaluation et de l'analyse des indicateurs retenus ci-après :

- les indicateurs d'utilisation de l'eau d'irrigation, à savoir l'efficacité des réseaux de l'amont à l'aval (adduction-distribution) et l'efficacité à la parcelle ;

- La productivité de l'eau d'irrigation et son importance dans le défi de produire plus, mieux et avec moins d'eau ;
- La tarification de l'eau agricole et son impact sur la gestion et l'exploitation du périmètre irrigué et sa pérennité.

Une base de données hydro-agricole a été reconstituée, regroupant des informations essentielles sur le périmètre étudié. Ces données, présentées sous forme de tableaux, ont été traitées et analysées à l'aide d'outils informatiques, en fonction des besoins spécifiques de la recherche. Elles couvrent un large éventail d'aspects, notamment :

- les ressources en eau et en sol disponibles ;
- les rendements et les productions agricoles réalisées ;
- les coûts et les revenus liés à la gestion et l'exploitation du périmètre.

L'exploitation de ces données a été réalisée en tenant compte de la problématique centrale de l'étude, afin de répondre aux questions de recherche posées. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux et de graphiques pour une meilleure compréhension.

Pour les besoins de la présente étude, nous avons utilisé les chiffres et données contenues dans les bilans d'exploitations de l'ONID relatant fidèlement la situation réelle de l'évolution de l'exploitation du périmètre sur la période d'analyse. Les données mesurables sont relevées à partir des équipements de mesures installés, tels que les débitmètres au niveau des ouvrages de stockage, les compteurs électriques au niveau des stations de pompage.

Les données climatiques ont été fournies par l'Office national de météorologie (ONM), à partir des mesures et des calculs effectués par ses stations météorologiques présentes dans la région d'étude. Enfin, les données relatives à la production agricole et aux rendements des cultures ont été obtenues auprès des organismes compétents en matière de gestion et de développement du secteur agricole, à savoir la Direction des services agricoles (DSA) et l'Institut technique des cultures maraîchères et industrielles (ITCMI).

La présente thèse est structurée en trois parties et neuf chapitres. La première partie concerne l'étude bibliographique et est composée de trois chapitres : Le premier donne un aperçu général sur la situation des ressources en eau en relatant la question de l'eau et le changement climatique dans le monde, le stress hydrique et les actions à entreprendre pour surmonter les défis liés à la problématique des

ressources en eau et au développement durable, et les défis auxquels fait face l'Algérie pour la maîtrise de l'eau et le développement de l'irrigation.

Le deuxième chapitre passe en revue l'importance de l'eau et son impact sur la production agricole en Algérie en mettant en exergue l'évolution et les perspectives de développement de l'agriculture irriguée avant et après 1980 à travers les réorganisations institutionnelles opérées et le mode de gestion adopté au niveau des grands périmètres ainsi que les moyens mis en place pour surmonter le déficit. Le troisième chapitre s'articule autour de la tarification de l'eau agricole, un outil pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau en agriculture. Il expose les méthodes et la problématique de la tarification de l'eau d'irrigation en Algérie et son impact sur la gestion d'ensemble du périmètre.

Scindée en deux chapitres, la deuxième partie du document s'intéresse à l'étude de la zone d'étude. Elle met en évidence dans le quatrième chapitre les principales ressources hydriques de la région, suivie de la présentation du périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf, objet de notre étude, en cinquième chapitre, en tenant compte de son cadre spatial et de l'évolution temporelle des ressources en eau et en sol dont il bénéficie.

La troisième partie du document est consacrée à l'analyse et interprétation des résultats. Composée de quatre chapitres : Le sixième donne une idée générale sur les instruments de gestion du périmètre irrigué de Guelma-Bouchehouf et l'importance des indicateurs de l'efficacité d'utilisation et leur impact sur le niveau de performance du système irrigué. Le septième chapitre concerne le calcul de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi) suivi de l'interprétation des résultats de calcul. Quant au huitième chapitre, il est consacré à l'évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation au niveau du périmètre et à la valorisation de l'eau d'irrigation à l'échelle de la parcelle, en prenant pour exemple deux cultures largement pratiquées dans le périmètre, à savoir la tomate industrielle et la pomme de terre. Le neuvième et le dernier chapitre traite de la tarification de l'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué. Ce chapitre met en évidence l'impact de la tarification actuelle sur la gestion du périmètre ainsi que sur la durabilité de son exploitation et la rentabilisation des investissements consentis.

PREMIERE PARTIE : Etude bibliographique

Chapitre. I : Aperçu général sur la situation des ressources en eau

1.1. Introduction

Les ressources en eau sont l'ensemble des eaux naturelles présentes sur terre, quel que soit leur état et qui peuvent être utilisées par l'homme (Britannica, 2024). Elles regroupent l'ensemble des eaux disponibles (eaux continentales et eaux marines) et dans les ressources naturelles, que l'on peut mobiliser, pour satisfaire en quantité et en qualité une demande donnée en un lieu donné, pendant une période appropriée (AquaPortail, 2024). L'eau est une ressource fondamentale pour toute forme de vie, sur la planète aucune vie n'est possible sans elle, sa planification, son développement et son utilisation doivent obéir aux règles d'une gestion optimisée par la mise en place d'un système efficace de gestion.

Le développement durable représente une solution incontournable pour l'avenir de la Terre, qui subit déjà les conséquences du changement climatique, lesquels, selon la Commission Européenne, ne feront que s'aggraver.

Certaines régions sont déjà confrontées à des événements climatiques extrêmes plus fréquents, tandis que d'autres doivent faire face à des vagues de chaleur et à des sécheresses de plus en plus intenses (CE, 2024). En 2023, selon l'ONM et sur la base de données sur les situations d'urgence (EM-DAT), on a signalé au total 79 catastrophes associées à des aléas hydrométéorologiques en Asie. Plus de 80 % d'entre elles étaient liées à des inondations et à des tempêtes (ONM, 2024)

Ajouté à cela, la croissance démographique, le développement économique et la nécessité de leur garantir une ressource en eau durable, constitue aussi un défi majeur à relever.

L'eau recouvre 71% de la surface du globe qui s'étend sur 510 millions de km² soit l'équivalent d'un volume de 1,4 milliard de km³ (C.I.EAU, 2018), raison pour laquelle la planète terre est surnommée planète bleue. L'eau salée représente 97,4% (mers et océans) et l'eau douce restante estimée à 2,6 % dont 2% sont gelés dans les calottes polaires et glaciers, pour obtenir finalement 0,6% d'eau douce disponible sur terre (Hermann et al., 2015)

La quantité d'eau dans l'hydrosphère n'évolue pas est restée inchangée depuis que la terre existe, néanmoins, et selon les Nations Unies, à l'horizon 2025 les deux tiers de la population mondiale seront touchés par le phénomène de stress hydrique.

1.2. L'eau et le changement climatique dans le monde

1.2.1. Problématique

L'augmentation de la température moyenne mondiale au cours des dernières décennies est l'un des plus évidents indices du changement climatique. En comparant la température moyenne de la surface terrestre, océanique ou des deux combinées pour un mois ou une période de plusieurs mois à la température moyenne pour la même période au cours du XXe siècle (SDES, 2021), nous permettra de savoir si les conditions climatiques sont plus chaudes ou plus froides que par le passé, la figure 1 suivante nous indique la réalité de cette évolution :

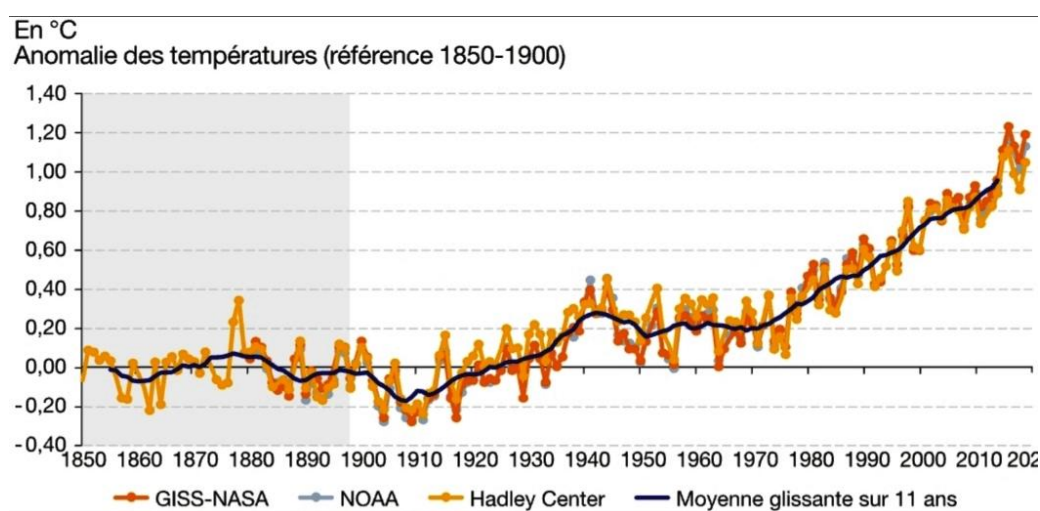


Figure 1 : Evolution de la température moyenne mondiale de 1850 à 2019

Note : en grisé la période préindustrielle 1850-1900.

Sources : NASA ; NOAA ; Hadley Center,

Cité par : Chiffres clés du climat – France, Europe et Monde, Edition 2021

Dans le même contexte, et étant donné que l'Algérie se situe dans une région très vulnérable aux effets des changements climatiques, les risques sont devenus aujourd'hui une réalité palpable, sachant que l'Algérie perd annuellement près de 400.000 ha à cause de ce phénomène selon le ministère de l'environnement et de la qualité de la Vie (MEQV).

Par ailleurs, les données climatiques relevées dans la région du Maghreb durant le 20^{ème} siècle indiquent un réchauffement estimé à plus de 1°C avec une tendance accentuée durant les trente dernières années (Nichane et Khalil, 2015), et l'Algérie n'échappe pas à ces conditions et subit depuis la moitié du même siècle une sécheresse récurrente avec une baisse de précipitations d'environ 10% durant les 20

dernières années, entraînant ainsi un dérèglement du calendrier agricole (MEQV, 2024).

A titre d'exemple, dans une étude élaborée dans le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie), révèle que sur la période 1976-2002, les précipitations ont diminué de 26 à 28 % par rapport à celle de 1976 à 2002 (Meddi et al., 2009). Aussi, et selon un rapport établi par la Banque mondiale intitulé "diagnostic sur la gestion des risques climatiques et de catastrophes en Algérie" stipule que depuis 1900 le pays enregistre une baisse de pluviométrie de 40 % à l'ouest du pays, 30 % au centre et 20 % à l'est (Banque Mondiale, 2024).

1.2.2. Changement climatique et stress hydrique

A l'instar des autres conséquences du changement climatique, le stress hydrique représente l'un de ses principaux effets et il ne cesse de progresser. Selon l'ONU 2020, près de 4 milliards de personnes sont touchées par la pénurie d'eau physique sévère pendant au moins un mois par an et 1,6 milliard de personnes, subit la pénurie d'eau où les quantités d'eau disponibles ne répondent pas aux besoins tout au long de l'année (ONU, 2020).

Ces chiffres risquent d'augmenter selon le rapport sur les objectifs du développement durable (ODD) 2019 de la FAO ; il indique que pour les 175 pays dont la situation du stress hydrique était connue depuis l'an 2000, deux tiers ont un stress hydrique inférieur à 25%, 20% ont un stress hydrique moyen entre 25 et 70%, et 15% se trouvent en situation de stress hydrique élevé à plus de 70% (FAO, 2019). Le même rapport, conclue que presque tous les pays qui ont connu une situation de stress hydrique élevé de plus de 70% depuis l'an 2000 se trouvent systématiquement en Afrique du Nord et en Asie de l'Ouest ou en Asie centrale et du Sud.

Ce niveau de stress hydrique a été réitéré dans le rapport sur les ODD élaboré par les Nations Unies dans son édition de 2024, en révélant des niveaux élevés dépassant 75 et 100% respectivement dans l'Asie centrale et du Sud, et l'Afrique du Nord (ONU, 2024).

En conséquence, l'un des effets apparents de cette situation de contrainte on note les vagues de sécheresse observées de plus en plus longues impactant l'agriculture et la production agricole et mettant en péril la nourriture d'une population

sans cesse croissante. Cela entrave aussi, le développement économique, notamment dans les pays en voie de développement.

Par ailleurs, avec un usage de l'eau à des fins agricoles dépassant 70% des volumes prélevés, il induit une tension rude entre les autres principaux usagers à savoir l'industriel à 20 % et domestique 10% en moyenne selon la littérature. Ces trois secteurs utilisateurs constituent les principaux facteurs d'augmentation de la demande en eau (ONU, 2024), sachant qu'au cours des 40 dernières années, la consommation en eau a augmenté d'environ 1% par an (Crifo et Elkington. 2024). Selon l'organisation mondiale de l'alimentation FAO 2021, la ressource en eau renouvelable par habitant a diminué d'environ 20 % entre 2000 et 2018, marquant essentiellement les pays les plus démunis en ressource en eau tels que l'Afrique subsaharienne avec 41 %, l'Asie centrale 30 %, l'Asie de l'ouest 29 % et l'Afrique du Nord avec 26 % (FAO, 2021).

1.3. Quelles actions pour surmonter les défis des changements climatiques ?

1.3.1. Problématique

Selon les experts du groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les secteurs de l'agriculture et de l'alimentation en eau sont particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique, comme cela a été souligné en 2007 (GIEC, 2007a). Face à cette réalité, il est impératif de se préparer et de s'adapter à ces changements sans délai. Les experts du GIEC avertissent qu'un réchauffement climatique dépassant 1,5°C entraînera des événements climatiques extrêmes et inévitables dans les années à venir.

Pour faire face au changement climatique, une approche globale est nécessaire, impliquant une meilleure gouvernance des ressources naturelles dans tous les pays. En s'appuyant sur les recommandations du FIDA, une attention particulière doit être accordée à la gestion des ressources et de l'environnement (FIDA, 2011). L'eau est au cœur de toutes les politiques de gestion des ressources naturelles. Il est donc crucial que sa gouvernance intègre les technologies et investissements innovants. Cela permettra une utilisation rationnelle, efficace et durable de cette ressource vitale, en mettant l'accent sur l'innovation et les investissements technologiques.

Conscients du déficit croissant des effets du changement climatique, les dirigeants mondiaux se sont réunis en septembre 2015, lors de la 70^e session de

l'Assemblée générale de l'ONU, pour adopter un plan d'action ambitieux. Ce programme, intitulé "Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030", est adopté par la résolution n° 70/1 du 25 septembre 2015 et vise à assurer la prospérité humaine tout en protégeant la planète (UN, 2015).

1.3.2. Ressources en eau : un enjeu central pour le développement durable

Face à la demande croissante en eau pour les besoins humains, économiques et environnementaux, la communauté internationale, sous l'égide des Nations Unies, s'efforce de résoudre les crises liées à la pénurie d'eau. Des événements tels que la conférence des Nations Unies sur l'eau (1977), la décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement (1981-1990), la conférence internationale sur l'eau et l'environnement (1992) et le sommet de la Terre (1992) témoignent de cet engagement constant à trouver des solutions pour préserver cette ressource de plus en plus rare.

L'engagement mondial en faveur du développement durable et de la résilience s'est traduit par l'adoption de plusieurs initiatives internationales récentes : le cadre de réduction des risques de catastrophes 2015-2030 de Sendai (Japon), le programme d'action d'Addis-Abeba 2015 sur le financement du développement, l'accord de Paris 2015 et la convention des Nations unies sur les changements climatiques.

1.3.3. L'eau et les ODD, quelles cibles de résultats ?

Parmi les dix-sept objectifs institués par les Nations Unies se trouve le sixième objectif (ODD 6), « Eau propre et assainissement ». Il est lié exclusivement à l'eau dans tous ses aspects et vise à garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement, à améliorer sa qualité, à réduire sa pollution et à assurer une utilisation efficiente par ses différents usages.

Les cibles des résultats de cet objectif à 2030 sont au nombre de six (tableau 1). Elles couvrent, selon l'ONU, tous les aspects du cycle de l'eau et des systèmes d'assainissement (ONU, 2015). Aussi, la réalisation de ces cibles de résultats est conçue pour contribuer à l'atteinte des autres ODD liés notamment à la santé, à l'éducation, à l'économie et à l'environnement.

Tableau 1 : Illustration des cibles de résultats selon l'objectif de développement durable numéro 6, adoptées par l'ONU en 2015

ODD6	Cibles
ODD6.1	assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, à un coût abordable
ODD6.2	assurer l'accès de tous, dans des conditions équitables, à des services d'assainissement et d'hygiène adéquats et mettre fin à la défécation en plein air en accordant une attention particulière aux besoins des femmes, des filles et des personnes en situation vulnérable.
ODD6.3	améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant nettement à l'échelle mondiale le recyclage et la réutilisation sans danger de l'eau.
ODD6.4	faire en sorte que les ressources en eau soient utilisées beaucoup plus efficacement dans tous les secteurs et garantir la viabilité des prélèvements et de l'approvisionnement en eau douce afin de remédier à la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui manquent d'eau.
ODD6.5	assurer la gestion intégrée des ressources en eau à tous les niveaux, y compris au moyen de la coopération transfrontière selon ce qu'il convient.
ODD6.6	protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau, notamment les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs.

De plus, les Nations unies ont mis en place deux principales cibles (6.a et 6.b) comme moyens de mise en œuvre de l'ODD 6. Elles se fondent sur deux principes fondamentaux :

- Développer la coopération internationale et le renforcement des capacités des pays en développement à la concrétisation des actions liées à l'eau (6.a) ;
- Appuyer et renforcer la participation de la population locale à l'amélioration de la gestion de l'eau (6.b).

En termes de progrès vers la réalisation de l'objectif 6 et selon le rapport de l'ONU élaboré en 2020 sur la mise en valeur de l'eau, l'ONU estime qu'à la cadence actuelle, la réalisation des cibles de cet objectif n'est, en général, pas en bonne voie. « À ce jour, l'objectif de développement durable 6 est loin d'être sur la bonne voie », a déclaré le secrétaire général des Nations Unies en 2020, en ajoutant que « cela entrave les progrès vers la réalisation du programme 2030... » (ONU-Eau, 2020).

Les efforts de l'Algérie dans l'atteinte des 17 objectifs de développement durable, ont été récompensés par un score de 71,54 sur 100 dans le rapport global sur le développement durable du Sustainable Development Network (SDN) dans son édition 2022, la plaçant en leader de la région MENA (UNSDG, 2022). Cette performance est le fruit d'une stratégie proactive, incluant la mise en place d'un comité interministériel dès 2016 et la publication d'un rapport national en 2019,

permettant de suivre et d'évaluer les progrès réalisés. Le pays a présenté son premier rapport national volontaire, Algérie 2019, sur l'état d'avancement des ODD en 2019, qui met en exergue les résultats et les défis de la mise en œuvre de l'Agenda 2030.

Les efforts de l'Algérie pour améliorer l'accès à l'eau et l'assainissement, conformément à l'ODD 6, sont apparents à travers le renforcement du service public de l'eau grâce à la mise en œuvre de projets structurants : construction de barrages, réalisation de transferts d'eau, développement de stations de dessalement et d'épuration (MAE, 2019). Le tableau 2 ci-après illustre le niveau des réalisations de quelques indicateurs liés à l'ODD 6.

Tableau 2 : Quelques exemples des réalisations de projets structurants rentrant dans le cadre de l'évaluation des atteintes de l'ODD6 en Algérie

Désignation ouvrages	Réalisés		En cours	
	Nombre	Capacité Stockage	Nombre	Capacité stockage
Barrages	80	8,3 milliards m ³	5	300 millions de m ³
Forages	2800	3,2 millions de m ³ /J	-	-
SDEM	11	2,1 millions m ³ /J	04	720 mille m ³ /j
Stations Déminéralisation	27	-	-	-
Systèmes de transfert	4000 Km	2.9 millions m ³		
Réservoirs d'eau	14365	9 millions m ³		
Stations d'Epuration	199	-	66	Total : 1 milliard m ³
Réseau Assainissement	47000 Km		2000 Km	

En dépit des efforts déployés pour l'amélioration des principaux indicateurs liés à l'eau et les niveaux d'atteintes des ODD6, il reste encore beaucoup à faire pour préserver cette ressource, assurer sa meilleure gouvernance et améliorer davantage les indicateurs de gestion y afférents.

1.3.4. L'eau agricole et les cibles de résultats de l'ODD6

Parmi les cibles énumérées dans le tableau ci-dessus, il se trouve que l'amélioration de l'utilisation rationnelle des ressources en eau (cible 6.4) est un objectif fondamental à atteindre, notamment dans le domaine de l'eau agricole, étant donné que plus de 70 % du potentiel mobilisé lui est attribué.

La promotion et l'utilisation de nouvelles technologies propres et économes en eau pour les usages de l'eau en agriculture constituent une priorité absolue dans le monde, particulièrement dans les pays pauvres en ressources hydriques et exposés de plus en plus aux effets du changement climatique, tels que l'Algérie, qui subit

depuis quelques décennies des aléas climatiques, accentués par la croissance démographique et économique induisant des besoins en eau de plus en plus croissants.

1.3.5. Changements climatiques, pénurie de l'eau et augmentation de la demande

Malgré les progrès, l'accès à l'eau reste un défi majeur : en 2020, 26 % de la population mondiale en était privée (ONU, 2023). Les projections des Nations unies sont alarmantes, avec 40 % de la population mondiale risquant de subir un stress hydrique grave d'ici 2050, affectant particulièrement les régions du Moyen-Orient, de l'Asie du Sud, de l'Afrique du Nord et de la Chine (ONU, 2020).

Le changement climatique et la croissance démographique intensifient à la fois la pénurie de l'eau et les risques liés à sa raréfaction, notamment les phénomènes météorologiques extrêmes (sécheresse et inondations). Les dommages matériels causés par les inondations sont estimés selon la Banque mondiale à près de 120 milliards de dollars par an (WB, 2022). Entre 1995 et 2005, les inondations ont constitué près de la moitié (47 %) des catastrophes météorologiques recensées. Durant cette décennie, plus de 3 000 événements ont touché 2,3 milliards de personnes et coûté la vie à 157 000 individus (CNULCD, 2018). Le manque de précipitations est compté aussi parmi les problèmes les plus graves de la planète avec plus de 50 millions de personnes dans le monde qui ont été touchées par la sécheresse en 2015 (Guha-Sapir D et al., 2016), sans compter les répercussions des sécheresses sur la subsistance des populations rurales, tributaire essentiellement de la variabilité du régime pluviométrique.

Les régimes de précipitations sont perturbés et la hausse des températures bouleverse l'ensemble du cycle de l'eau, induisant une pression sur la production agricole et la disponibilité des denrées alimentaires, sachant que l'agriculture consomme 72 % en moyenne du total des prélèvements d'eau, principalement utilisées à des fins d'irrigation pour subvenir aux besoins de la production agricole (FAO, 2021). De ce fait, l'augmentation de la demande en eau est bel et bien observée, elle crée la pénurie.

Nonobstant les progrès réalisés, la proportion de la population mondiale utilisant des services d'approvisionnement en eau potable gérés en toute sécurité était de 74 % en 2020. Néanmoins, au rythme actuel des progrès, près de

1,6 milliard de personnes seront encore privées d'eau potable en 2030 (UN, 2022), et près de la moitié de la population mondiale connaît de graves pénuries d'eau pendant au moins une partie de l'année, selon l'Intergovernmental panel on climate change (IPCC, 2022).

L'épuisement des ressources souterraines comme solution palliative à cette pénurie entraîne des pertes de terres productives : ainsi, près de 20 % des zones irriguées dans le monde souffrent d'une baisse de rendement à cause d'une hydrologie altérée et d'une mauvaise gestion de l'irrigation, et 2/3 de la population mondiale vivront en situation de stress hydrique d'ici 2025 (CNULCD, 2018). Aussi, l'utilisation des eaux souterraines dans l'irrigation n'est pas sans conséquences sur la dégradation de la qualité des sols (Douaoui et Hartani, 2007).

Selon la Banque mondiale et avec l'accélération de la croissance démographique, la planète sera confrontée à un déséquilibre de 40 % entre l'offre et la demande en eau d'ici 2030. Une augmentation de plus de 50 % de la production agricole actuelle est nécessaire pour nourrir 10 milliards d'êtres humains à l'horizon 2050 (WB, 2022). Selon la même source, plus de 40 % de la population mondiale vit dans des territoires où l'eau est rare.

1.4. Contraintes et défis de la maîtrise de l'eau en Algérie

1.4.1. L'Algérie face à une problématique de ressources en eau limitées

Les potentialités de l'Algérie en eau sont estimées globalement entre 18 et 19,4 milliards de m³/an, réparties entre superficielles et souterraines (AGIRE, 2024). Les ressources en eau non renouvelables sont estimées à 5 milliards de m³, localisées en totalité dans le sud. Quant aux ressources renouvelables elles sont évaluées à près de 14,4 milliards de m³ réparties entre superficielles de 11,4 milliards de m³ et souterraines de 3 milliards de m³ environ. Selon l'AGIRE, un volume de plus de 11 milliards de m³ mobilisé en 2023 représentant ainsi 63% des potentialités d'eau douce ce qui a permis une dotation annuelle par habitant de 385 à 406 m³ pour une population de 46,7 millions habitants (ONS, 2024), plaçant le pays parmi les plus affectés par la pénurie hydrique dans le monde. Il se situe au deçà du seuil critique fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³/hab./an, aussi, le Water Ressource Institut le classe dans le rang des pays à stress hydrique élevé (WRI, 2019 ; FAO, 2024).

La situation de stress hydrique que connaît le pays depuis plus de trois décennies est de plus en plus manifeste, elle est démontrée par une hausse de température accompagnée d'épisodes de sécheresse fréquente et un régime pluviométrique fortement perturbé.

En effet, au cours des 25 dernières années, l'Algérie a connu de phases de sécheresse sévères, marquées par une insuffisance de pluie estimée à 30% sur l'ensemble du pays (MEER, 2023). Il convient également de considérer le cadre géographique du pays, qui couvre une superficie de 2 381 741 km². Plus de 87% de sa surface est désertique et plus de 90% des habitants résident dans la partie Nord, où les précipitations oscillent entre 300 et 1400 mm/an. Contrairement aux régions sahariennes et au sud de l'Atlas saharien où la moyenne annuelle ne dépasse pas les 50 mm (PROGRESS, 2016).

Toutefois, étant situé dans une région aride et semi-aride, le pays est exposé à des conditions hydro-climatiques défavorables, caractérisées par une couverture végétale clairsemée, des crues soudaines et intenses qui favorisent l'érosion et le transport des sédiments, qui sont la cause de la dégradation des sols agricoles, de l'envasement des barrages et des dommages portés aux infrastructures dont les coûts sont considérables (Meddi, 2015).

En conséquence, cela entraîne d'importantes pertes de capacités de stockage d'eau. D'après une recherche menée en 2004 par Remini et Hallouche sur 12 barrages fortement envasés, il a été révélé que le volume total de sédimentation annuel était estimé à 12 hm³ (Rimini et Hallouche, 2004). Cela se rapproche de l'estimation effectuée en 2009 pour le Barrage Ghrib qui faisait état d'un volume approximatif de 1.3 hm³/an (Mokhtari, 2009).

Aussi, et selon une « étude ODD 6.4 : suivi de l'utilisation durable des ressources en eau » menée par la FAO, les apports actuels sont faibles et ne permettent plus de remplir suffisamment les barrages existants, le taux de remplissage des barrages connaît remarquablement un recul de moins de 42% en 2021 à moins de 29% en 2023 (FAO, 2024)

1.4.2. Stress hydrique et demande d'eau en augmentation

L'Algérie est un pays qui subit une pression hydrique intense, conséquence d'un déséquilibre entre les ressources en eau disponibles et la demande en eau

domestique, agricole et industrielle sans cesse croissante, générée par une démographie et un développement industriel.

En effet, évoqué déjà en 2000 lors de la 15^e session plénière du CNES, il a été révélé que « si, en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m³, elle n'était plus que de 720 m³ en 1990, 680 m³ en 1995, 630 m³ en 1998 et environ 500 m³ en 2000, elle ne sera que de 430 m³ en 2020 et serait encore plus réduite ramenée aux ressources en eau mobilisables » (CNES, 2000).

Ce déficit en matière d'approvisionnement en eau fait de l'Algérie l'un des pays les plus affectés par le stress hydrique dans le monde. L'usage moyen d'eau par individu est largement en dessous de la norme recommandée par l'OMS à 1000 mètres cubes par an et par personne.

Aussi, et en matière de mobilisation actuelle des ressources superficielles et lors de la présentation du bilan du secteur de l'hydraulique de l'année 2024 par les représentants du ministère de l'hydraulique, le taux de remplissage des barrages dans l'ouest du pays a atteint 43,76 % en janvier 2024, contre 17,88 % en 2023, tandis que les barrages de l'est du pays ont atteint un taux de 53,45 % en 2024, contre 60,12 % en 2023. Quant aux barrages du centre du pays, ils ont enregistré un taux de 16,80 %, contre 16,96 % en 2023, soit un taux de remplissage moyen national de 38 % en 2024 contre 31 % en 2023 (Ministère de l'Hydraulique, janvier 2025).

En termes de capacité totale de mobilisation des ressources en eau douce conventionnelles et non conventionnelles du pays, elles sont évaluées donc à près de 18,9 hm³ par an, réparti en eaux souterraines pour un volume estimé à 8,6 millions, en eau de surface évaluées à près de 9 milliards de m³ mobilisable par les 81 barrages en exploitation (ANRH, 2024 ; ANBT, 2024) et 1,3 milliards de m³ provenant du dessalement de l'eau de mer.

Il est à noter que les ressources souterraines proviennent des aquifères du nord estimé à 2,5 milliards de m³ par an renouvelables et des aquifères sahariens pour un volume exploitable estimés à 6.1 milliards de m³ par an (Progress, 2016) dont près de 5 milliards de m³ non renouvelable.

1.4.3. Quelles mesures peut-on adopter pour remédier au déficit ?

Pour surmonter cette limitation et remédier au déficit hydrique, les autorités ont décidé de faire appel à des ressources additionnelles non conventionnelles, comme le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées épurées.

En effet, et pour assurer un approvisionnement durable en eau potable, des mesures ont été prises et portent sur le lancement d'énormes programmes de forage de puits, la réalisation des transferts inter-barrages et la réalisation de stations de dessalement de l'eau de mer qui permettraient d'alimenter les régions du nord et des hauts plateaux, à raison d'environ 1,38 milliard de m³ par an en 2025 (ministère de l'Hydraulique, 2025), soit un taux de près de 42 % des besoins en AEP.

La deuxième phase du programme vise à ce que 60% de l'eau pour l'alimentation en eau potable (AEP) provienne du dessalement d'ici 2030. Cet objectif permettrait de libérer les ressources conventionnelles pour l'agriculture et l'industrie, et de les conserver comme réserve stratégique.

Concernant la réutilisation des eaux usées épurées, et représentant une des composantes de l'offre globale en eau au même titre que les eaux superficielles et souterraines (Hartani, 2004), constitue désormais une source supplémentaire pour l'eau, à travers le lancement de programmes pour réhabiliter les systèmes existants et améliorer les procédés techniques d'épuration, en vue de l'utiliser dans l'irrigation, l'industrie et l'environnement.

Ces actions s'inscrivent dans une démarche stratégique visant à développer le secteur des ressources en eau à court, moyen et long terme. Elles constituent une part intégrante des programmes structurants mis en œuvre tous les cinq ans jusqu'en 2030, en fonction des priorités établies au préalable conformément au Plan national de l'eau, à travers :

- La réhabilitation, l'extension et la modernisation des systèmes de distribution d'eau potable et des canaux d'assainissement ;
- La réhabilitation, la modernisation et l'extension des systèmes irrigués par le développement et la réhabilitation des grands périmètres irrigués (GPI) et de la petite et moyenne hydraulique (PMH) ;
- La mise en place d'un système de gestion durable par la création et l'implémentation de structures de gestion appropriées pour optimiser le service public de l'eau.

- L'amélioration de la gouvernance des ressources en eau grâce à l'instauration de mesures juridiques et réglementaires adéquates.

1.5. Enjeux liés au développement de l'irrigation en Algérie

1.5.1. Problématique

L'Algérie, de par son appartenance à la zone géographique du "Middle-East and North Africa (MENA)", caractérisée par un climat aride et semi-aride et avec près de 87 % de son territoire reconnu comme zone désertique (Mouhouche, 2012), subit une pression grandissante sur ses ressources naturelles, en particulier l'eau. Ceci rend d'autant plus essentielle la maîtrise de gestion de l'irrigation.

Selon une étude réalisée en 2014 par l'Institut de prospection économique en méditerranée (IPEMED), l'Algérie figure parmi les nations les plus vulnérables au stress hydrique à long terme dans la région méditerranéenne (Boukhalfa, 2024). Elle révèle que l'Afrique du Nord ne représente que 0,1% des ressources mondiales d'eau renouvelable naturelle pour un total de 280 millions de résidents, correspondant approximativement à près de 4% de la population mondiale, et une superficie de 6 018 891Km². Aussi, près de 60% de cette population s'approprie moins de 1000 m³ d'eau par habitant et par an (Orjebin et Yousfaoui, 2014).

L'agriculture irriguée est confrontée à un défi majeur : nos sources d'eau conventionnelles s'épuisent progressivement et s'approchent de leurs limites d'exploitation (Mouhouche, 2022), menaçant directement la durabilité de l'irrigation agricole. Une part significative des superficies irrigables ne bénéficie pas actuellement d'un approvisionnement en eau adéquat. Sur les douze dernières campagnes d'irrigation (2012-2023), les grands périmètres irrigués (GPI) algériens ont connu une tendance baissière du taux de superficies effectivement irriguées par rapport à leur potentiel irrigable. Cette période se divise en deux phases : une première phase (2012-2018) avec une relative stabilité du taux (entre 65 et 91 %), suivie d'une forte baisse (de 85 à 34 %) entre 2019 et 2023 (figure 2).

Concernant le taux de satisfaction en dotation en besoins en eau d'irrigation exprimés, il a connu à son tour un fort recul par rapport à la première période en passant d'une moyenne de 84 % durant les campagnes 2012 à 2018 à moins de 55 % de 2019 à 2023 (figure 3).

L'évolution de l'irrigation est donc devenue un enjeu majeur pour plusieurs raisons : la nécessité de garantir la production agricole, d'optimiser l'utilisation de l'eau et de préserver les ressources hydriques sous leurs différentes formes.

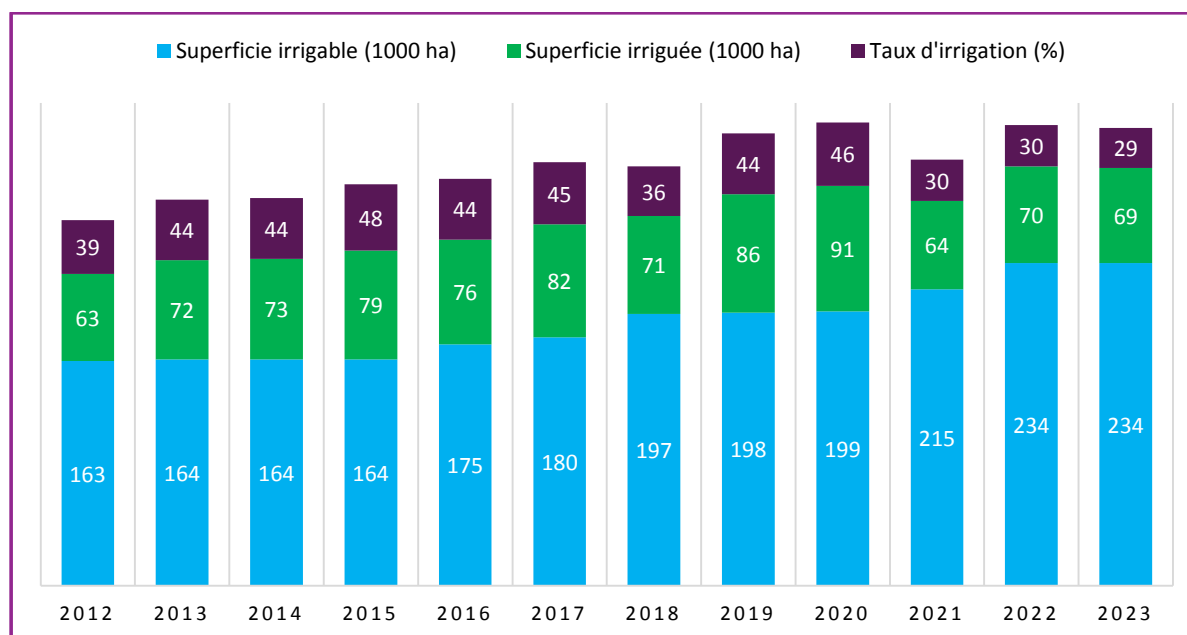


Figure 2 : Tendence du taux d'irrigation au sein des grands périmètres irrigués (GPI) sur la période 2012-2023

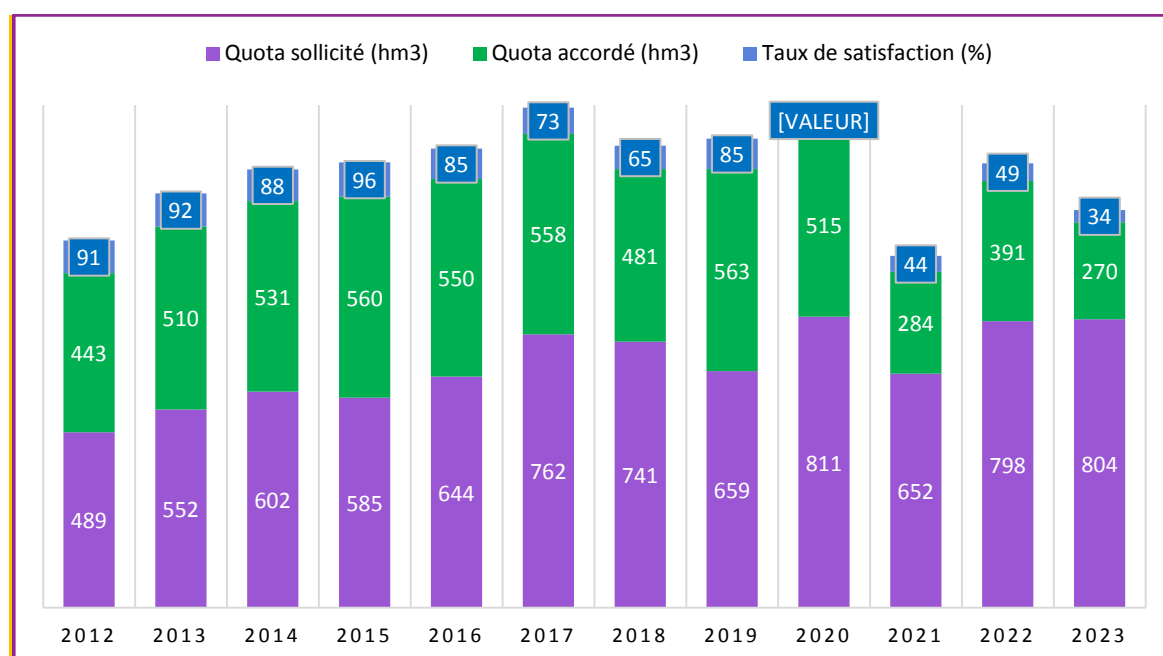


Figure 3 : Tendence de la satisfaction des besoins en eau d'irrigation au sein des grands périmètres irrigués (GPI) sur la période 2012-2023

1.5.2. Les principaux défis associés à l'expansion de l'irrigation en Algérie

L'Algérie, avec une superficie de plus de 2,38 millions km², est le pays le plus vaste d'Afrique et occupe la dixième place à l'échelle mondiale. Il dispose d'une superficie agricole utile de 8,56 millions d'hectares qui inclut près de 1,5 millions d'hectares irrigués, ce qui représente environ 17% de la SAU. Avec une moyenne de seulement 68 mm/an de précipitations et un potentiel d'eau naturelle renouvelable de 14,4 milliards de m³, l'Algérie souffre d'un stress hydrique intense, avec moins de 380 m³/habitant/an (FAO, 2021).

En raison de la pénurie d'eau qui s'est intensifiée au fil des décennies, l'Algérie a subi une sécheresse sévère et continue, affectant particulièrement le Nord-Ouest du pays. Les déficits pluviométriques enregistrés étaient de 12% pour la région Centre, 13% pour l'Est et 20% pour l'Ouest (Medejerab et Henia, 2011). Dans le même ordre d'idée et lors d'une intervention sur la chaîne III de la radio algérienne, le Ministre des ressources en eau a déclaré le lundi 19 septembre 2021 que l'Algérie, hormis la région de l'Est, a enregistré un déficit pluviométrique compris entre 20 et 30% sur l'ensemble du territoire comparativement à la moyenne des vingt dernières années.

Face aux contraintes pluviométriques et aux défis de l'eau agricole en Algérie, mis en évidence notamment par l'étude de Mozas et Ghosn (2013), trois enjeux principaux se dessinent :

- garantir la sécurisation de l'agriculture face à la variabilité des ressources hydriques,
- améliorer l'efficacité des systèmes de distribution de l'eau,
- passer de l'irrigation gravitaire à une irrigation localisée (Mozas et Ghosn, 2013).

Étant donné que l'agriculture est nettement le plus grand consommateur d'eau par rapport aux autres utilisateurs, il devient donc essentiel d'améliorer l'efficacité de l'irrigation, de minimiser le gaspillage et les pertes à divers niveaux d'utilisation, depuis les systèmes d'approvisionnement jusqu'aux modes d'irrigation à la parcelle.

1.5.3. L'agriculture irriguée et la stratégie adoptée pour relever le défi de l'eau d'irrigation en Algérie

Le pays est confronté aux défis de la pénurie d'eau pour l'agriculture depuis de nombreuses décennies. L'exploitation judicieuse et la gestion des ressources en eau ont été toujours considérées comme principale locomotive aux programmes de

développement de l'agriculture irriguée. De nombreuses initiatives axées sur la mobilisation, la gestion efficace et l'utilisation rationnelle de l'eau ont été entreprises. L'engagement gouvernemental dans ces programmes a permis d'améliorer la situation actuelle. Les mesures adoptées visent à réduire l'impact du manque d'eau sur la sécurité alimentaire et à prévenir les conflits liés à son usage.

Dans ce contexte, et durant les dernières décennies, le gouvernement s'est engagé à mettre en place des outils adaptés à une politique agricole axée sur la promotion de techniques modernes de production agricole, ciblant l'amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation, à l'exemple du développement des systèmes d'irrigation économeurs d'eau. Ces initiatives s'inscrivent dans le cadre des réformes agricoles et rurales lancées en 2000 par le ministère de l'agriculture et mises en œuvre à travers une succession de plans, du PNDA (2000) au plan d'action agricole gouvernemental (2015) et à la stratégie "FELAHA" 2024.

Pensés comme programmes d'aide à l'exploitation agricole (Saidoun ; Ait Hammou et Chehat, 2022), le but principal assigné à ces réformes est d'accroître la production agricole (Mimouni, 2023), moyennant des soutiens financiers conséquents au profit des agriculteurs. Cela a permis d'atteindre en 2015 une superficie équipée en système d'irrigation économeur d'eau de 639 051 ha (environ 50 % des superficies irriguées totales), contre 432 258 ha en 2009 (MADRP, 2016).

Les données du ministère de l'Agriculture et du Développement rural pour la période 2000-2008 révèlent une nette progression de l'irrigation économe en eau et une transition de l'irrigation gravitaire vers l'irrigation localisée (tableau 3 et figure 4).

Tableau 3 : Evolution du taux d'utilisation des systèmes d'irrigation en fonction de la superficie irriguée en Algérie sur la période 2000-2008

Année	Superficie irriguée (ha)	Système d'irrigation (ha)					
		Gravitaire	Taux (%)	Aspersion	Taux (%)	Goutte à goutte	Taux (%)
2000	350 000	275 000	79	70 000	20	5000	1
2001	617 427	458 421	74	102 978	17	56 028	9
2002	644 427	433 561	67	127 570	20	83 877	13
2003	722 320	485 019	67	138 301	19	99 000	14
2004	793 334	416 108	52	159 739	20	117 487	15
2005	825 206	524 503	64	153 006	19	147 697	18
2006	835 590	481 046	58	175 056	21	179 488	21
2007	907 293	557 327	61	183 182	20	166 784	18
2008	928 955	583 002	63	185 080	20	160 873	17
Moyenne	736 061	468 221	64	143 879	20	112 915	15

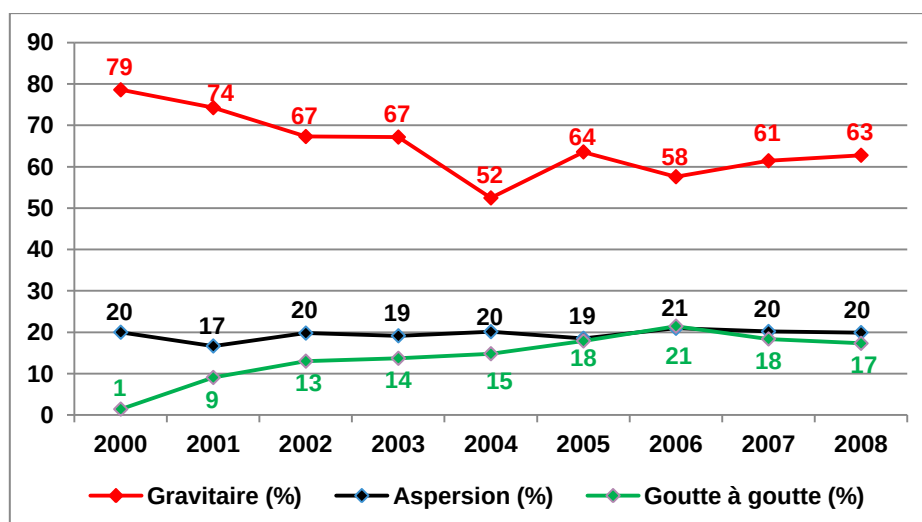


Figure 4 : Evolution du taux d'utilisation des systèmes d'irrigation en fonction de la superficie irriguée en Algérie sur la période 2000-2008

L'irrigation intelligente, bien qu'encore expérimentale, est une autre voie explorée pour économiser l'eau, notamment à travers des projets de recherche inscrits dans le cadre du Programme national de recherche (PNR), à l'exemple du projet mené par le CRSTRA à Biskra lancé en octobre 2021, intitulé « Mise en place d'un système d'irrigation intelligent associé à un générateur d'ozone alimenté par une source d'énergie solaire pour l'irrigation de la betterave sucrière dans les régions arides, notamment à Biskra (Sahara ; Algérie) » (CRSTRA, 2021).

Aussi, et afin de minimiser les pertes d'eau lors de l'adduction et de la distribution, de nouvelles surfaces agricoles sont aménagées avec des systèmes de distribution modernisés. Cela inclut l'intégration de technologies de mesure et de contrôle du débit en amont des réseaux, permettant ainsi une gestion efficace de l'eau d'irrigation. La figure 5 ci-après, illustre la progression des nouvelles superficies équipées dans les grands périmètres irrigués (GPI) durant la période de 2000 à 2020, sachant que huit grands périmètres irrigués ont été réalisés avant l'indépendance (annexe 1).

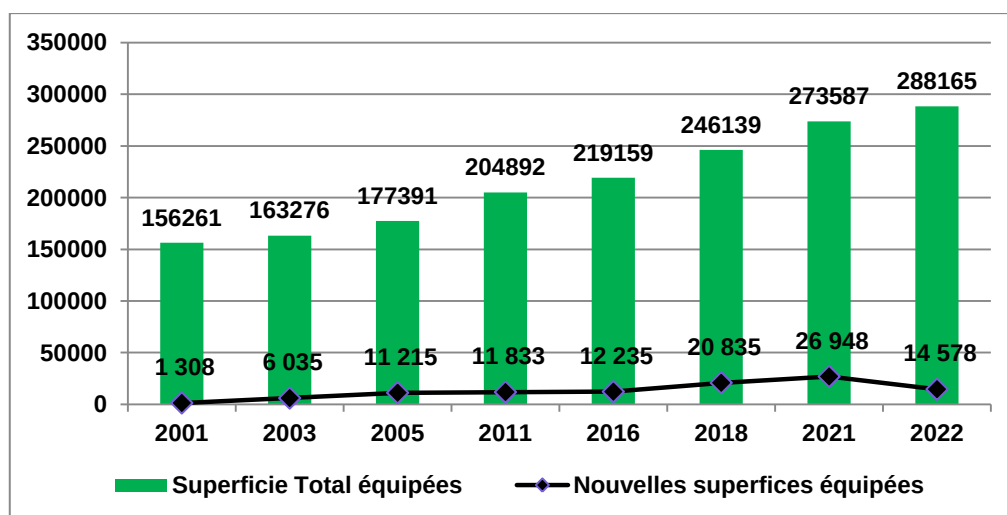


Figure 5 : Evolution des nouvelles superficies équipées (Algérie, 2001-2022)

1.5.4. Conclusion

Le développement des surfaces irriguées est l'un des outils essentiels pour assurer la sécurité alimentaire du pays, résister aux effets du changement climatique et renforcer la durabilité des systèmes agricoles. Toutefois, cela nécessite de relever les défis et obstacles liés à la gestion efficiente de l'eau, l'amélioration de la performance énergétique, la mise à niveau des infrastructures et l'accès équitable à l'eau.

Faire face à ces défis et garantir une agriculture prometteuse nécessite de prioriser les investissements dans les systèmes d'irrigation modernes, l'adoption du mode de gestion intégrée et de soutenir l'accès facile à l'eau des exploitants agricoles.

En effet, et en raison de températures de plus en plus élevées, le pays se trouve face à des épisodes plus fréquents de sécheresse et à une évapotranspiration accrue. Cela confirme l'intérêt de l'irrigation dans les systèmes de production.

L'accroissement des besoins en eau de l'agriculture et la diminution de la ressource hydrique exigent donc d'être économe en eau et de privilégier l'irrigation de complément pour sécuriser les rendements. En d'autres termes, respecter l'itinéraire technique et favoriser l'agriculture intelligente couplée à une irrigation innovante.

Chapitre II : L'eau et la production agricole

2.1. Aperçu général

Selon la FAO 2020, bien que moins de 20 % des terres cultivées dans le monde sont irriguées, elles génèrent 40 % de l'alimentation, soit une production bien plus abondante et constante que celle obtenue par l'agriculture pluviale (Jasmin et al., 2011), et ce en tenant compte de la moyenne de productivité à l'hectare (figure 6), sachant qu'en 1960, ce taux n'étaient qu'environ 10 % (Bouarfa et al., 2015).

Aussi, Pour répondre aux besoins fondamentaux d'une population mondiale estimée à 10 milliards de personnes en 2050, il est crucial d'augmenter la production agricole d'environ 70 % d'ici là estime la même organisation, en faisant savoir que de 1961 à 2016, la superficie de terres cultivées par habitant à l'échelle de la planète a connu une diminution continue, passant approximativement de 0,45 hectare à 0,21 hectare par habitant (FAO, 2020).

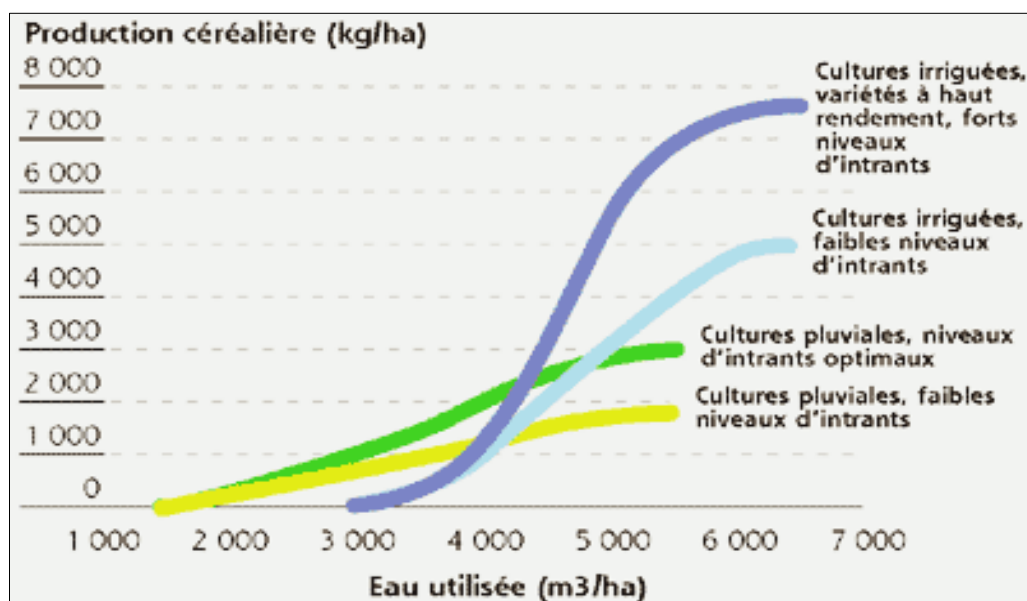


Figure 6 : Rendements et besoins en eau de l'agriculture irriguée et pluviale pour la production céréalière

Source : FAO, 2020

Le schéma ci-dessus illustre que les rendements issus de l'irrigation sont au minimum deux fois plus élevés que ceux provenant de l'agriculture pluviale. Ceci indique l'importante contribution de l'agriculture irriguée dans la production alimentaire mondiale. De manière générale, l'agriculture irriguée tend à être plus productive que l'agriculture pluviale, indépendamment du niveau d'intrants, pour

mieux répondre aux exigences des cultures (FAO, 2002). Cela découle de l'avantage de pouvoir gérer avec exactitude la quantité d'eau utilisée par les plantes.

Malgré cela, il convient toutefois de rappeler que l'agriculture irriguée génère moins de nourriture que l'agriculture pluviale, cette dernière étant responsable de plus de 60 % de la production alimentaire mondiale et s'étendant sur 83 % des terres cultivées, en particulier dans les zones où l'eau fait défaut. Pour illustrer, elle occupe plus de 95 % des terres agricoles en Afrique subsaharienne, 90 % en Amérique latine, 75 % au Proche-Orient et en Afrique du Nord, 65 % en Asie de l'Est et 60 % en Asie du Sud (Rockström et al., 2010).

Aussi, l'accès à l'eau et son utilisation rationnelle représentent l'un des enjeux cruciaux à surmonter pour ses usages qui ne manqueront pas de s'intensifier à l'avenir, ce qui aura un impact notable sur la production agricole, d'où la nécessité de promouvoir l'irrigation tout en veillant à l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau qui demeure l'un des objectifs les plus recherchés.

2.2. L'eau et la production agricole en Algérie, évolution et perspectives

2.2.1. Bref état des lieux sur l'eau et l'agriculture irriguée avant et après 1980

En Algérie, pays où l'eau est précieuse, peu d'initiatives ont été mises en œuvre après l'indépendance pour développer l'agriculture irriguée. Les surfaces mises en valeur depuis l'indépendance sont relativement faibles, ceci pour des raisons de choix politique pour le développement de l'Algérie (Mouhouche, 2004). Une progression minime des terres irriguées, passant de 224 000 ha en 1958 à 269 740 ha en 1968, puis de 313 340 ha en 1978 à 335 700 ha en 1988 (Dekhil, 1991).

Par exemple, selon la FAO, la superficie irriguée par personne a diminué de 0,0139 ha/habitant en 1962 à 0,0123 ha/habitant en 1986 (tableau 4) (FAO AQUASTAT, 2015), période pendant laquelle l'Algérie a engagé une nouvelle phase de réformes économiques axées sur le développement de nouveaux périmètres irrigués qui concentrent majoritairement le potentiel productif du pays et font l'objet d'une attention particulière dans le cadre de ces réformes (Amichi et al., 2011).

Tableau 4 : Evolution des superficies équipées et irriguées à l'hectare en Algérie de 1962 à 1986, y compris l'irrigation par épandage des crues

Année	GPI		PMH		Total		Ratio/habitant
	Equipée	Irriguée	Equipée	Irriguée	Equipée	Irriguée	
1962	105500	44000	/	120000		164000	0.0139
1986	145120	66170	/	215830		282000	0.0123
Taux d'évolution	37.5 %	50.3 %		79.8 %		71.9 %	- 11.5 %

Dès les années 1980, et face à l'intensification des problèmes d'eau causés par des précipitations irrégulières et des événements climatiques extrêmes, la construction de barrages a été privilégiée pour pallier cette variabilité interannuelle (Pérennès, 1986). L'objectif était de régulariser les ressources hydriques pour protéger le potentiel d'irrigation et, par conséquent, la production agricole.

Ces mesures de protection de nos potentiels irrigables sont restées tributaires de la concrétisation des objectifs arrêtés par les études lancées depuis 1967 avec des bureaux d'étude de renommée mondiale tels que l'Energoprojekt et la SOGREAH.

L'objectif visé par ces études portait essentiellement sur la grande hydraulique. Malheureusement, jusqu'à 1980, les objectifs proposés par ces études n'étaient pas encore réalisés, voire même une régression des superficies irriguées selon le tableau 5 ci-après élaboré par Pérennès en 1986 à partir du bilan de la décennie 67-78 réalisé en 1980 par le Ministère du plan et de l'aménagement du territoire (MPAT).

Tableau 5 : Evolution comparative des superficies équipées et irriguées à l'hectare en Algérie de 1967 à 1980

Périmètres	Situation en 1967		Situation en 1980		Taux d'évolution (%)		
	Equipées	Irriguées	Equipées	Irriguées	Equipées	Irriguées	
Sig	8 651	5 400	8 200	4 500	-	5,21	- 16,67
Habra	20 210	19 690	19 600	10 000	-	3,02	- 49,21
Mina	13 647	9 263	9 900	6 500	-	27,46	- 29,83
Bas-Chelif	27 700	17 468	22 500	3 500	-	18,77	- 79,96
Moyen Chelif	25 386	21 244	21 800	10 000	-	14,13	- 52,93
Haut Chelif	37 020	14 868	13 830	6000	-	62,64	- 59,64
Hamiz	18 470	18 000	18 000	8 800	-	2,54	- 51,11
Total	151 084	105 933	113 830	49 300	-	24,66	- 53,46

Source : Pérennès, 1985

Les données du tableau mettent en évidence une baisse significative des superficies équipées et irriguées, enregistrant respectivement des diminutions de 37 254 hectares et 56 633 hectares.

Cette situation de contrainte a incité les pouvoirs publics à rechercher la meilleure issue pour y remédier. L'une des mesures déterminantes de cette période a été la promulgation de la **loi 83-17 du 16 juillet 1983** modifiée et complétée portant code des eaux. Elle définit les principes fondamentaux, les objectifs et les modalités d'utilisation des ressources hydriques à l'échelle nationale.

2.2.2. Réorganisation institutionnelle et gestion des grands périmètres irrigués

Avant 1984, ces grands périmètres irrigués étaient administrés par des subdivisions d'exploitation rattachées aux directions de l'hydraulique des wilayas (DHW). Depuis 1985, les missions de gestion, d'exploitation et d'entretien des équipements hydrauliques de ces périmètres ont été confiées à 13 offices des périmètres irrigués (OPI) nouvellement créés et ayant le statut d'établissements publics à caractère économique, dont cinq sont mis sous tutelle du ministère des Ressources en eau et huit sous l'autorité de wilaya.

Conformément au **décret exécutif n° 85-261 du 29 octobre 1985** fixant le statut type des offices des périmètres d'irrigation (OPI), sont chargés de gestion, d'exploitation et d'entretien des équipements hydrauliques dans les périmètres irrigués, tel que prévu par le **décret exécutif n° 85-260 du 29 octobre 1985** portant cahier des charges-type relatif à l'octroi des concessions de gestion, d'exploitation et d'entretien des équipements hydrauliques dans les périmètres d'irrigation. Ils gèrent, exploitent et entretiennent les servitudes d'accès. Ils assurent aussi la conduite des irrigations à l'intérieur du périmètre et doivent développer les actions d'appui à l'irrigation, suivi par la promulgation du **décret 85-267 du 29 octobre 1985** définissant les modalités de tarification de l'eau potable, industrielle, agricole et d'assainissement, affirmant le principe du recouvrement progressif de l'amortissement des infrastructures.

Deux ans plus tard, en 1987, dans le cadre de la poursuite des efforts de restructuration amorcés au début des années 80, un nouvel organisme a été créé. Il s'agit d'un établissement public à caractère administratif doté de l'autonomie financière, établi par le **décret 87-181 du 18 août 1987**. Cet organisme, l'AGID, est maître d'œuvre de tous les projets selon les articles 5 et 9 du décret, de la conception, de l'étude et de la réalisation des infrastructures hydrauliques pour l'irrigation et le drainage. Il a également pour mission de soutenir, d'évaluer et d'analyser les activités des organismes concessionnaires.

Les décisions prises par le gouvernement algérien témoignent de la volonté d'améliorer le secteur agricole, notamment par le développement de l'irrigation. Cette ambition s'est traduite par la mise en place de plans de développement quinquennaux (1980-1984 et 1985-1989), en cherchant à stimuler la croissance économique du pays et faire face aux difficultés économiques croissantes, liées en partie à la baisse des prix des hydrocarbures sur le marché mondial.

L'Algérie, cherchant à dynamiser son économie, a placé l'agriculture au cœur de ses réformes. Ce secteur, employant déjà 25 % de la population active et contribuant entre 9 et 13 % du PNB (FAO, 1992), disposait de vastes superficies agricoles utiles de près de 7,5 millions d'hectares réparties comme suit (figure 7).

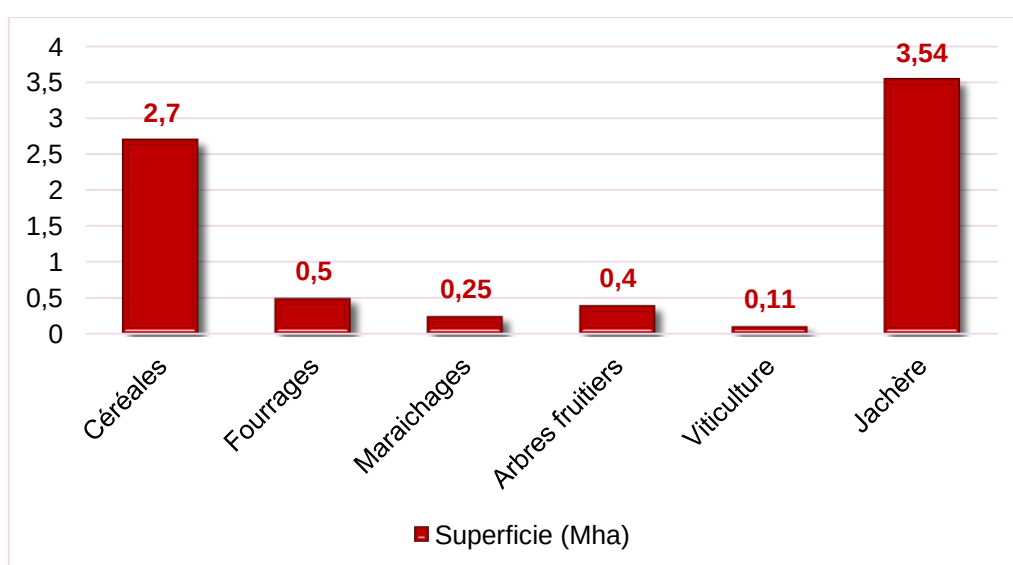


Figure 7 : Répartition de la surface agricole utile (SAU) selon les différentes filières de production en Algérie en 1992

Les résultats de la figure révèlent une prédominance marquée des terres en jachère et des cultures céréalières, tandis que les autres cultures occupent des surfaces nettement plus réduites. La figure 8 illustre le taux de répartition par filières par rapport à surface agricole utile (SAU).

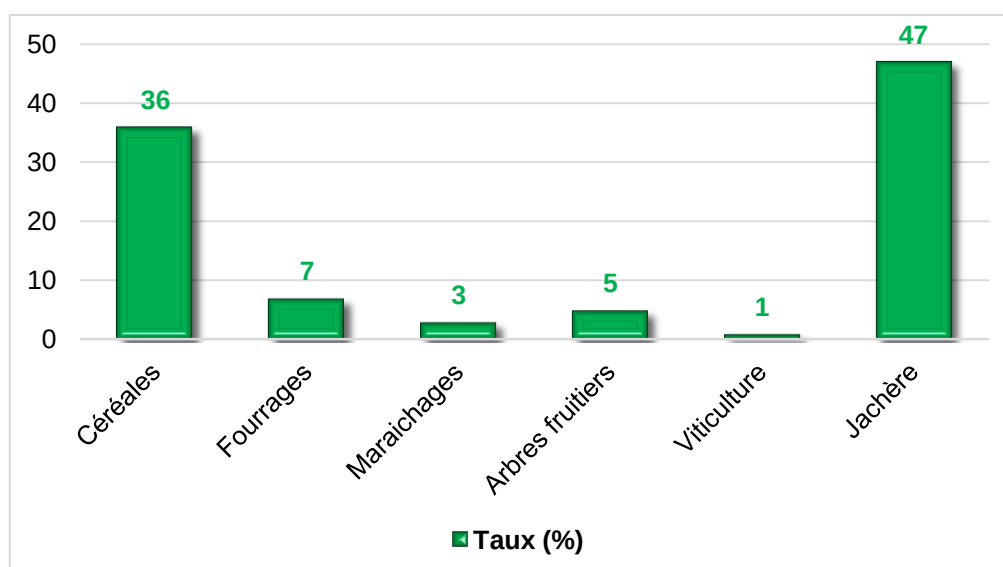


Figure 8 : Taux de répartition de la SAU par filière de production agricole en Algérie en 1992

La décennie 1980 a été marquée par une volonté des décideurs d'accorder une importance particulière au développement de l'hydraulique agricole. Cette volonté s'est concrétisée par une hausse des investissements consacrés à l'agriculture de 14,3 % de 1985 à 1989, ciblant une croissance de 4,5 % par an de la valeur ajoutée agricole (FAO, 1988).

2.2.3. Aperçu de la relance de l'agriculture irriguée à travers les plans quinquennaux

Il convient de noter qu'en Algérie, seulement trois barrages ont été mis en service entre l'indépendance et 1980 (Fergoug en 1970, Sidi Mohamed Benaouda en 1978 et Djorf Torba en 1969). La capacité supplémentaire de ces ouvrages est de l'ordre de 100 à 150 millions de m³ d'eau, ce qui a conduit à un retard significatif du pays dans le domaine de la mobilisation des ressources en eau (Amzert, 1995).

À partir de 1980, l'Algérie s'aligne sur le modèle international. La Banque mondiale réoriente complètement la politique hydraulique (Amzert, 1995). Le gouvernement a été contraint de réviser sa stratégie hydraulique en adoptant ledit modèle, basé sur le système de « vérité des prix », selon les principes de gestion en aval et du désengagement de l'État dans le financement de ce secteur (Banque mondiale, 1987).

Cependant, l'industrialisation privilégiée au détriment de l'agriculture a entraîné une baisse significative de la contribution de ce secteur au PIB, passant de 15 % en 1965 à 6 % en 1984, et a créé une forte dépendance alimentaire aux

importations, pour nourrir une population qui connaissait une forte croissance annuelle d'un taux de 3,41 % selon la Banque mondiale. Les décideurs sont de plus en plus préoccupés par cette dépendance.

2.2.4. L'Algérie opte pour une nouvelle approche de développement

Pour faire face, une nouvelle approche de développement fut lancée en se référant à une analyse du secteur agricole qui repose sur le constat d'une dépendance alimentaire qui représentait, en 1980, les deux tiers de la consommation totale (Banque mondiale, 1987). Le premier plan quinquennal (loi n° 80-11 du 13 décembre 1980) a entrepris une restructuration significative du secteur socialiste et du dispositif d'aide au secteur privé pour augmenter la production. La création des domaines agricoles socialistes (DAS), dotés d'un encadrement meilleur, apurés de leurs dettes, a constitué un progrès notable ; le secteur privé, qui possède 60 % des terres cultivées, a bénéficié d'un accès facile aux facteurs de production.

Le deuxième plan quinquennal, promulgué par la loi n° 84-22 du 24 décembre 1984, a recentré les efforts sur :

- L'augmentation des superficies irrigables ;
- L'amélioration de la gestion de l'eau par une utilisation rationnelle des sols et des ressources en eau afin de réduire la contrainte hydrique ;
- L'optimisation des autres facteurs de production, visant l'amélioration de l'ensemble des éléments contribuant à la production agricole.

Des programmes de renforcement et de développement du potentiel de production agricole et hydraulique (conformément à l'article 6, alinéa 3 de la loi) ont été mis en place. L'objectif était de contribuer à terme à résoudre le problème de l'alimentation. Pour atteindre cet objectif, le plan prévoyait :

- la réhabilitation de 58 000 hectares de terres : il s'agissait de remettre en état les équipements et le réseau de distribution des anciens périmètres se trouvant dans un état de dégradation avancée ;
- lancer la réalisation de 77 000 hectares nouveaux.

Cela représentait un rythme de réalisation et l'équipement de 10 000 à 15 000 hectares par an.

2.2.5. Freins à l'irrigation : quels sont-ils ?

Le développement de l'irrigation a été freiné par de nombreuses contraintes, et les infrastructures d'irrigation existantes n'étaient plus en mesure de fournir de l'eau d'irrigation avec une garantie acceptable pour les principales raisons suivantes :

- Le rythme lent de construction des barrages et infrastructures hydro-agricoles ;
- Les ressources en eau disponibles étaient attribuées en priorité à d'autres usages ;
- La diminution de l'efficacité des réseaux de distribution de l'eau d'irrigation par manque d'entretien des réseaux de distribution.

Malgré l'importance accordée au développement des grands périmètres irrigués (GPI) dans les plans quinquennaux de 1980-84 et 1985-89, les objectifs n'ont pas été atteints. Le manque de planification et les difficultés d'exécution ont limité les réalisations à près de 23 000 hectares aménagés durant le plan 1985-89, bien en deçà de l'objectif annuel de 10 000 hectares identifié par la FAO en 1992.

À la fin de cette période de planification, un déséquilibre important caractérisait l'équipement hydro-agricole : un nombre considérable de barrages (environ 43) ont été construits ou sont en cours de construction, tandis que le développement des grands périmètres d'irrigation (GPI) accuse un retard significatif. Selon le rapport d'identification de la FAO élaboré dans le cadre du projet PAI, on estimait un déficit de 70 000 hectares à équiper pour utiliser les ressources hydrauliques théoriquement mobilisables. De plus, la sécheresse de la décennie a aggravé cette situation.

Bien qu'un autre plan quinquennal ait été mis en place, le plan 1990-1995 avait pour objectif principal de rattraper le retard accumulé dans la construction des infrastructures de mobilisation des ressources en eau et d'aménagement hydro-agricole des grands périmètres irrigués (GPI) en priorité.

2.2.6. Situation des grands périmètres irrigués à la veille de l'adoption du Plan quinquennal 1990-1994

Malgré une progression globalement modeste des surfaces irriguées dans les Grands Périmètres Irrigués (GPI), le potentiel hydraulique agricole a atteint près de 177 000 hectares équipés à la fin de la décennie 1980-90. Ce résultat, rendu possible par le développement des capacités nationales d'études et de réalisation (FAO PAI, 1992), masque cependant d'importantes fluctuations : après avoir culminé

à 145 120 hectares équipés en 1986, les surfaces effectivement irriguées ont chuté à 66 170 hectares en 1987 et 36 180 hectares en 1989, soit une régression de 45% (Potin, 2007).

Le tableau 6 ci-après montre la répartition des superficies équipées par GPI, disponibles en 1990 et couvrant 177 000 hectares. Il met en évidence l'importance des différents modes d'irrigation employés.

Tableau 6 : Situation des superficies équipées et irrigables dans les GPI de l'Algérie en 1990 et modes d'irrigation pratiqués

Périmètres	Superficie Equipée (ha)	Superficie irrigable (ha)	Type d'irrigation
Périmètres Régionaux			
Bouamoussa	16 500	14 800	Aspersion
Hamiz	17 000	12 000	Gravitaire
Mitidja Ouest	8 600	2 300	Aspersion
Haut Chelif	20 200	16 300	Aspersion
Moyen Chelif	21 800	10 000	Gravitaire
Bas Chelif	22 500	5 000	Gravitaire
La Mina	8 600	5 000	Gravitaire
Habra	19 600	9 000	Gravitaire
Sig	8 200	3 500	Gravitaire
Périmètres de Wilaya	34 100	16 200	70% A et 30% G
Total	177 100	94 100	

La grande irrigation, s'organise autour de deux types de périmètres : les périmètres régionaux, regroupés en 4 Offices Régionaux et totalisant 143 000 hectares équipés dont 77 900 hectares irrigables (55%), et les périmètres de wilaya, gérés par 7 Offices de Wilaya et couvrant 34 000 ha équipés dont 16 200 ha irrigables. Au total, seulement 53% des surfaces équipées sont effectivement irrigables. L'irrigation gravitaire domine dans les périmètres régionaux avec un taux d'utilisation de 72%, contrairement aux périmètres de wilaya où l'aspersion est prépondérante (70%).

2.3. La grande irrigation : stratégies et moyens pour surmonter le déficit

2.3.1. Problématique

À la fin des années 1980, la grande irrigation algérienne se retrouvait dans une situation de crise majeure, caractérisée par un déséquilibre important entre les ressources en eau disponibles et les besoins des grands périmètres irrigués. Ce déséquilibre est causé essentiellement par les faibles capacités de mobilisation des ressources en eau qui ne correspondaient pas aux besoins des grands périmètres

irrigués. Ces derniers souffraient d'un développement insuffisant tant au niveau de nouveaux aménagements que de la réhabilitation de ceux existants.

La première cause à l'origine de cette situation réside dans la priorité accordée aux autres secteurs économiques au détriment de l'agriculture en générale et l'irrigation en particulier, une tendance qui a persisté jusqu'à la mise en œuvre des premiers plans quinquennaux. Cette priorisation a eu des conséquences désastreuses sur le développement de l'irrigation, notamment sur les infrastructures existantes, qui n'étaient plus en mesure de garantir un approvisionnement en eau fiable et suffisant.

Les conclusions de la FAO, tirées de projets de développement hydro-agricole menés avec le gouvernement algérien, à l'exemple du projet 25/88 CP-ALG 23 du 7 mars 1988, ont souligné les principales causes des mauvaises performances des réseaux d'irrigation. Ces conclusions ont mis en évidence l'inaptitude de ces infrastructures à satisfaire les besoins en eau de l'agriculture irriguée et ont identifié les raisons principales de ces contre-performances, notamment :

- le rythme très lent de la construction des barrages ;
- les ressources en eau disponibles étaient attribuées, en priorité, à l'alimentation en eau potable et l'industrie ;
- le manque d'entretien et les déficiences d'exploitation des infrastructures réduisaient l'efficacité des réseaux, parfois totalement abandonnés ;
- de graves problèmes de salinisation dans certaines régions par manque de réseaux d'assainissement adéquat.

L'impact de la sécheresse, en accentuant la concurrence pour l'eau, a nécessité une réponse politique forte. Les plans d'action suivants ont ainsi été mis en œuvre pour rétablir l'équilibre du secteur hydro-agricole.

2.3.2. Principales mesures d'adaptation aux nouvelles conditions économiques

2.3.2.1. Etat des lieux

Ce chapitre se veut l'analyse de l'importance des grands périmètres irrigués dans la production agricole, en évaluant leur potentiel d'amélioration des rendements et en examinant comment les pouvoirs publics peuvent soutenir ces infrastructures pour une meilleure utilisation des ressources en eau et en sol.

Durant les années 80, l'Algérie a privilégié la construction d'infrastructures hydro-agricoles, négligeant leur gestion. Le manque d'entretien, exacerbé par la

sécheresse, a réduit l'efficacité de l'irrigation et dégradé les ouvrages. L'État a ensuite dû intervenir financièrement pour soutenir les organismes de gestion, notamment pour les infrastructures modernes et coûteuses.

En 1992, malgré ses dix grands périmètres irrigués (GPI) gérés par quatre offices régionaux, le secteur hydro-agricole algérien n'exploitait pleinement son potentiel d'irrigation. Sur 80 100 hectares irrigables, seuls 39 000 hectares étaient effectivement irrigués, ce qui représentait un taux d'utilisation de 49 %. Près de 187 millions de mètres cubes d'eau étaient distribués pour cet usage.

Le tableau 7 ci-dessous détaille la situation de la grande irrigation et l'état d'utilisation des terres irrigables au sein de ces GPI.

Tableau 7 : Situation des superficies irrigables et irriguées dans les GPI de l'Algérie en 1992 et taux d'utilisation du potentiel irrigable

Périmètres	Superficie irrigable (ha)	Superficie irriguée (ha)	Taux d'utilisation (%)	Volume distribué (hm ³)	Consommation (m ³ /ha)
Bouamoussa	14 800	4 758	32	25,47	5 353,09
Safsaf	2 200	192	9	1,17	6 093,75
Hamiz	12 000	5 522	46	16,30	2 951,83
Mitidja Ouest	2 300	2 300	100	8,00	3 478,26
Haut Chelif	16 300	5 251	32	46,00	8 760,24
Moyen Chelif	10 000	4 480	45	29,00	6 473,21
Bas Chelif	5 000	2 578	52	26,00	10 085,34
La Mina	5 000	3 682	74	23,00	6 246,61
Habra	9 000	7 000	78	8,00	1 142,86
Sig	3 500	3 500	100	5,00	1 428,57
Total	80 100	39 263	49	187,94	4 786,69

Ainsi, les bilans d'exploitation de l'AGID (2002) et les études de BRLi (2001 et 2002) ont révélé des difficultés majeures pour la grande irrigation en Algérie, notamment :

- l'insuffisance des ressources en eau disponibles pour l'irrigation dans la plupart des périmètres, limitant les volumes distribués par rapport au potentiel irrigable ;
- les difficultés financières rencontrées par les organismes de gestion, liées à l'exploitation de leurs structures ;
- une sous-utilisation des investissements réalisés, avec seulement près de 39 000 ha effectivement irrigués en moyenne sur 80 100 ha irrigables en GPI. Le manque d'entretien entraîne des pertes importantes et la dégradation des infrastructures ;

- une sous-exploitation des sols des périmètres irrigués entraînant une faible valorisation de ce patrimoine coûteux.

Par ailleurs, les infrastructures d'irrigation vieillissantes et la prédominance de l'irrigation gravitaire sont parmi les principales causes de la contre-performance technique des grands périmètres irrigués en Algérie, sachant que plus de 68 % des installations d'irrigation ont été mises en place avant l'indépendance, nécessitant ainsi une remise à niveau. Aussi, près de 72 % des superficies irriguées dans les grands périmètres dépendent de l'irrigation gravitaire, une méthode potentiellement moins efficiente et grande consommatrice d'eau.

2.3.2.2. De la gestion de l'offre à la gestion de la demande

Avec une population mondiale approchant les 10 milliards dans quelques dizaines d'années, la FAO estime qu'une augmentation de 70 % de la production agricole est nécessaire. Dans ce contexte, les grands périmètres irrigués (GPI) jouent un rôle déterminant. Les statistiques mondiales montrent que 20 % des terres irriguées produisent déjà 40 % de la production agricole mondiale, soulignant l'importance de développer de nouvelles terres irriguées pour atteindre les objectifs de sécurité alimentaire.

Dans ce contexte, et face à la limitation des ressources en eau et à la dégradation des infrastructures d'irrigation dans les grands périmètres irrigués existants, L'Algérie s'est engagée à mettre en œuvre diverses mesures pour atténuer la dépendance aux importations de nourriture en misant sur l'agriculture irriguée.

Malgré la continuité des efforts de réhabilitation des périmètres irrigués entrepris durant les deux plans quinquennaux, les autorités ont choisi de recentrer une partie de leurs actions sur l'exploitation et l'entretien des 80 000 hectares existant, tout en poursuivant à lancer de nouveaux projets.

À cet égard, et dans le cadre d'une collaboration avec la Banque mondiale pour promouvoir l'irrigation, le programme de coopération FAO/Banque mondiale (FAO-CP) a été sollicité par le gouvernement algérien pour assister à la formulation d'un projet d'appui à l'irrigation qui visait comme objectifs :

- Améliorer les conditions d'exploitation et de maintenance des réseaux d'irrigation des 4 OPI régionaux et des 7 OPI de wilaya, afin d'assurer une utilisation efficace de l'infrastructure hydro-agricole et des ressources hydriques ;

- Améliorer l'efficacité et l'autonomie financière des OPI par l'ajustement du cadre légal de leurs attributions et par la mise en place de systèmes modernes de gestion.

Le processus d'élaboration du projet a impliqué plusieurs missions de la FAO-CP en Algérie (1991-1993), aboutissant à la rédaction d'un aide-mémoire présentant les principales recommandations, destiné au gouvernement, dont les principales actions retenues selon le rapport n° **67/93 CP-ALG 37 du 30/04/1993** se résument comme suit :

- **Travaux de réhabilitation** : renouvellement de gros équipements de pompage, remplacement de tronçons de canaux et de conduites et de matériel hydromécanique et remise en état de grands canaux d'adduction (49,3 millions de dollars).
- **Renforcement des OPI en moyens logistiques** : engins lourds d'entretien, véhicules légers mobylettes et constructions diverses (30,3 millions de dollars).
- **Mesures d'accompagnement** : études institutionnelles, de management et techniques, renforcement des OPI et de l'AGID en ressources humaines, actions de formation et d'assistance technique (21,9 millions de dollars).

En termes de bénéfices, le projet vise le passage du sec à l'irrigué sur 25 000 ha et l'augmentation des rendements des cultures annuelles de 10 à 20 % et de 15 à 30 % pour l'arboriculture.

En raison de la situation économique mondiale, aggravée par l'instabilité politique et sécuritaire qu'a connu le pays durant la décennie 1990-2000, les investissements en équipements ont été considérablement réduits. L'investissement public global a chuté à une moyenne annuelle de 302 milliards de dinars algériens (DA) avec seulement 12 % (36 milliards de DA) alloués au secteur des ressources en eau (Akli et al., 2016).

Reconnaissant l'importance cruciale de la gestion de l'eau, le gouvernement algérien a pris une initiative louable en organisant les premières Assises nationales de l'eau en 1995. Ces assises ont mis en évidence des problèmes majeurs au sein des réseaux de distribution et d'assainissement, entraînant ainsi des réformes juridiques et institutionnelles dans le secteur de l'eau, avec une priorité accordée à :

- la mise en place d'un cadre réglementaire, la gestion intégrée des ressources, l'efficience de l'eau agricole et la politique tarifaire.

- création du ministère des Ressources en eau, des agences de bassins hydrographiques et restructuration des agences existantes.
- amélioration de l'alimentation en eau potable et développement des grands transferts hydrauliques.

Les réformes entreprises ont mené à l'adoption d'une nouvelle politique de l'eau définie et encadrée par la **loi n° 05-12 du 4 août 2005** relative à l'eau. Elle vise à moderniser la gestion des ressources en eau, à les contrôler et gérer efficacement et à mettre en œuvre une tarification appropriée des services de l'eau.

Dans le même objectif, ces réformes sont essentielles pour le développement de l'agriculture irriguée, par la construction d'infrastructures de mobilisation et une planification rigoureuse des ressources en eau dédiées à l'irrigation. Cela devrait permettre de répondre aux besoins croissants engendrés par la croissance socio-économique du pays et l'amélioration de la production agricole par l'extension des superficies irriguées selon le CNES (2000).

S'appuyant sur les rapports de BRLingénierie (2001), les acteurs du secteur hydro-agricole ont identifié les principaux freins au développement de l'irrigation en Algérie, particulièrement dans les grands périmètres. Ces obstacles incluent : un déficit pluviométrique majeur entraînant une pénurie d'eau (figure 9) ; une perte significative du potentiel irrigable due à la dégradation du réseau public par manque d'entretien (tableau 8) ; une faible efficacité globale des réseaux d'adduction-distribution de 57,5 % en moyenne (AGID, 2002) ; et des redevances d'eau d'irrigation insuffisantes, liées à une tarification inadéquate, qui, combinées au déficit hydrique (tableau 9), engendrent des difficultés financières pour les gestionnaires.

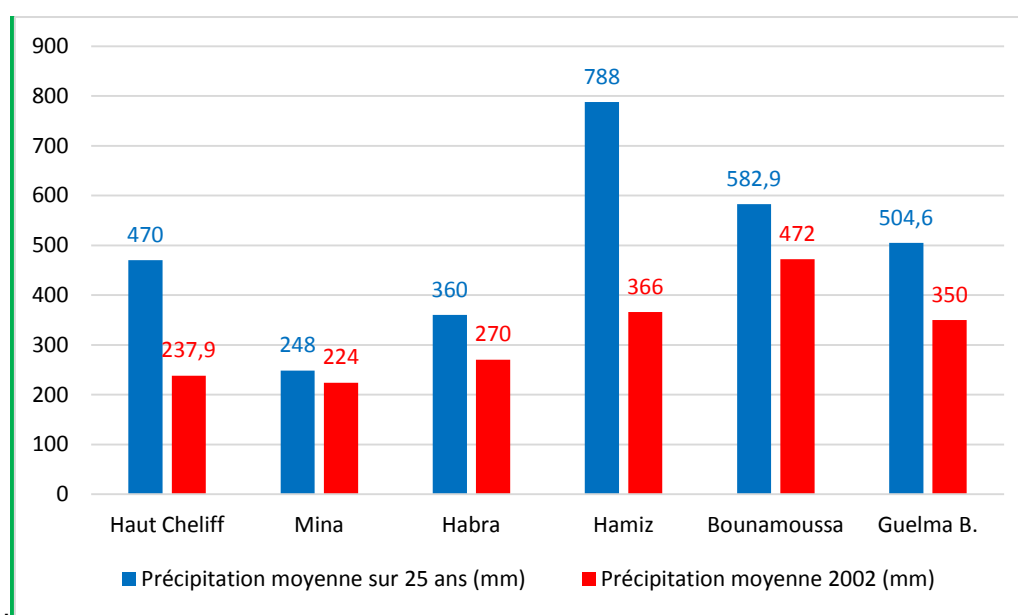


Figure 9 : Le déficit pluviométrique moyen (mm) évalué dans certaines régions de l'Algérie durant la période 1992-2002

Source : AGID, 2002

Tableau 8 : Exemples de pertes en superficie enregistrées dans quelques GPI d'Algérie durant la période 1992-2002

Périmètres	Superficie irrigable (ha)			Superficie irriguée (ha)		
	1992	2002	Taux (%)	1992	2002	Taux (%)
Haut Chélif	16 300	16 000	- 2	5 251	3 295	-59
Mina	5 000	5 000	0	3 682	4 769	-30
Habra	9 000	6 500	-38	7 000	6 475	-8
Hamiz	12 000	11 000	-9	5 522	897	-516
Bounamoussa	14 800	14 800	0	4 758	0	- 100
Total	57 100	53 300	- 2	39 263	15 435	-154

L'analyse des données d'exploitation des GPI de 1992 à 2002 révèle l'impact de la sécheresse sur le déficit hydrique et son incidence sur la situation financière des organismes de gestion. Cette situation financière critique ne permet pas à ces organismes de remplir convenablement leur mission, ce qui entraîne une perte de contrôle de la gestion nécessitant ainsi une révision profonde des méthodes d'exploitation de ces périmètres.

Le tableau ci-dessous présente, à titre d'illustration, les recettes générées par la vente d'eau d'irrigation pour la campagne 2002. Il met également en évidence les conséquences financières, et plus particulièrement le manque à gagner, pour les Offices de Périmètres Irrigués (OPI) au niveau régional.

Tableau 9 : Impact des redevances d'irrigation et du déficit hydrique sur les finances des OPI régionaux : Campagne 2002

N°	Rubriques	Unité	OPIM	OPIC	OPIHS	OPIT	OPIOR	Total GPI
1	Superficie équipée	ha	25 600	61 500	27 800	28 761	3 680	147 341
2	Superficie irrigable	ha	19 500	36 000	11 900	23 800	3 680	94 880
3	Volume contractuel	hm ³	97	290	67	192	44	690
4	Redevance volumétrique théorique (3x1, 25 DA/m ³)	MDA	121	363	80	240	44	848
5	Redevance fixe théorique (2x400)	MDA	8	9	5	10	1	32
6	Redevance totale théorique (4+5)	MDA	129	372	85	250	45	880
7	Superficie irriguée	ha	896	13 786	10 974	4 200	3 304	33 160
8	Volume distribue (réel)	hm ³	1	86	20	23	35	166
9	Redevance volumétrique réelle (8x1, 25 DA/m ³)	MDA	2	107	26	32	35	201
10	Redevance fixe réelle (7x400 DA)	MDA	0	3	2	2	1	9
11	Redevance totale réelle (9+10)	MDA	2	110	28	33	36	210
	Manque à gagner (6-11)	MDA	127	261	57	216	9	670
	Déficit hydriques (3-8)	hm ³	96	204	47	169	9	524
	Taux	%	99	70	70	88	20	76

En raison d'une baisse de 76 % des dotations en eau, les organismes de gestion font face à des difficultés financières. Les revenus de la vente d'eau ne suffisent plus à couvrir les coûts de fonctionnement des périmètres irrigués, la qualité de l'irrigation et la maintenance des infrastructures publiques sont compromis. Cela rend évidente une refonte de la gouvernance de l'eau d'irrigation.

De nombreuses études soulignent l'importance de s'attaquer à des défis tels que l'innovation technique pour améliorer l'efficacité de l'agriculture, ainsi que l'adoption de nouvelles méthodes de gestion de l'eau et des terres au sein des périmètres collectifs (Jasmin et al., 2011).

2.3.2.3. L'irrigation : un facteur clé du développement durable

Bien que la superficie irriguée soit limitée, ne dépassant pas les 33 160 ha dans les GPI et environ 400 000 ha au total y compris la PMH, soit moins de 5 % des terres agricoles utiles (AGID, 2003), leur contribution à la valeur de production agricole globale reste considérable, dépassant un taux de 40 %. Une réalité, dénote l'importance de l'irrigation pour la sécurité alimentaire et la réduction des importations de produits de base.

Les grands périmètres irrigués, en particulier, offrent un potentiel optimal pour une production intensive à haute valeur ajoutée. De plus, la FAO 2020, estime que l'irrigation sera à l'origine de près des trois quarts de l'augmentation de la production

agricole mondiale, grâce à des rendements 2 à 5 fois supérieurs à ceux des cultures pluviales (FAO, 2020). Il est donc nécessaire de mettre en œuvre un plan d'action pour développer l'hydraulique agricole et la mise en place de réseaux modernes d'irrigation qui permettront d'économiser l'eau et d'augmenter les rendements agricoles.

Dans cette optique, l'Algérie s'est engagé à redresser la situation et œuvrer dans le but d'améliorer la prise en charge et la maîtrise des fonctions de gestion, d'exploitation et de maintenance des infrastructures d'irrigation à travers :

- l'achèvement des anciens projets datant parfois de plus de 10 ans ;
- la remise à niveau des périmètres existants afin d'augmenter leur performance et réduire les pertes ;
- l'intégration des agriculteurs dans le processus d'économie de l'eau à travers l'introduction des techniques d'irrigation économes en eau ;
- l'application d'une tarification plus ou moins correspondant à la valeur économique de l'eau.

Sous réserve d'une exploitation raisonnable et efficace des ressources en eau et en sol du pays, un objectif ambitieux pour le développement à long terme de l'irrigation a été projeté : atteindre 2 ms d'hectares irrigués, tous types d'irrigation confondus, à l'horizon 2020, y compris environ 250 000 ha dans le sud irrigable à partir des eaux souterraines. Les expertises de l'OSS estiment le potentiel hydrique exploitable des nappes fossiles à 5 milliards de m³ d'eau par année sans impact sur l'équilibre de l'écosystème saharien (OSS, 2003).

Dans le but de concrétiser cette vision, deux actions principales ont été menées dans le cadre d'un programme de développement des grands périmètres irrigués : la réalisation d'études pour 139 000 ha (concernant 13 périmètres) et l'exécution de travaux sur 105 000 ha (dans 15 périmètres), le financement de ces initiatives s'élevant à 60 milliards de dinars (MRE, 2001).

Le succès de ce programme, dont une synthèse est présentée dans le tableau 10 ci-après, dépend de l'augmentation des ressources en eau et de l'accélération du rythme d'équipement des nouvelles superficies.

Tableau 10 : Objectif de superficie irriguée projetée pour l'année 2020

	Superficie (ha)	Besoins en eau (hm ³)
Grands périmètres irrigués (GPI)	500 000	3 100
Petite et moyenne hydraulique (PMH)	240 000	1 150
Régions saharienne	260 000	4 155
Total	1 000 000	8 405

2.4. Conclusion

Permettre une stabilité dans la croissance de la production agricole passe nécessairement par l'amélioration du niveau de disponibilité de la ressource hydrique.

L'adaptation des systèmes de production aux conditions d'exploitation impactées par les aléas climatiques que connaît la planète doit être envisagée pour améliorer les rendements.

Bien que l'eau soit indispensable à l'agriculture, son utilisation efficace et durable est un défi majeur. Pour l'avenir de l'agriculture, il est essentiel d'adopter une approche de gestion durable de l'eau, permettant d'améliorer les rendements, de préserver les ressources et d'assurer la sécurité alimentaire, face aux pressions croissantes liées au changement climatique et à la démographie galopante.

Chapitre III : Tarification de l'eau : un outil pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau en agriculture

Une ressource est considérée comme utilisée efficacement si l'avantage pour la société de consommer la dernière unité ou l'unité marginale de la ressource est le même que le coût de son obtention (y compris l'opportunité) (Simona et al., 2012).

3.1. Les méthodes de tarification de l'eau d'irrigation

La tarification de l'eau d'irrigation peut prendre diverses formes, allant de la simple facturation à l'hectare à des systèmes plus complexes basés sur le volume consommé, les intrants utilisés ou la production obtenue. Selon la FAO, huit méthodes principales sont déterminées pour la tarification de l'eau d'irrigation : La tarification volumétrique, selon le produit, les intrants : la tarification à la superficie, à échelons, à deux composantes, selon les gains de capital ; et par un marché de l'eau.

Ces approches sont utilisées par rapport à la diversité des conditions et des objectifs recherchés, allant de la simplicité administrative à l'incitation à une utilisation plus efficiente de l'eau (Johansson et al., 2002 ; FAO, 2005).

Selon les études, la facturation de l'eau basée sur la superficie est souvent critiquée, car elle n'encourage pas une utilisation efficiente de l'eau, étant donné qu'elle ne tient pas compte de la consommation réelle. Cependant, elle présente l'avantage d'être simple à administrer et garantit des revenus stables aux fournisseurs. Cette méthode est justifiée lorsque l'eau est abondante, que les coûts de distribution sont faibles et que l'impact d'une tarification au volume sur la réduction de la consommation est insignifiant. Cependant, face à la raréfaction de l'eau et à l'augmentation des coûts de mobilisation de nouvelles ressources, les gestionnaires se tournent de plus en plus vers une tarification volumétrique, plus adaptée à une gestion durable de l'eau (FAO, 1993).

La tarification au volume, qui consiste à facturer l'eau en fonction de la quantité consommée, a longtemps été freinée par les coûts élevés d'installation et de maintenance des équipements de mesure. Cependant, l'émergence de méthodes de mesure individuelles, basées sur la mesure directe de l'eau d'irrigation par les utilisateurs (en fonction du temps de prélèvement ou d'irrigation), ouvre de nouvelles perspectives. Pour encourager une utilisation plus efficace de l'eau, il est nécessaire de mettre en place une forme de tarification au volume (Bos et Wolters, 1990).

3.2. Problématique de la tarification de l'eau d'irrigation

La tarification de l'eau d'irrigation est essentielle pour gérer efficacement les ressources en eau, particulièrement dans le contexte d'une pénurie de plus en plus croissante et d'une demande alimentaire aussi.

Pour répondre à la demande alimentaire d'une population croissante, il faut prévoir d'augmenter l'offre en eau, sachant que les perspectives d'augmentation de l'offre sont à leurs limites dans de nombreuses régions du monde (Taabni et al., 2012), à cause des effets du changement climatique de plus en plus accrus. Cela nous interpelle à agir pour l'augmentation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau.

La région MENA est confrontée à une crise de l'eau sans précédent. Selon un rapport de la Banque mondiale publié en 2023, intitulé « Aspects économiques de la pénurie d'eau au Moyen-Orient et en Afrique du Nord : Solutions institutionnelles », la disponibilité de l'eau dans cette région devrait chuter en dessous du seuil critique de 500 mètres cubes par personne et par an d'ici 2030. Il prévoit également qu'en 2050, la région aura besoin de 25 milliards de mètres cubes d'eau supplémentaires chaque année pour répondre à ses besoins (Dominick et al., 2023).

Selon le même rapport, pour combler le déficit révélé, il faudrait construire l'équivalent de 65 usines de dessalement de la taille de celle de Ras Al Khair en Arabie saoudite, actuellement la plus grande au monde.

Dans le domaine agricole, les déficits hydriques annoncés se traduiraient par une perturbation de la durée des cycles végétatifs et l'augmentation de la demande en eau de nombreuses cultures (GIEC-IPCC, 2008).

3.3. Tarification de l'eau agricole en Algérie

3.3.1. Situation actuelle

Le cadre réglementaire algérien, établi par le code des eaux, fixe les tarifs de l'eau. Les usagers paient une redevance basée sur une formule binomiale, qui considère le débit maximal souscrit (l/s/ha) et la consommation réelle (m³).

En Algérie, les tarifs de l'eau agricole sont établis par le décret exécutif du 9 janvier 2005 fixant les règles de tarification de l'eau à usage agricole ainsi que les tarifs y afférents. Selon l'article 2 du présent décret, ce tarif couvre les frais et les charges d'entretien et d'exploitation des ouvrages et infrastructures d'irrigation et d'assainissement-drainage et contribue au financement des investissements pour leur renouvellement et leur extension. Ils sont calculés sur la base du débit maximal

souscrit et du volume effectivement consommé (art. 4). Ainsi, l'article 6 fixe les tarifs applicables pour la fourniture de l'eau à usage agricole dans les périmètres irrigués conformément au tableau 11 ci-dessous :

Tableau 11 : Tarification de l'eau d'irrigation dans les grands périmètres irrigués (GPI) d'Algérie en 2025

Périmètres d'irrigation	Tarif volumétrique (DA/m ³)	Tarif fixe (DA/l/s/ha)
Sig	2.50	250
Habra	2.50	250
Mina	2.00	250
Bas Cheliff	2.00	250
Moyen Cheliff	2.00	250
Haut Cheliff	2.50	400
Mitidja Ouest	2.50	400
Hamiz	2.50	400
Guelma-Boucheouf	2.50	400
Safsaf	2.50	400
Bounamoussa	2.50	400

Il est à noter que les tarifs applicables dans les périmètres irrigués, autres que ceux cités dans le tableau, sont fixés comme suit :

- tarif volumétrique : 2,00 DA par mètre cube en tête de parcelle ;
- tarif fixe : 250 DA par litre/seconde/hectare souscrit.

La tarification en vigueur, inchangée depuis 2005, ne correspond plus à la situation économique des organismes de gestion. Ces derniers subissent une augmentation significative de leurs coûts d'exploitation, notamment en raison de la hausse des prix des fournitures et des dépenses salariales.

De plus, on observe une augmentation des tarifs fixes (litre/seconde/hectare) en allant de l'Ouest vers l'Est (250 DA jusqu'au Moyen Chélif, puis 400 DA), une disparité qui requiert une explication plus détaillée de la méthode employée.

Cette composante fixe, basée sur un débit fictif continu, varie également entre les périmètres en fonction de divers facteurs tels que le coût d'investissement, le mode de financement, la topographie et le système de distribution.

DEUXIEME PARTIE : Etude de la zone d'étude

Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude

4.1. Choix du lieu de déroulement de l'étude

Notre étude est réalisée dans une zone à fort potentiel hydro-agricole qui a été aménagée aux frais de l'État, une infrastructure d'irrigation dénommée « périmètre irrigué » classée grand périmètre d'irrigation (GPI) conformément aux dispositions du décret exécutif n° 19-206 du 15 Dhou El Kaâda 1440 correspondant au 18 juillet 2019, fixant la typologie des périmètres d'irrigation ainsi que les règles, mesures et obligations permettant d'assurer la valorisation de l'eau et la conservation des terres agricoles. Le périmètre étudié se dénomme périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf.

4.2. Zone géographique

La zone d'étude est située dans la wilaya de Guelma ayant pour coordonnées (36°46'N, 7°28'E, altitude 279 m), localisée à 60 km de l'extrême Nord-Est algérien. Elle est constituée de deux plaines alluviales, Guelma et Boucheougouf. La première renferme les plaines de l'oued Seybouse et la vallée ancienne des confluences des oueds Cherf et Bouhamdane à l'ouest, vers la commune de Boumahra, et la plaine de Boucheougouf s'étendant de Boumahra à l'ouest vers Boucheougouf est (figure 10).



Figure 10 : Situation géographique de la zone d'étude

4.3. Ressources en eau d'irrigation

Elles constituent principalement les prélèvements à partir du Barrage Bouhamdane situé à 20 km à l'ouest de la zone d'étude, d'une capacité de régularisation de 180 millions de m³ par an. Le volume moyen théorique réservé à l'irrigation est de 55 millions de m³ par an pour une superficie potentiellement irrigable de 9 250 ha, soit une dotation moyenne théorique de 5 946 m³/ha selon les études d'APD (étude Tetraktys, 1984).

4.4. Caractéristiques climatiques

La région septentrionale de la wilaya de Guelma est dominée par un climat subhumide et la méridionale par un climat semi-aride.

Selon les données de la station météorologique de Guelma durant la période 1990 à 2020, les températures moyennes annuelles montrent que l'année 1994 est la plus chaude avec une moyenne de 19,17 °C, tandis que l'année 1992 est la plus froide avec 16,52 °C. Les précipitations varient de 982,5 mm en moyenne enregistrée en 1992 à 381,8 mm en 2008, considérée d'ailleurs comme l'année la plus sèche (figure 11).

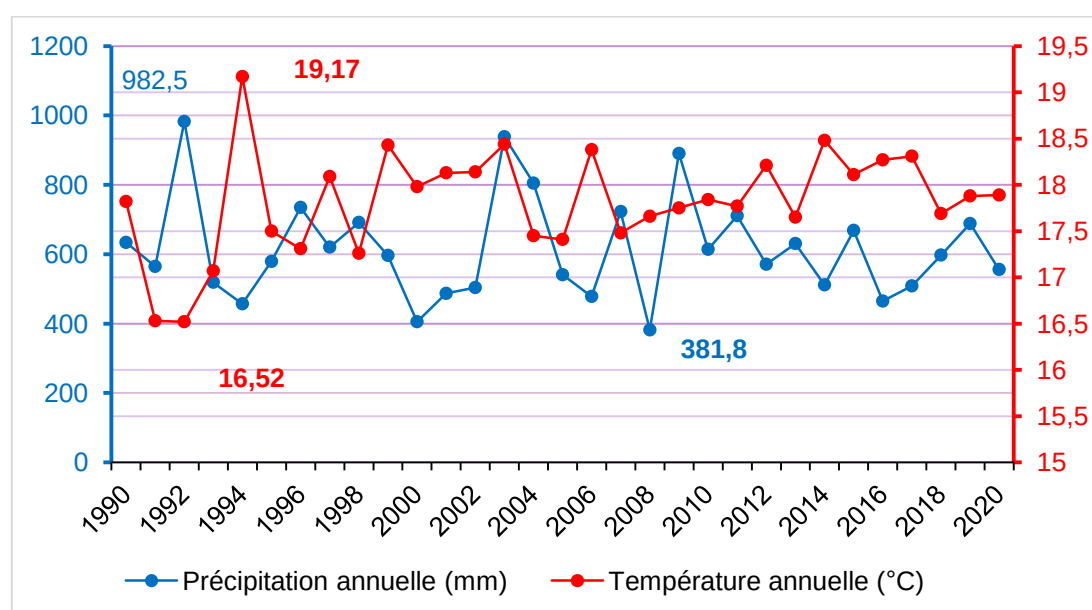


Figure 11 : Moyennes annuelles des précipitations et des températures enregistrées à la station météorologique de Guelma sur la période 1990-2020

Diagramme ombrothermique : Selon l'outil graphique de Henri Gaussen 1952, les résultats d'analyse des moyennes mensuelles des précipitations et des températures caractérisant la zone d'étude (Station de Guelma : 1990-2020), classent son climat

en période douce et fraîche de Novembre à Avril et sèche de Mai à Octobre (figure 12).

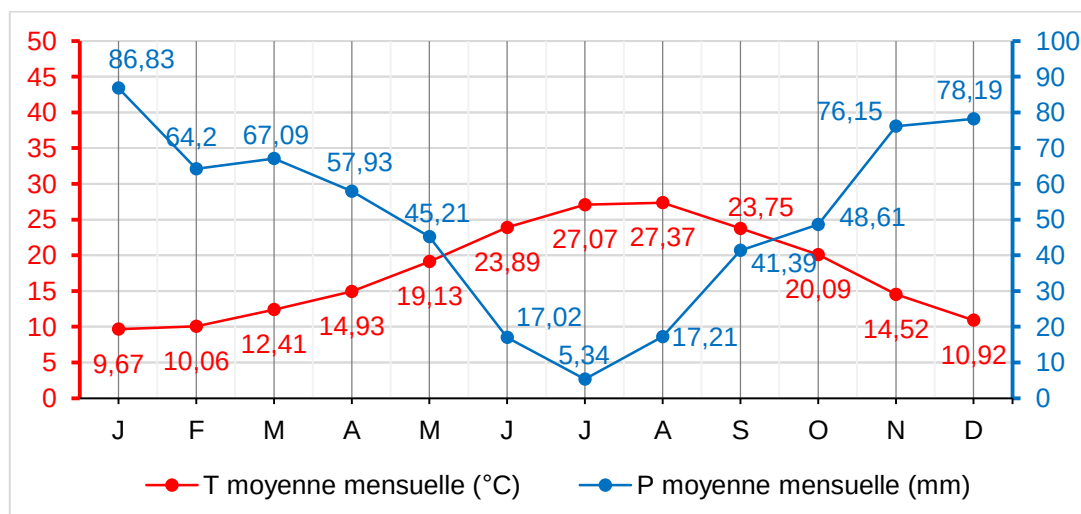


Figure 12 : Diagramme climatique ombrothermique de Gaussen pour la région de Guelma sur la période 1990-2020

4.5. Développement hydro-agricole et évolution des ressources

La wilaya de Guelma est fortement marquée par sa vocation agro-pastorale. L'irrigation dans la zone d'étude est passée d'une pratique aléatoire et limitée dans le temps et dans l'espace à des systèmes de production en irrigué plus rationnels et plus performants.

L'aménagement et la mise en valeur de la plaine de Guelma-Boucheougouf ont permis au secteur agricole de la wilaya de s'épanouir, en passant d'une irrigation contraignante et coûteuse à partir des oueds et puits à une irrigation planifiée, rassurante et mieux valorisante. Le redressement de cette situation est atteint grâce à l'engagement des pouvoirs publics à mettre en place un vaste programme stratégique de développement hydro-agricole dont l'objectif essentiel est d'accroître les superficies à haut potentiel productif.

Lancé en 1981, le projet d'aménagement hydro-agricole de la plaine de Guelma-Boucheougouf a abouti en 1996 à la mise en service de la première tranche d'un système d'irrigation moderne. Ce système, alimenté par le Barrage Bouhamdane, fonctionne sous pression et à la demande.

Cet aménagement a considérablement stimulé l'expansion des terres agricoles irriguées de la wilaya, atteignant 16 150 hectares. Cette croissance a permis une diversification des cultures et a positionné la région comme un acteur important de la production agricole, en particulier pour la tomate industrielle. En effet,

avec les wilayas d'El Tarf, d'Annaba, de Guelma et de Skikda, elle contribue à près de 90 % des superficies algériennes dédiées à cette culture (Bouزيد et Bedrani, 2013). De plus, cet aménagement a favorisé le développement d'autres cultures maraîchères irriguées.

En termes de répartition des surfaces agricoles, la wilaya de Guelma (zone d'étude) recèle une surface agricole totale (SAT) de 264 618 ha, soit 70,99 % de la superficie totale de la wilaya, dont une surface agricole utile (SAU) de 187 338 ha, soit 70,80 % de la SAT (tableau 12).

Tableau 12 : Répartition des terres agricoles de la zone d'étude

SAT (ha)			SAU (ha)		
Parcours (ha)	Improductives (ha)	Total	En sec	En irrigué	Total
50 875	26 405	264 618	171 188	16 150	187 338

Source : DSA 2017

En termes de rendement, l'aménagement hydro-agricole des plaines de Guelma-Boucheougouf a eu un impact positif considérable sur les rendements agricoles. Cet impact se traduit par une augmentation significative des récoltes et une intensification des cultures. Les données d'exploitation du périmètre confirment cette tendance, révélant une nette amélioration des rendements grâce à l'introduction de l'irrigation. La figure 13 ci-après illustre l'amélioration des rendements agricoles projetée dans le périmètre par les études.

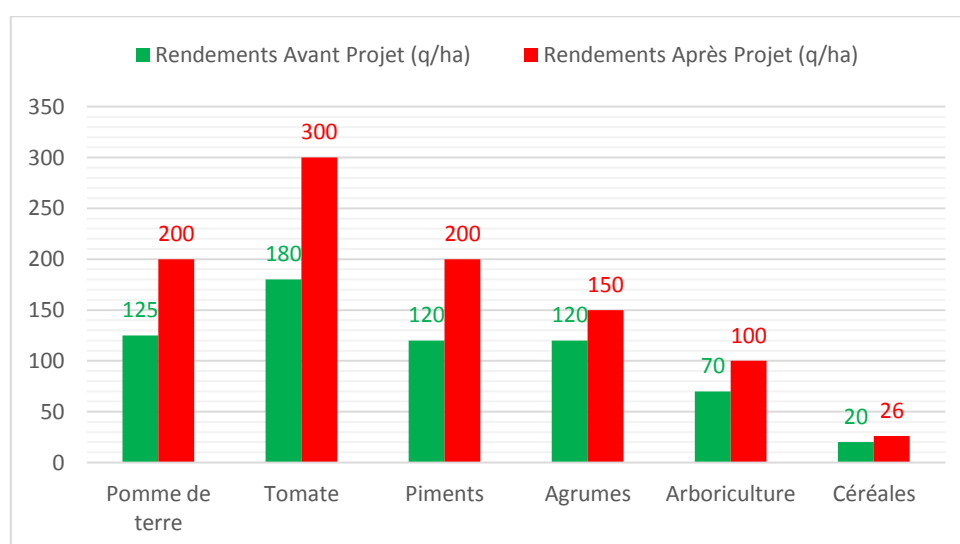


Figure 13 : Rendement moyen des cultures avant et après l'aménagement du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf

L'amélioration des rendements est fortement liée à l'évolution des techniques d'irrigation de plus en plus performantes. Initialement, l'aspersion était la méthode

privilégiée. Cependant, grâce à la mise en œuvre de programmes gouvernementaux de l'économie d'eau, le système d'irrigation localisé, notamment le goutte-à-goutte, a été progressivement adopté. Ces deux techniques ont permis de réduire significativement les coûts et le temps de travail des agriculteurs, en particulier pour les cultures maraîchères d'été à forte valeur ajoutée.

Chapitre V : Présentation du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf

5.1. Cadre spatial du périmètre

Le périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf est situé dans la wilaya de Guelma, dans le Nord-Est du pays. Il est irrigué à partir des eaux de surface mobilisées par le Barrage de Bouhamdane ; sa gestion est assurée par un organisme public à caractère industriel et commercial (EPIC). Ce périmètre couvre une superficie irrigable totale de 9 250 ha constituée essentiellement de terres privées (68 %) (Assassi, Daoudi et Amokrane, 2022) ; le reste relève du domaine privé de l'État.

Le périmètre de Guelma-Boucheougouf s'étend sur 80 km à partir de la confluence de l'oued Bouhamdane (régulé par le Barrage Bouhamdane) et de l'oued Charef, régulé de son côté par le Barrage de l'oued Cherf situé dans la wilaya de Souk Ahras. Ces principaux affluents forment l'oued Seybouse sur lequel sont implantées 5 prises pour l'irrigation du périmètre (Figure 14).

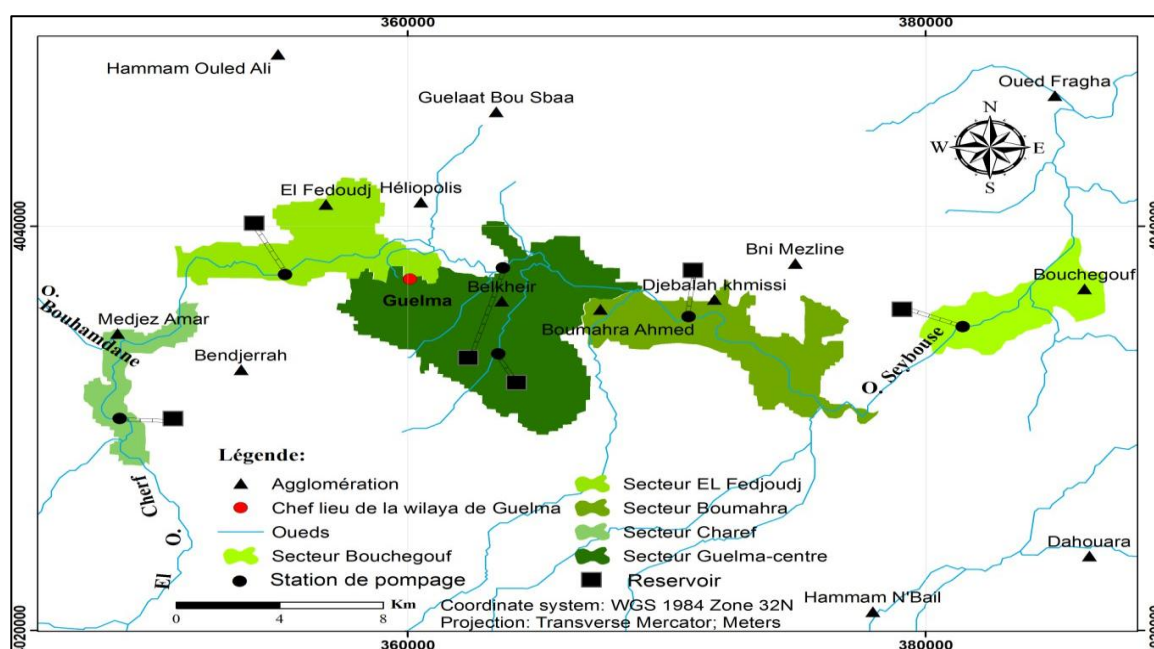


Figure 14 : Plan général du périmètre Guelma-Boucheougouf

Source : Touati, 2019

Le périmètre est divisé en six secteurs de distribution autonomes (tableau 13) caractérisés par un plan d'aménagement et de desserte en eau indépendamment l'un de l'autre, cumulant la superficie totale irrigable.

Tableau 13 : Cadre spatial du périmètre Guelma-Bouchegouf

N°	Secteurs d'irrigation	Superficies (ha)		Besoins en eau (m ³)
		Equipées	Irrigables	
1	Guelma	3500	3255	19400000
2	Cherf	605	565	3300000
3	Boumahra	2600	2420	14300000
4	El-Fedjoudj	2355	2190	12900000
5	Bouchegouf	880	820	4800000
	Total	9 940	9 250	54 700 000

Source : Etude Tetraktys, 1984

5.2. Schéma de distribution de l'eau d'irrigation

Il consiste en des lâchers à partir du Barrage Bouhamdane dans l'oued Seybouse. L'eau est récupérée au niveau des seuils de prise d'eau en aval de chaque secteur, puis relevée par des stations d'exhaure vers les stations de pompage principales se trouvant à proximité des seuils de dérivation.

À partir des stations de pompage principales, l'eau est amenée par des conduites enterrées mixtes (refoulement-distribution) de diamètre variant de 600 à 1500 mm vers les parcelles irriguées, en transitant par des réservoirs de régulation et de compensation semi-enterrés d'une capacité variant de 6700 à 33900 m³ en amont de chaque secteur, à partir desquels est faite la distribution dans le réseau.

L'eau est mise à la disposition des irrigants à travers des bornes d'irrigation de diamètres variant de 100 à 150 mm, dotées de régulateurs de débit et de pression ainsi que de compteurs d'eau. La pression moyenne assurée dans chaque prise est de quatre (04) bars débitant 15 à 45 m³/heure selon le cas.

La campagne d'irrigation s'étale en général du mois d'avril au mois de novembre, voire décembre, pour les cultures d'arrière-saison.

5.3. Mise en valeur du périmètre et dotations en eau

L'alimentation en eau du périmètre est assurée à partir du Barrage Bouhamdane d'une capacité de stockage de 220 hm³ construit en travers de l'oued Bouhamdane et mis en eau en 1986, dont 55 hm³ sont régularisables pour l'irrigation. Il est destiné aussi à l'alimentation en eau potable des localités de Guelma, Bouhamdane et Roknia. La desserte du périmètre est assurée moyennant des lâchers sur l'oued Seybouse qui prend son départ de la confluence des oueds Bouhamdane et Charef au niveau de la localité de M'Djaz Amar.

5.3.1. Assolements préconisés par groupe de cultures

Concernant la mise en valeur des ressources en sol du périmètre, les résultats des études agro-pédologiques ont dégagé une superficie totale irrigable de 9 250 ha. Deux assolements de types quinquennaux retenus, intégrant une sole sèche au moins dans un premier temps et sur les soles les moins bien structurées.

- Dans le premier assolement se succèdent les cultures industrielles (betterave sucrière) – fourrages – cultures maraîchères – fourrages – céréales en sec.
- Dans le deuxième assolement se succèdent fourrages – cultures maraîchères – céréales irriguées (maïs grain) – fourrages – céréales en sec.

Les deux assolements répondent aux objectifs de satisfaire les besoins vivriers de la région et de l'intensification de la production fourragère nécessaire au développement de l'élevage laitier. Ils diffèrent par le remplacement de la betterave sucrière par une culture de maïs grains en irrigué.

Bien que la betterave sucrière ait été initialement envisagée pour approvisionner une sucrerie locale et que le maïs grain irrigué ait été envisagé pour l'alimentation animale, ceux-ci ont été abandonnés pour diverses raisons. La figure 15 ci-dessous illustre les taux d'occupation avant et après projet, en tenant compte des assolements recommandés.

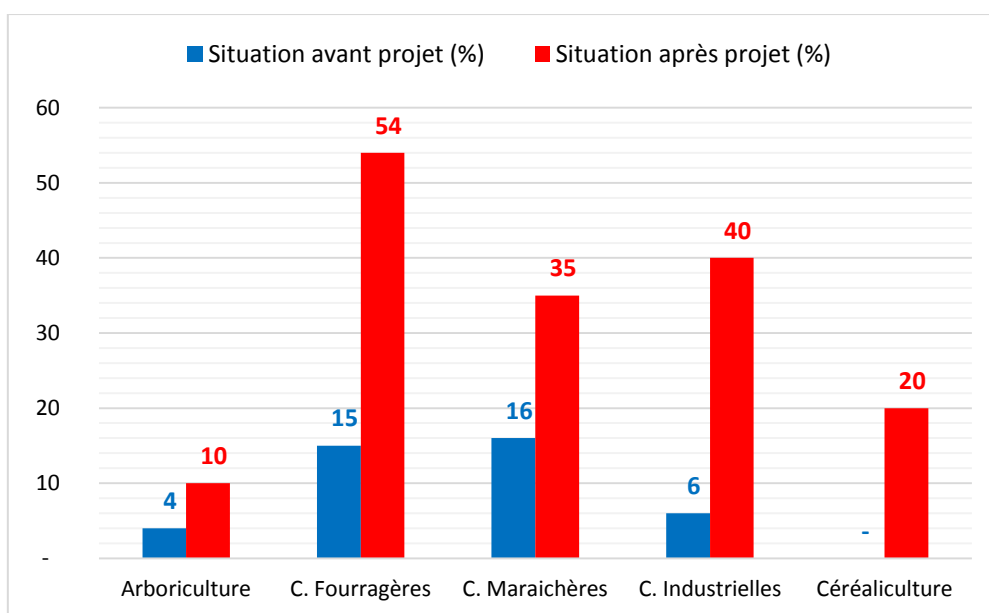


Figure 15 : Assolement préconisé par l'étude de mise en valeur du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf (Tetraktys, 1984)

La présente figure illustre l'assolement préconisé par l'étude de mise en valeur du périmètre, mettant en évidence la dominance des cultures fourragères. Elles

représentent 54 % des cultures en irrigué projetées, soit une augmentation de près de 40 % par rapport à la situation avant-projet. Les cultures industrielles occupent 40 % (augmentation de 35 %), le maraîchage 35 %, la céréaliculture en sec 20 % et l'arboriculture 10 %.

5.3.2. Évolution des assolements à Guelma-Boucheouf : de la planification initiale au développement actuel

L'analyse des données d'exploitation de 2012 à 2022 révèle une grande variabilité des cultures irriguées dans le périmètre. Les cultures industrielles et maraîchères dominent, tandis que les céréales irriguées et l'arboriculture occupent respectivement 371 et 325 hectares en moyenne. Les cultures fourragères, quant à elles, sont marginales avec seulement 29 hectares en moyenne, comme illustré par la figure 16 ci-dessous.

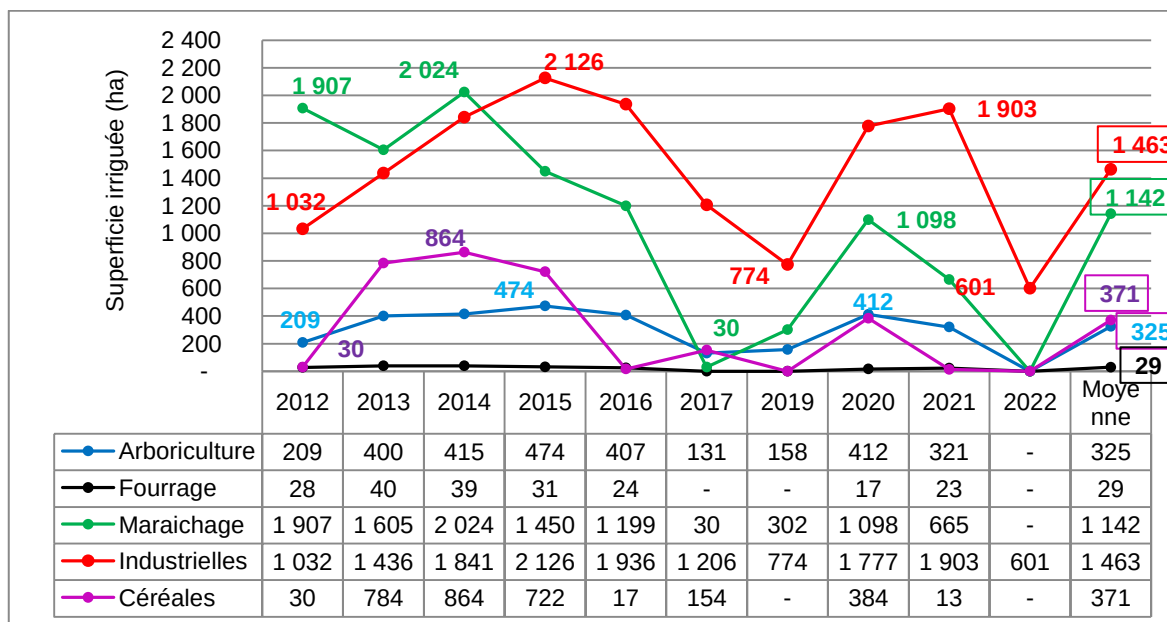


Figure 16 : Evolution de l'assolement réalisé à l'hectare dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagne 2012-2022,

Une analyse comparative des projections initiales et des résultats actuels révèle un écart significatif entre l'assolement initialement prévu et les pratiques agricoles réelles (figure 17). Les choix des agriculteurs sont fortement influencés par les subventions publiques, qui favorisent les cultures industrielles telles que la tomate. Cette culture est particulièrement appréciée pour ses rendements élevés et son efficacité en termes d'utilisation de l'eau, considérée comme un facteur déterminant de production.

De plus, le développement de l'industrie agroalimentaire locale au cours des dernières décennies a boosté cette tendance.

En parallèle, les cultures maraîchères, notamment la pomme de terre, occupent une place importante également, surtout en arrière-saison. Les rendements prometteurs de cette culture justifient cette préférence.

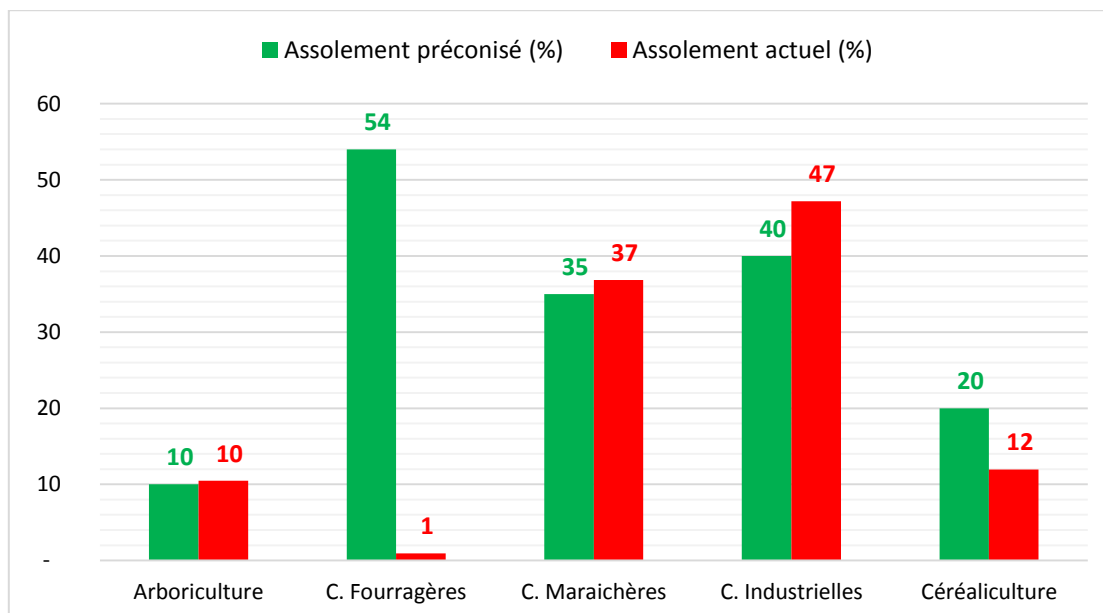


Figure 17 : Taux actuels d'occupation des sols comparés à l'assolement préconisé en pourcent : Campagnes : 2012-2022

5.3.3. Evolution des dotations en eau et taux d'irrigation durant les campagnes 2012 à 2022

Les données recueillies se rapportant aux volumes et superficies réalisées durant la période d'étude sont présentées dans le tableau ci-après (Tableau 14).

Tableau 14 : Modulation des volumes d'eau d'irrigation distribuée et superficies irriguées : Campagnes 2012-2022 pour l'irrigation

Campagne d'irrigation	Superficie irrigable (ha)	Volume alloué (hm ³)	Volume lâché (hm ³)	Volume MTR (Pompé) (hm ³)	Volume distribué (hm ³)	Superficie irriguée (ha)	Taux d'irrigation (%)
2012	9 250	35,00	34,48	25,83	19,68	3 205,67	35
2013	9 250	35,00	35,00	27,71	22,16	4 265,07	46
2014	9 250	43,00	41,60	34,10	27,27	5 183,62	56
2015	9 250	40,00	40,00	31,32	28,26	4 802,87	52
2016	9 250	50,00	46,49	30,23	25,04	3 582,40	39
2017	9 250	7,00	3,00	0,98	0,77	1 520,96	16
2019	9 250	27,00	24,19	13,81	8,17	1 232,69	13
2020	9 250	36,00	33,99	26,81	16,60	3 688,69	40
2021	9 250	37,00	32,00	24,06	14,60	2 923,92	32
2022	9 250	7,20	7,20	3,17	2,17	601,40	7
Moyenne	9 250	31,72	29,80	21,80	16,47	3 100,73	34

À l'exception de la période 2014-2016, les données révèlent une irrégularité des volumes d'eau alloués au périmètre, qui restent inférieurs aux 55 hm³ estimés nécessaires par les études d'aménagement.

La dotation moyenne, de 31,72 hm³, est censée irriguer 3 100,73 hectares, ce qui représente une dotation à l'hectare de 10 229 m³, soit le double des besoins moyens estimés par les études à 5000 m³/ha. Cette sur-dotation est d'autant plus préoccupante et le volume d'eau réellement utilisé à la parcelle n'est que de 16,74 hm³. Il est donc impératif de revoir le système de distribution pour réduire les pertes, qui sont près de 50 % de la dotation moyenne.

Les superficies réellement irriguées sont inférieures aux objectifs du projet et témoignent d'une gestion sous-optimale de l'eau. Le taux d'utilisation moyen de 34 % par rapport à la superficie irrigable est largement insuffisant pour un système d'irrigation sous pression à la demande, et demeure très en deçà des valeurs du taux moyen situé entre 65 et 75 % pour le même périmètre (Kebieche, 2007), et de la moyenne nationale de 40,53 % sur la même période de calcul, et est plus élevé que celui du périmètre du Haut Chélif estimé à 30,88 % et de Bounamoussa à 16,22 % (ONID, 2022).

À ses débuts, le périmètre irrigué de Guelma-Bouchehouf a été principalement dominé par la céréaliculture pluviale, une pratique non facturée qui a entraîné des pertes financières importantes pour l'organisme de gestion. Toutefois, face à l'irrégularité croissante des précipitations due au changement climatique, l'irrigation

d'appoint est devenue indispensable pour améliorer les rendements, comme le confirment de nombreuses études (Chadouli, 1991 ; Mouhouche et Boulassel, 1997 ; Mouhouche et Bourahla, 2007).

TROISIEME PARTIE : Analyse et interprétation des résultats

Chapitre VI : Aperçu général sur les instruments de gestion du périmètre irrigué de Guelma Bouchegouf

6.1. Problématique L'agriculture algérienne, consommant plus de 70 % des ressources en eau utilisées, voit sa production irriguée diminuer en raison des changements climatiques et de la priorité donnée à l'alimentation humaine. De ce fait, la population algérienne estimée à 50 millions d'habitants à l'horizon 2030 aura besoin de 15 à 20 milliards de m³ à mobiliser par année (Mouhouche, 2012), de 15 à 18 milliards de m³/an (Akli, 2023) contre près de 11 milliards de m³/an présentement selon le ministère de l'Hydraulique. Les besoins en eau d'irrigation sont estimés alors à 12 milliards de m³/an à l'horizon 2030, selon un objectif de 2 millions d'hectares irrigués par rapport au potentiel mobilisable estimé à 18 milliards de m³ (Guergueb et Ferhat, 2021).

Les périmètres irrigués en Algérie (annexe 2) sont loin d'être pleinement exploitée. Bien que le pays compte 42 GPI, seulement 39 % de la superficie potentiellement irrigable l'est effectivement. Les données de l'Office national de l'irrigation et du drainage (ONID) sur les douze dernières années révèlent une moyenne de 75 000 hectares irrigués. Le volume d'eau moyen distribué (377 millions de m³) durant la même période est loin de couvrir les besoins exprimés (675 millions de m³), avec un taux moyen de satisfaction de 55 %. Ce déficit, déjà critique, est aggravé par les impacts du changement climatique sur la disponibilité de l'eau, en général et pour l'agriculture, en particulier.

Pour surmonter le défi de la pénurie d'eau, alors que les besoins agricoles augmentent, l'optimisation de l'utilisation de l'eau d'irrigation est essentielle. L'efficacité d'utilisation de l'eau, un indicateur clé défini par la FAO comme le rapport entre les besoins des plantes et l'eau prélevée, permet d'évaluer cette optimisation.

Malgré leur potentiel, de nombreux périmètres irrigués souffrent d'une valorisation insuffisante de l'eau, ce qui compromet leur performance et leur durabilité. Pour y remédier, les décideurs doivent prioriser l'amélioration de l'efficacité des réseaux, la productivité et la valorisation économique de l'eau d'irrigation, en mettant en œuvre des mesures appropriées.

6.2. Gestion de l'eau d'irrigation dans le contexte actuel du périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf

Le périmètre irrigué de Guelma-Bouchehouf (9 250 ha irrigables) a été choisi comme étude de cas. Ce chapitre vise à évaluer l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation, à proposer des améliorations et à examiner le lien entre la problématique de l'eau et la maîtrise de sa gestion. Cette dernière suit un modèle universel, articulé autour de deux axes complémentaires : la gestion des ressources et des infrastructures hydro-agricoles, et la gestion des usagers.

Le présent chapitre se concentre sur l'évaluation et l'analyse des indicateurs clés qui déterminent la performance du système d'irrigation et la durabilité de l'exploitation du périmètre.

À cet effet, nous examinerons l'efficacité de l'utilisation de l'eau, les rendements agricoles et la productivité de l'eau, ainsi que l'impact de la tarification de l'eau sur la pérennité des réseaux.

La maîtrise et l'optimisation de ces indicateurs de gestion sont essentielles pour assurer l'équilibre entre l'offre et la demande en eau d'irrigation, ainsi que la viabilité financière de l'organisme gestionnaire. Ces indicateurs, regroupés en trois catégories principales (rendement global des réseaux d'irrigation, superficies irrigables et irriguées ; rendements agricoles et recettes issues de la tarification), sont évalués à travers l'étude de cas de la tomate industrielle et de la pomme de terre, cultures prédominantes dans le périmètre.

6.3. Évaluation des indicateurs de l'efficacité d'utilisation et leur impact sur le niveau de performance du système irrigué

Afin d'optimiser la gestion de l'eau dans les systèmes irrigués, il est primordial de mesurer l'efficacité de son utilisation, depuis la source jusqu'aux parcelles irriguées. La présente contribution vise à identifier les pertes en eau et à proposer des améliorations des pratiques de gestion actuelles, afin d'optimiser l'utilisation de l'eau.

Mesurer l'efficacité de l'utilisation de l'eau est un outil essentiel pour sa préservation, l'amélioration des rendements agricoles, la protection de son environnement et l'adaptation aux effets du changement climatique. La mise en œuvre des pratiques d'irrigation performantes garantit une utilisation durable et sécurisante de cette ressource de plus en plus rare.

6.4. Données et mesures Notre analyse repose sur deux types de données : L'évolution des volumes d'eau d'irrigation alloués au périmètre entre 2012 et 2022, ainsi que les superficies irrigables et effectivement irriguées.

Les quantités d'eau destinées à l'irrigation du périmètre, provenant des barrages en exploitation, sont déterminées chaque année par des circulaires ministérielles. Ces quantités sont ajustées en fonction de la quantité d'eau disponible dans les barrages. Dans l'annexe 3 sont mentionnés les quotas d'eau d'irrigation sollicités et ceux attribués au périmètre irrigué par campagne d'irrigation. Elles indiquées aussi les superficies irrigables, irriguées et le taux d'irrigation.

Il est à noter que l'année 2018 a été marquée par de très faibles réserves en eau, entraînant une absence d'allocation pour l'irrigation dans le périmètre. Les figures 18 et 19 illustrent les modulations des volumes alloués à l'irrigation du périmètre durant la période d'étude et le taux d'utilisation des terres irrigables.

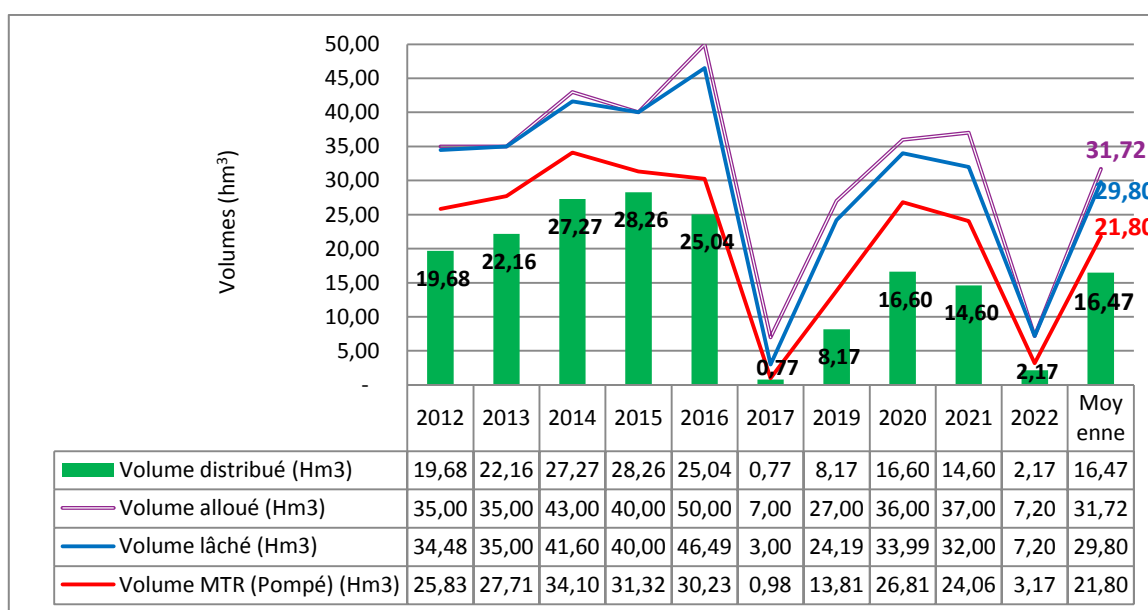


Figure 18 : Evolution de la dotation en eau d'irrigation du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022

Toutefois, la disponibilité de l'eau au niveau des barrages destinés à l'irrigation reste un facteur limitant, surtout à cause de la longue période de sécheresse qui sévit depuis plusieurs décennies, impactant négativement les capacités réelles des barrages, ce qui a engendré une concurrence de plus en plus grande avec les autres usagers de l'eau (AEP et AEI), et ce, au détriment du volume alloué à l'irrigation.

La superficie irriguée reste très réduite par rapport à la superficie irrigable. Les principales raisons sont à priori :

- le mode de distribution, engendrant des pertes d'eau considérables.
- le non-respect des techniques d'irrigation économes en eau.
- la concurrence de plus en plus grande des autres usagers de l'eau (AEP, AEI).
- la sécheresse qui sévit dans la région

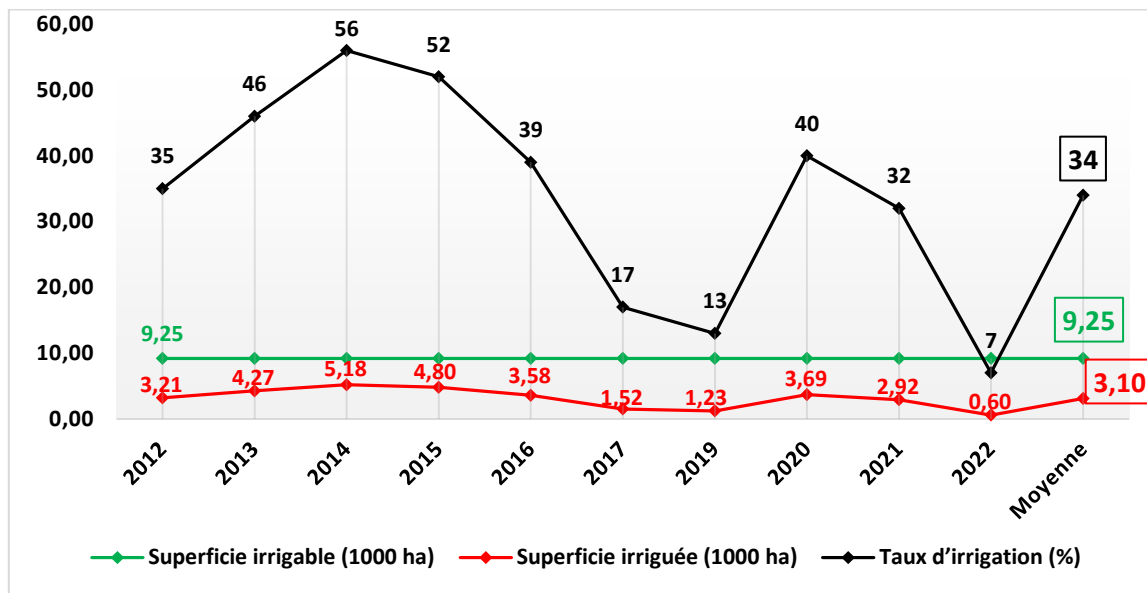


Figure 19 : Taux d'irrigation des terres irrigables dans le périmètre irrigué Guelma-Bouhegouf : Campagnes 2012-2022

Chapitre VII : Calcul de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi)

7.1. Objectifs et modes d'évaluation Le présent chapitre vise à analyser la performance des systèmes d'irrigation en observant les trois étapes du cheminement de l'eau : le transport, la distribution et l'application à la parcelle. Une performance mesurée en termes de coefficient d'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi). Il exprime le rapport entre le volume lâché à partir du barrage et celui mis en tête de parcelles.

Cet indice est comparé selon les experts à un rendement moyens des systèmes d'irrigation évalué au moins à 30%, alors que les systèmes bien gérés atteignent un rendement de plus de 50% (CIID, 2002). Cependant, l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation EUEi est vue comme un défi majeur à relever pour une gestion efficace et efficiente de la demande en eau.

L'indicateur d'efficacité utilisé dans cette étude, basé sur la mesure des quantités d'eau et leurs variations depuis le barrage jusqu'aux parcelles, est un indicateur purement hydraulique. Il permet ainsi de quantifier les pertes d'eau dans le réseau.

Les résultats de cette étude, basée sur l'analyse de données de terrain, permettront de dresser un bilan de la performance des réseaux d'irrigation, d'identifier les axes d'amélioration, de mesurer l'efficacité de l'eau et de quantifier les pertes contrôlables sur dix campagnes d'irrigation.

L'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation est le résultat du rendement des réseaux (E1), qui est déterminé en fonction des volumes lâchés, distribués et mis en têtes de parcelles, et du rendement au niveau des parcelles (E2) (Blinda et Giraud, 2012), calculé en rapportant les volumes distribués à ceux mis en têtes de parcelles en tenant compte des superficies irriguées selon le mode d'irrigation.

L'équation utilisée est celle adoptée dans le cadre de la stratégie méditerranéenne pour le développement durable (SMDD) : Efficacité d'utilisation de l'eau, initiée en 2008 par le Centre d'activités régionales du Plan Bleu (Blinda, 2009), elle se présente comme suit :

$$EUE = E1 \times E2 \quad (1)$$

Dont :

E1 : est le produit de l'efficacité d'adduction (Ea) et de distribution (Ed) ;

E2 : efficacité à la parcelle d'irrigation.

7.1.1. Calcul de l'efficacité globale du réseau E1

Elle est calculée selon l'équation 2 suivante adoptée dans les travaux du Plan National de l'Eau PNE en 1997 exprimée en pourcent (%) :

$$E1 = E_a \times E_d \quad (2)$$

Dont :

E_a : efficacité d'adduction (%);

E_d : efficacité de distribution en tête de parcelles (%);

L'efficacité d'adduction (E_a) : exprimée en pour cent (%), elle concerne le premier segment du schéma de distribution du périmètre entre le barrage (point de prélèvement) et les stations de pompage (tête des réseaux de distribution). Elle est calculée comme suit :

$$\text{Efficacité d'adduction } (E_a) = \frac{\text{Volume mis en tête du réseau } (V_{mtr})}{\text{Volume lâché } (V_l)} \times 100 \quad (3)$$

Le résultat obtenu est le rapport des volumes pompés ou mis en tête des réseaux aux volumes lâchés du barrage en mètre cube.

Évaluée à un taux moyen de 67 %, l'efficacité d'adduction obtenue renseigne sur les pertes de parcours engendrées par le mode des lâchers dans l'oued et se trouve plus faible que celle calculée pour le même périmètre en 2007 avec un taux de 71 % (Kebieche, 2007).

L'efficacité de distribution (E_d) : Exprimée en pour cent (%), elle est calculée en rapportant les volumes réellement distribués (V_d) à la parcelle (mis à la disposition des cultures irriguées) et ceux mis en tête des réseaux du périmètre (pompés). La formule de calcul utilisée est la suivante :

$$\text{Efficacité de distribution } (E_d) = \frac{\text{Volume distribué } (V_d)}{\text{Volume mis en tête du réseau } (V_{mtr})} \times 100 \quad (4)$$

Le présent indice renseigne sur les pertes occasionnées dans les réseaux de distribution tels que les conduites, les ouvrages de stockage et divers équipements de distribution en ligne. Sur le deuxième segment du réseau, à savoir entre les stations de pompage et les parcelles irriguées, la valeur moyenne calculée avoisine un taux d'efficacité juste admissible de 74 %, en tenant compte du schéma de distribution adopté dans le cadre de l'aménagement du périmètre.

Effici  nce globale du réseau (E1) : par référence à l'équation 2, la valeur moyenne de l'effici  nce globale du réseau (E1) calculée est de 49 %. Son évolution est représentée dans le tableau 15 et la figure 20 ci-après. Elle varie de 26 à 71 % selon les campagnes.

Tableau 15 : Evolution de l'effici  nce globale (E1) du réseau en pourcent du périmètre irrigué Guelma-Bouchegouf : Campagnes 2012-2022

Campagne d'irrigation	Effici��nce d'adduction Ea(%)	Pertes d'adduction (hm ³)	Effici��nce de Distribution Ed(%)	Pertes de distribution (hm ³)	Effici��nce du r��seau E1(%)	Pertes de R��seau (hm ³)
2012	75	9	76	6	57	15
2013	79	7	80	6	63	13
2014	82	8	80	7	66	14
2015	78	9	90	3	71	12
2016	65	16	83	5	54	21
2017	33	2	79	0	26	2
2019	57	10	59	6	34	16
2020	79	7	62	10	49	17
2021	75	8	61	9	46	17
2022	44	4	68	1	30	5
Moyenne	67	8	74	5	49	13

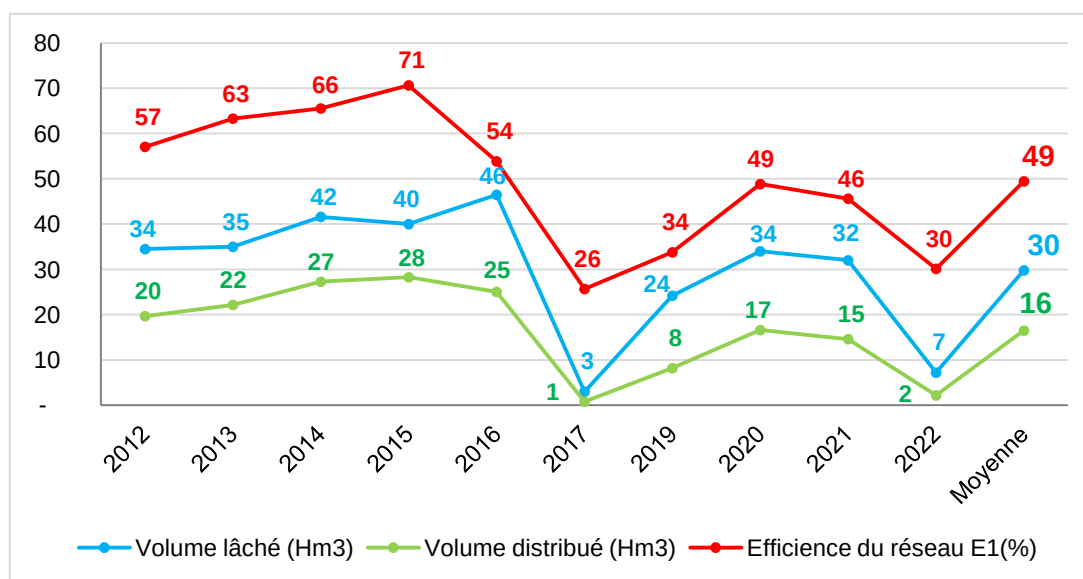


Figure 20 : Evolution de l'effici  nce globale (E1) du réseau en pourcent, du périmètre irrigué Guelma-Bouchegouf : Campagnes 2012-2022

7.1.2. Calcul de l'effici  nce d'utilisation à la parcelle E2

Elle est définie selon la Stratégie méditerranéenne pour le développement durable (SMDD) comme la somme des efficacités (   la parcelle) de chaque mode d'irrigation (irrigation de surface, irrigation par aspersion, micro irrigation, autres modes d'irrigation), pondérée par les proportions respectives des différents modes

dans le pays. Elle est estimée comme étant le rapport entre les quantités d'eau effectivement consommées par les plantes et les quantités d'eau apportées à la parcelle.

L'efficacité d'utilisation de l'eau à la parcelle (E2) mesure les pertes d'eau lors de l'irrigation d'une culture. Elle représente le rapport entre la quantité d'eau apportée à la parcelle et le volume réellement consommé par la culture sur une période et un cycle de croissance spécifiques. La différence entre ces deux quantités correspond aux pertes (infiltrations, évaporation, ruissellement) selon le plan national de l'eau (PNE, 1997). Elle est déterminée comme suit :

$$E2 = \sum_1^n \frac{S_m \times E_m}{S_t} \quad (5)$$

Dont :

- n : nombre de méthodes d'irrigation (gravitaire, aspersion, micro-irrigation etc.) ;
- S_m : surface irriguée en hectare par méthode d'irrigation ;
- E_m : efficacité de l'eau dans les différentes méthodes d'irrigation (estimée) ;
- S_t : la surface totale irriguée par hectare.

Pour les besoins de calculs, les valeurs théoriques moyennes d'efficacité des méthodes d'irrigation utilisées sont estimées à 75 % pour l'aspersion, 50 % pour le gravitaire et 85 % pour l'irrigation localisée (Blinda, 2009). Cependant, ces valeurs varient en fonction des conditions pédoclimatiques spécifiques à chaque zone d'étude. Par exemple, l'efficacité de l'aspersion peut osciller entre 73 et 82,5 % (Yacoubi et al., 2005), celle de l'irrigation localisée entre 80 et 85 % (Zella, 2015), bien que, pour les nouveaux réseaux, elle puisse atteindre les 95 % quant au gravitaire, il varie de 40 à 50 % (Echikr, 2018). L'irrigation goutte à goutte présente une efficacité d'environ 75 à 90 % (Wittling & Molle, 2017).

Résultats de calculs : L'efficacité moyenne à la parcelle (E2) calculée concerne les campagnes d'irrigation 2012 à 2022 pour une superficie moyenne interannuelle irriguée de 3 101 ha.

L'analyse des bilans a démontré que l'irrigation gravitaire n'était pas utilisée, ou de façon trop marginale, durant la période d'étude, principale raison pour laquelle cette méthode n'a pas été prise en compte dans les calculs de l'efficacité à la parcelle.

Cette étude s'appuie sur les taux d'utilisation de l'eau par type d'irrigation (données ONID) et les superficies moyennes irriguées par mode pour chaque campagne. Le tableau 16 présente les superficies. Les valeurs manquantes ont été imputées en utilisant la moyenne des autres années, selon la méthode d'imputation par la moyenne.

Tableau 16 : Evaluation du taux d'utilisation des modes d'irrigation en pourcent des superficies irriguées dans le périmètre Guelma-Boucheougouf : Campagnes 2012-2022

Campagne d'irrigation	Superficie irriguée par mode d'irrigation (ha)					Volume distribué (hm ³)
	Total (ha)	Sup. irriguées par mode d'irrigation (ha)		Taux d'utilisation par mode d'irrigation (%)		
		Aspersion	Localisée	Aspersion	Localisée	
2012	3 206	1 080	2 126	34	66	20
2013	4 265	1 436	2 829	34	66	22
2014	5 184	1 746	3 438	34	66	27
2015	4 803	1 618	3 185	34	66	28
2016	3 582	1 207	2 376	34	66	25
2017	1 521	512	1 009	34	66	1
2019	1 233	580	653	47	53	8
2020	3 689	1 927	1 762	52	48	17
2021	2 924	1 025	1 899	35	65	15
2022	601	3	599	0	100	2
Moyenne	3 101	1 113	1 988	36	64	16,47

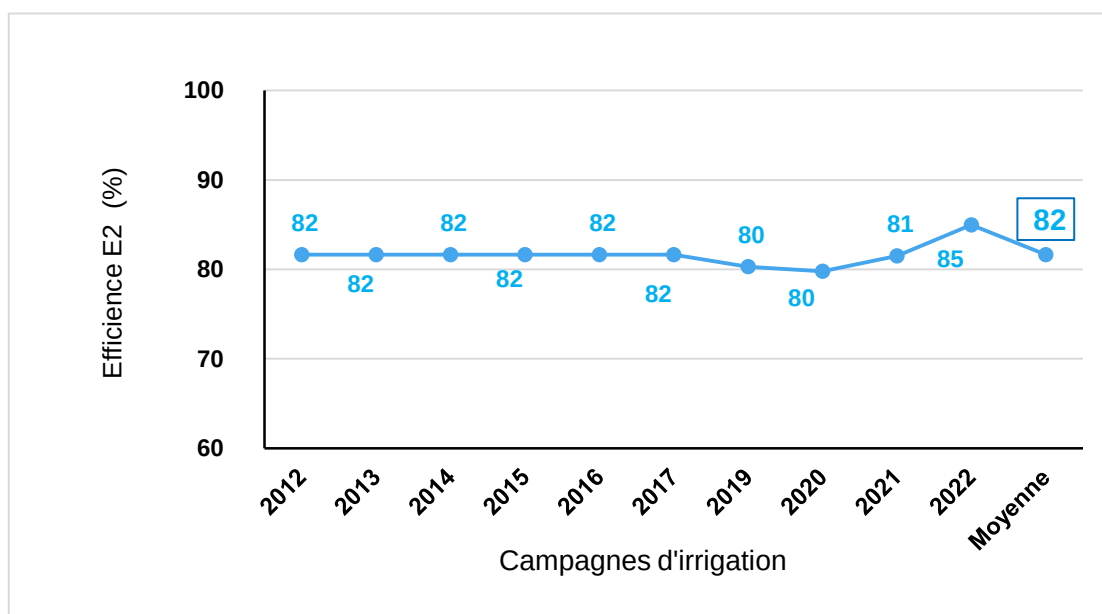
De la formule 5, les résultats de calcul de l'efficience à la parcelle (E2) du périmètre Guelma-Boucheougouf durant la période d'analyse sont illustrés par le tableau 17 et la figure 21.

$E2 \text{ moyenne} = (\text{Sup. Asp.} \times \text{Eff. Asp.}) / \text{Sup. Irrig.} + (\text{Sup. Loc.} \times \text{Eff. Loc.}) / \text{Sup. Irrig.}$

$E2 \text{ moyenne} = (1\,113 \times 0,75) / 3\,101 + (1\,988 \times 0,85) / 3\,101$

Tableau 17 : Evaluation de l'efficience à la parcelle (E2) en pourcent dans le périmètre Guelma-Boucheougouf : Campagnes 2012-2022

Campagne d'irrigation	Aspersion		Localisée		Total (ha)	E2 (%)
	Sma	Ea	Sml	EI		
2012	1 080	0,75	2 126	0,85	3 206	82
2013	1 436		2 829		4 265	82
2014	1 746		3 438		5 184	82
2015	1 618		3 185		4 803	82
2016	1 207		2 376		3 582	82
2017	512		1 009		1 521	82
2019	580		653		1 233	80
2020	1 927		1 762		3 689	80
2021	1 025		1 899		2 924	81
2022	3		599		601	85
Moyenne	1 113	0,75	1 987	0,85	3 101	82

**Figure 21** : Evaluation de l'efficience à la parcelle (E2) en pourcent, du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf : Campagnes 2012-2022

Les résultats obtenus ont permis le calcul de l'efficience moyenne à la parcelle E2 selon l'équation 5 en tenant compte des paramètres suivants :

- n = Les méthodes d'irrigation utilisées, l'aspersion (a) et localisée (l).
- Sma = Surface irriguée en mode aspersion (ha),
- Ea = Efficience de l'eau en mode aspersion (75 %)
- Sml = Surface irriguée en mode d'irrigation localisée (ha)
- EI = Efficience de l'eau en mode d'irrigation localisée (85 %)

La valeur moyenne de l'efficience E2 calculée est de 82 %, jugée appréciable et tributaire des méthodes d'irrigation et de leurs taux d'utilisation.

Il est constaté aussi que l'irrigation localisée dans le périmètre occupe une place importante, avec un taux d'utilisation moyen de 66 %, contre 34 % pour l'aspersion. Cela dénote l'importante performance de l'irrigation à la parcelle dans ledit périmètre.

7.1.3. Résultat de calcul de l'efficience d'utilisation de l'eau (EUEi)

L'application de l'équation 1 a permis de déterminer la valeur moyenne d'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi) estimée à 40,53 %, variant entre 21,32 et 58,22 % durant la période d'étude, telle qu'elle est illustrée dans le tableau 18 ci-après.

Par rapport aux résultats obtenus au niveau régional, cette valeur se trouve très en deçà de la moyenne évaluée en 2016 à 59,5 % pour l'ensemble des grands périmètres de l'Est algérien et varie de 40,8 à 80,7 % (Nini, 2021). D'autres travaux ont abouti à une efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation du périmètre Guelma-Boucheougouf à 52 %, inférieure à une moyenne de 61,5 % calculée pour l'ensemble des grands périmètres irrigués (GPI) du Nord-Est algérien (Nini et Mebarki, 2020).

Tableau 18 : Evaluation de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi) en pourcent dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf : Campagnes 2012-2022

Campagne d'irrigation	Efficience du réseau E1 (%)	Efficience à la parcelle E2 (%)	EUEi (%)
2012	57	82	46,74
2013	63	82	51,66
2014	66	82	53,88
2015	71	82	58,22
2016	54	82	44,28
2017	26	82	21,32
2019	34	80	27,20
2020	49	80	39,20
2021	46	81	37,26
2022	30	85	25,50
Moyenne	49	82	40,53

7.1.4. Interprétation des résultats

Nos calculs révèlent une efficience d'adduction (Ea) de seulement 67 %, ce qui signifie des pertes significatives d'environ 8 millions de m³ par an, entre le barrage et les stations de relevage. Ces pertes jugées excessives, compromettent l'amélioration de l'efficience globale de l'eau d'irrigation, principalement en raison du gaspillage engendré par le mode actuel de lâcher d'eau dans l'oued.

Pour améliorer la performance et le rendement de l'ensemble du système irrigué, il est suggéré alors d'envisager des solutions palliatives comme la construction d'un aqueduc, en tenant compte de tous les aspects technico-économiques du projet.

L'efficacité de distribution d'eau, acheminée depuis les stations de pompage jusqu'aux parcelles irriguées, s'élève à 74 %, révélant des pertes significatives. En moyenne, un volume de 5,3 millions de mètres cubes d'eau est perdu annuellement, soit un taux de 26,2 %. Cette situation est préoccupante, d'autant plus que le système de distribution par conduites fermées sous pression devrait garantir une meilleure étanchéité.

Par conséquent, l'efficacité globale des réseaux d'adduction et de distribution de l'eau d'irrigation (E1), dans le périmètre est mesurée comme le rapport entre le volume d'eau effectivement mis en têtes de parcelles et celui lâché à partir du barrage. Elle est évaluée à 49 %, indiquant une perte en eau moyenne interannuelle de plus de 13 millions de m³ par rapport à un volume moyen lâché de 29,80 hm³, soit plus de 43 % de pertes physiques du réseau.

Selon les études, ces valeurs sont bien supérieures à celles observées dans certaines régions à l'exemple des États-Unis (23-35 %), l'Australie (7-10 %), l'Iran (33 %) et le Portugal (50 %) (Barkhordari et Shahdany, 2022).

Étant donné que les pertes par évaporation sont bien inférieures à celles des infiltrations et aux pertes opérationnelles liées au mauvais fonctionnement des structures de régulation, l'évaluation du volume des pertes est considérée comme des pertes liées aux SDAE (Mohammadi et al., 2019).

Outre l'évaluation des pertes liées à l'adduction et à la distribution, nous avons également calculé l'efficacité à la parcelle (E2), afin de déterminer comment l'eau d'irrigation est effectivement utilisée par les cultures. Avec un taux de 82 %, cette efficacité a significativement augmenté par rapport aux estimations antérieures de 74 %, obtenues en 2005 dans le cadre de l'étude de la tarification de l'eau à usage agricole sur les grands périmètres d'Algérie, réalisée par le groupement BRL-BNEDER (BRL-BNEDER, 2007), ainsi qu'aux résultats des bilans d'exploitation des grands périmètres irrigués établis par l'ONID ayant abouti à un taux de 74 % en 2007-2008.

Cette amélioration souligne l'efficacité des équipements d'économie d'eau et leur rôle crucial dans l'optimisation de l'irrigation. L'adoption de ces technologies,

avec un taux d'utilisation de 66 % et 34 %, a significativement contribué à l'augmentation de l'efficience à la parcelle dans le périmètre. Cela démontre que le périmètre est bien équipé, offrant ainsi un potentiel important pour maintenir, voire réduire, les pertes d'eau à la parcelle.

La figure 22 montre l'évolution de l'EUEi durant la période d'étude. Cet indicateur constitue une efficience physique découlant du produit de l'efficience globale du réseau (E1) par l'efficience à la parcelle (E2), dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf. Elle est évaluée à 40,53 % et demeure faible et indique une inadéquation flagrante entre les objectifs d'une gestion rationnelle et efficiente de l'eau et les pertes en eau enregistrées, malgré les progrès enregistrés dans la mise en œuvre des plans d'actions liés à l'équipement d'irrigation économe en eau.

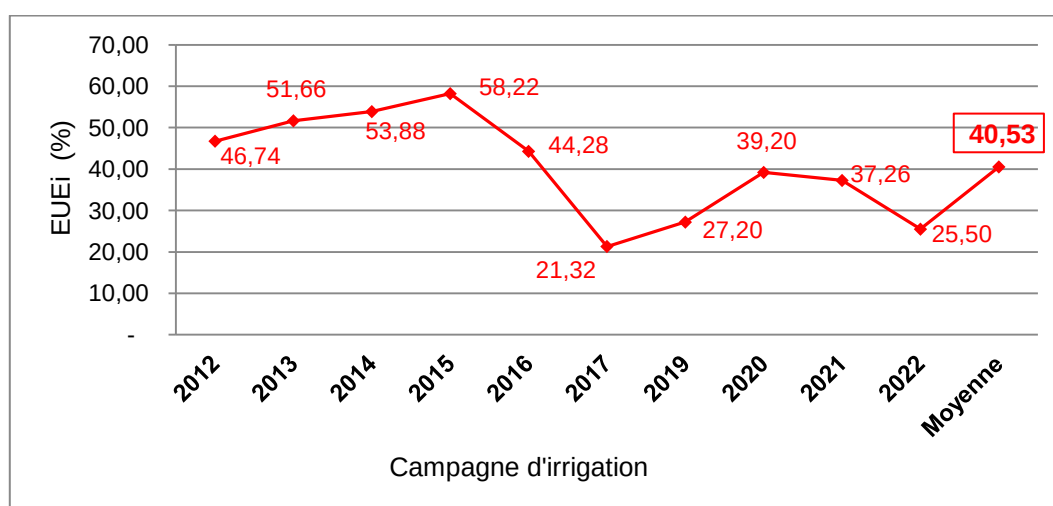


Figure 22 : Evaluation de l'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi) dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022

Les résultats de calcul révèlent un écart significatif par rapport aux objectifs d'efficacité fixés par le Plan Bleu en 2005 pour 2025 (90 % pour le transport et la distribution, et 80 % à la parcelle).

Cependant, le développement des systèmes d'irrigation économeurs d'eau peut en fait améliorer cette efficience, mais il est nécessaire aussi d'agir sur la gestion de la demande (conclue par la Commission méditerranéenne de développement durable (CMDD) dès 1997 et reconnue progressivement à l'échelle régionale (Plan Bleu, 2012), plutôt que sur l'offre, et ce par la modernisation de la gestion et l'entretien des systèmes d'adduction-distribution dans les périmètres déjà existants.

Il est impératif donc d'évaluer de manière réaliste les avantages économiques de la modernisation des infrastructures existantes par rapport à la création de nouvelles installations, en tenant compte du stress hydrique actuel.

7.2. Conclusion

L'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi) du périmètre Guelma-Bouchehouf, évaluée à 40,53 %, est insuffisante et ne répond pas aux objectifs nationaux d'amélioration des systèmes irrigués, ni aux mesures économiques de valorisation de l'eau dans la perspective de gestion durable de ces ressources, prescrites par la loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau, dans son article 57.

Pour assurer une gestion durable d'un tel aménagement, il est donc primordial de minimiser les pertes en eau. Pour ce faire, il faut rénover les réseaux, adopter des techniques d'irrigation économes en eau et développer des cultures à haut rendement.

Bien que des améliorations constatées, les pertes d'eau demeurent élevées, même pour un périmètre équipé d'un système d'irrigation sous pression à la demande. Cela indique l'existence d'une marge de progrès significative, dans la gestion de la demande en eau. De plus, le faible taux d'utilisation des superficies irrigables (34 %) indique une faible rentabilisation des investissements publics.

L'EUEi est principalement affectée par les pertes d'adduction et de distribution, malgré les actions de réhabilitation entreprises en 2010, 2015 et 2019. Il est crucial donc de moderniser les infrastructures, de favoriser les partenariats public-privé, d'adopter une tarification efficace et une gestion innovante. Une approche participative, impliquant les associations d'usagers, est essentielle.

Il ressort de l'analyse que les progrès en matière d'efficacité sont lents et que les pertes d'eau demeurent considérables, surtout si l'on compare avec les performances d'un système d'irrigation sous pression à la demande, bénéficiant d'une meilleure dotation en eau. Cela montre l'ampleur des efforts nécessaires pour optimiser la gestion de la demande.

Le chapitre suivant examinera l'autre aspect lié à la production agricole et montrera comment une productivité de l'eau d'irrigation peut améliorer la valorisation des ressources hydriques. Nous verrons aussi comment une production agricole plus élevée par unité d'eau utilisée contribue à la viabilité du périmètre.

Chapitre VIII : Évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf

8.1. Introduction

À partir des années 90, le concept d'efficience s'est élargi aux études de performances technique et économique de l'irrigation à l'échelle de la ressource en eau, intégrant la notion de productivité (Lankford, 2012).

En économie, la productivité est définie comme étant le rapport en volume entre une production et les ressources mises en œuvre pour l'obtenir (INSEE, 2016). Elle est générale quand on rapporte une production à l'ensemble des facteurs qui ont permis de l'obtenir, et partielle quand on rapporte la production à l'un seulement des facteurs (VINCENT, 1959). On appelle en général « productivité » le quotient d'une production par un des facteurs de la production (ERUDIT, 1950). Elle décrit donc la relation entre la production et les intrants nécessaires à sa réalisation, son évaluation étant ajustée en fonction des besoins et objectifs recherchés.

La présente étude analyse la productivité de l'eau d'irrigation, définie par la FAO comme étant le rapport entre unité de produit et unité de facteur de production (FAO, 2003). Elle s'intéresse au rapport entre la production (en kilogramme) et le volume d'eau d'irrigation utilisé (en mètre cube), comme indicateur de productivité retenu en intégrant les pertes par évapotranspiration.

8.2. Concepts d'évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation

La productivité de l'eau en irrigation, selon la littérature, vise à maximiser la production agricole par unité d'eau consommée, comme l'illustre le principe de « produire plus de grains par goutte d'eau » (FAO, 2002 ; Giordano et al., 2006), ce qui signifie « produire plus avec moins d'eau ». Cette notion se traduit par la mesure de l'augmentation des rendements en fonction de l'eau utilisée, exprimée par la formule suivante :

$$Pe = P/Ec$$

Avec :

- Pe, productivité en kg/m³ ;
- P, produit en kg ;
- Ec, Eau consommée, correspondant à l'ETR par unité de surface en mm.

La notion de productivité de l'eau est sujette à confusion en raison des différentes interprétations des termes « produit » et « eau consommée » (Kambou et al., 2013). L'utilisation interchangeable de termes tels que « eau livrée », « eau appliquée » ou « eau disponible » par certains auteurs contribue à cette ambiguïté.

La définition de la productivité de l'eau (Pe) varie selon les auteurs. Certains la calculent comme le rapport entre la production (P) et le volume d'eau reçu (Ve) ($Pe = P/Ve$), tandis que d'autres proposent des indicateurs dérivés, en modifiant le dénominateur pour inclure l'eau fournie, l'irrigation et la pluie, les besoins bruts ou l'évapotranspiration et le lessivage (Playan et al., 2006). De plus, lorsque la productivité est évaluée en termes de valeur économique, le terme « produit » est remplacé par sa valeur monétaire.

8.3. Évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Bouhegouf

Comme souligné précédemment, la productivité de l'eau d'irrigation est définie de diverses manières, chacune répondant à des objectifs spécifiques. Cette étude se concentre sur la production par mètre cube d'eau distribuée en tête de parcelle.

Sciemment choisies pour la présente étude, les cultures de tomate industrielle et de pomme de terre ont atteint un niveau important dans l'assolement pratiqué à l'intérieur du périmètre, comme le démontrent les taux d'occupation des sols du périmètre d'étude sur la période 2012-2022. Aussi, le choix de ces cultures pour notre analyse a été motivé par l'intérêt accordé au développement de ces cultures dans la région et la disponibilité des données nécessaires à nos calculs.

8.3.1. Reconstitution et collecte des données

Pour construire la partie empirique de notre thèse, nous avons collecté et analysé des données provenant de divers organismes chargés du secteur hydro-agricole dans la zone d'étude. Ces données, combinées aux résultats d'études antérieures, nous ont permis de répondre à notre problématique.

Plus précisément, l'analyse des résultats des campagnes d'irrigation de 2012 à 2022 a permis d'identifier des données clés pour évaluer la productivité de l'eau d'irrigation, notamment : les rendements agricoles, les volumes d'eau distribués, etc.

Les rendements moyens à l'hectare : Pour les besoins de calculs, nous avons compilé dans le tableau 19 ci-dessous l'évolution des rendements moyens obtenus sur la période 2010-2020, prise comme référence. Les présentes données

proviennent de sources fiables telles que la DSA, l'ITCMI, le MADR et les résultats de recherches universitaires effectuées dans la zone d'étude (annexe 4).

Tableau 19 : Evolution du rendement moyen des cultures de tomate industrielle et de pomme de terre dans la zone d'étude entre 2010 et 2020

Culture	Rendements moyens (q/ha)											
	Campagne agricole											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Moy.
Tomate industrielle	661	566	634	724	710	709	566	608	827	900	865	706
Pomme de terre	299	293	304	299	296	265	265	315	305	313	318	301

Source : DSA de Guelma ; MADR ; ONS, Bennacer et Cherrad, (2018)

Les rendements moyens obtenus sont situés à un niveau considérable : Avec une moyenne de 706 q/ha pour la tomate industrielle et 301 q/ha pour la pomme de terre. Ces chiffres s'expliquent par l'intérêt de l'utilisation des systèmes d'irrigation efficaces : le goutte-à-goutte pour la tomate et l'aspersion pour la pomme de terre.

Les volumes d'eau distribués (mis en têtes de parcelles) : Indiqués dans le tableau 14, ils correspondent aux quantités d'eau acheminée aux parcelles pour couvrir les besoins en eau d'irrigation des cultures en place. Ces volumes, mesurés à l'entrée des parcelles grâce à des débitmètres installés à la sortie des stations de pompage, sont ajustés en fonction des besoins bruts en eau des cultures.

8.3.2. Besoins en eau d'irrigation

Les besoins en eau d'irrigation, correspondent à la quantité d'eau nécessaire, en plus des précipitations, pour assurer un développement optimal des cultures, ils varient selon les ressources hydriques disponibles pour la plante (pluie efficace, humidité du sol, etc.), comme le souligne la FAO (2021).

Evaluer précisément ces besoins est crucial pour une gestion efficace de l'irrigation, moyennant des outils de pilotage permettant une utilisation rationnelle et efficiente de l'eau à la parcelle.

8.3.3. L'intérêt de connaître les besoins en eau des cultures

La maîtrise des besoins en eau des cultures est essentielle pour l'irrigation. Elle soulève beaucoup d'intérêts dans la planification et la mise en œuvre des actions de mise en valeur hydro-agricole. Aussi, l'importance de connaître les besoins en eau adaptés à chaque culture est un enjeu fort, tout comme savoir ce que l'on gagne à irriguer (Gendre, 2024).

En pratique, des actions concrètes et mesurables sur terrain sont indispensables pour la gestion des besoins en eau d'irrigation. Ces actions consistent à la conception et le dimensionnement des réseaux, la planification et la distribution de l'eau, le pilotage des irrigations, ainsi que la recherche d'équilibre entre l'eau disponible et les besoins spécifiques de chaque parcelle.

Par ailleurs, il est évident que la réussite d'une production agricole soit tributaire des conditions hydriques. Pour atteindre des rendements satisfaisants, il est impératif de créer des conditions hydriques optimales, ce qui nécessite une connaissance approfondie de l'évapotranspiration, des réserves d'eau dans le sol et des apports en précipitations et en irrigation.

C'est pourquoi la connaissance approfondie de ces paramètres, est indispensable pour déterminer les besoins en eau des cultures et l'estimation des quantités d'eau d'irrigation à fournir, pour compenser le manque de pluie et permettre un développement optimal des cultures et sécuriser la production alimentaire (CGDD, 2024).

8.3.4. La demande climatique et l'évapotranspiration

Tous les spécialistes s'accordent à dire que la demande climatique est souvent définie comme la quantité d'eau perdue par les couverts végétaux, sous l'effet combiné de la température, du vent, de l'ensoleillement et de l'humidité. Dans le monde agricole, lorsqu'il est impossible de séparer l'évaporation de la transpiration végétale, le sol et la plante évaporent et transpirent l'eau qu'ils contiennent sous forme d'évapotranspiration (Mjeira, 2016).

Quand le sol et la plante ne subissent pas de stress hydrique, cette évapotranspiration est qualifiée d'évapotranspiration de référence ETo ou bien ETP, exprimée en mm d'eau par jour. Ce paramètre indique la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal sain en pleine croissance (Eldin et al., 1969).

Il est défini aussi comme la somme de la transpiration du couvert végétal en cas de disponibilité en eau non limitative et de l'évaporation du sol en cas d'approvisionnement en eau suffisant pour un couvert végétal bas, continu et homogène sans limitation nutritionnelle, physiologique ou pathologique (DRIAS, Sd).

Toutefois, une connaissance précise des besoins en eau des cultures doit nous permettre de déterminer les quantités d'eau à apporter, évitant ainsi le gaspillage et le stress hydrique.

Évapotranspiration potentielle (ETP) : L'ETP représente la quantité maximale d'eau qui pourrait être perdue par évaporation du sol et transpiration des plantes, dans des conditions idéales (sol humide, végétation abondante). Elle est influencée par des facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, le vent et le rayonnement solaire. Elle sert de référence pour estimer les besoins en eau des cultures.

Coefficient cultural (Kc) : le Kc est un facteur qui tient compte des caractéristiques spécifiques de chaque culture et de son stade de développement. Il varie au cours du cycle de croissance de la plante, reflétant les changements dans sa surface foliaire, sa transpiration et son développement racinaire. Il permet de passer de l'ETP, qui est une valeur de référence régionale, à l'ETc, qui représente les besoins en eau réels de la culture.

Besoins en eau des cultures (ETc) : L'ETc représente la quantité d'eau dont une culture a réellement besoin pour sa croissance et son développement. Elle est calculée en multipliant l'ETP par le Kc : $ETc = ETP \times Kc$ (en mm/jour).

L'ETc permet de déterminer les quantités d'eau à apporter par irrigation pour compenser les pertes par évapotranspiration.

En résumé, L'ETP fournit une estimation de la demande atmosphérique en eau d'une région donnée. Le Kc ajuste cette estimation en fonction des caractéristiques de la culture et L'ETc représente les besoins en eau réels de la culture, permettant une irrigation optimisée.

Ces définitions mettent en évidence les concepts fondamentaux de l'évapotranspiration en hydrologie. Il existe deux types d'évapotranspiration potentielle : L'ETP ou l'ETo et l'évapotranspiration réelle ETR qui définit la quantité d'eau qui est réellement évapotranspirée dans les conditions réelles en tenant compte de la disponibilité de l'eau dans le sol. Elle est toujours inférieure ou égale à l'ETP.

Les méthodes de calcul de l'ETP sont nombreuses, basées sur des formules mathématiques, chacune ayant ses propres hypothèses et exigences en matière de données. Voici quelques-unes des formules les plus utilisées :

Thornthwait (1948) : une des premières formules, basée sur la température de l'air. Simple à utiliser, mais moins précise dans les climats arides et semi-arides.

Penman (1948) et Penman-Monteith (FAO-56) : Considérée comme la méthode de référence, car elle prend en compte un large éventail de facteurs climatiques. Elle est plus complexe à utiliser, mais plus précise.

Turc : Formule qui utilise les températures et le rayonnement global.

Blaney-Criddle : formule qui utilise les températures et les heures d'ensoleillement.

ANRH (Algérie) : formule adaptée aux conditions climatiques de l'Algérie

Concernant l'évapotranspiration réelle ETR : Elle exprime la quantité totale d'eau qui s'évapore du sol/substrat et des plantes lorsque le sol est à son taux d'humidité naturel. Elle explique l'échange d'eau et d'énergie entre le sol, la surface terrestre et l'atmosphère (Aquaportail, 2024), estimée par plusieurs méthodes différentes, telles que le bilan hydrique, le bilan énergétique, l'équation de Penman-Monteith et de modèles hydrologiques.

Le coefficient K_c est une valeur expérimentale calculée selon le cycle végétatif de la culture, à partir de l'ETP calculée par des formules mathématiques et de l'ETm évaluée selon l'équation du bilan hydrique suivante :

$$P + I = R + D + ET_m + \Delta S \quad (6)$$

Dont :

- $P+I$: pluies et/ou irrigation
- R : Ruissellement
- D : Drainage et infiltration
- ET_m : évapotranspiration maximale
- ΔS : variation de la teneur en eau du sol

De nombreux abaques sont disponibles dans la bibliographie pour chaque culture, ainsi que les valeurs du coefficient cultural selon les stades végétatifs. Un exemple de coefficients culturaux par cultures selon la FAO est présenté en annexe5.

Toutefois, il est à noter que, dans la pratique, une culture n'atteint que rarement son régime d'évapotranspiration maximale et ce, par manque d'eau, démarrage lent de la plante, activité métabolique réduite du fait de maladies ou

parasites, enracinement insuffisamment développé (Proeres, 2000), d'où l'introduction de la notion d'évapotranspiration réelle (ETR) qui correspond à la consommation en eau réelle de la culture.

8.3.5. Quelques résultats de calcul de l'ETP dans la zone d'étude

Selon les résultats des études élaborées dans la région, les valeurs d'ETP varient entre 1192 mm (Ladani, 2007), 910,4 mm (Mouchara, 2009), 913,58 mm (Boudjebieur, 2022). Ces valeurs sont obtenues en utilisant la formule de Thornthwait pour les deux premières et celle de Turc pour la troisième valeur. Les calculs ont concerné respectivement les périodes 1990-1997, 1985-2006 et 1988-2020.

Aussi, dans le cadre de l'étude d'aménagement hydro-agricole de la plaine de Guelma-Bouchehouf, les calculs de l'évapotranspiration potentielle (ETP) pour la période 1929-1975 ont donné les résultats suivants : 888 mm (Thornthwait), 1088 mm (Turc) et 1255 mm (Blaney-Criddle). Ces valeurs représentent l'ETP annuelle, calculée à partir des données de la station météorologique de Guelma, située à Belkheir (36,47° N, 7,47° E, altitude 227 m) à proximité du périmètre étudié.

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

L'évaluation des besoins en eau des cultures est en rapport avec le bilan hydrique. Ils sont déterminés en se référant aux résultats de l'estimation de l'évapotranspiration maximale (ETm) et de la pluie efficace (Doorenbos et Pruitt, 1975).

Cependant, connaître la pluie efficace, les remontées capillaires et la réserve en eau initiale dans un sol, et éventuellement la fraction en eau destinée au lessivage, si besoin y est, sont déterminants pour l'estimation des besoins en eau d'irrigation.

8.4.1. Objectifs de mise en valeur du périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf et besoins en eau d'irrigation

L'objectif principal de la mise en valeur des plaines de Guelma-Bouchehouf est d'optimiser les investissements en améliorant l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation. Pour atteindre cet objectif, il est essentiel de mettre en place un système d'irrigation performant, connaître précisément les besoins en eau des cultures et évaluer l'efficacité de l'irrigation.

Les besoins en eau des cultures sont estimés en utilisant les données disponibles, ainsi que les valeurs moyennes fournies par les études et les méthodes de calcul existantes.

Le logiciel Cropwat mis au point par la FAO en 1992 pour la planification et la gestion des systèmes d'irrigation est le plus employé comme outil d'aide à la gestion de l'irrigation. Plusieurs versions existent sous Windows essentiellement, dont la dernière est CROPWAT 8.0, basée sur la formule de Penman-Monteith modifiée, et elle permet le calcul des besoins en eau des cultures et des quantités d'eau d'irrigation. Le tableau 20 ci-après présente, à titre indicatif, une synthèse des valeurs moyennes des besoins en eau d'irrigation, telles qu'estimées dans la zone d'étude par divers auteurs et selon différentes méthodes de calcul.

Tableau 20 : Valeurs retenues des besoins moyens en eau des cultures de tomate industrielle et de pomme de terre

Projets et/ou Etudes	Auteurs/Année	Méthode de calcul	Résultats en m ³ /ha	
			Tomate industrielle	Pomme de terre
Etude de l'aménagement Hydro-agricole de la plaine de Guelma-Boucheouf.	TETRAKTYS 1981	Cropwat	4500	4900
Fiches techniques.	ITCMI – 2022	Expérimental	3000 à 4000	3000 - 5000
Etude de la tarification de l'eau à usage agricole - Périmètre de Guelma. Rapport définitif	BRL – 2007	Cropwat	4769	3143

Les besoins en eau pris en compte dans notre étude sont ceux évalués par le bureau d'étude TETRAKTYS dans le cadre de l'étude d'aménagement hydro-agricole de la plaine de Guelma-Boucheouf (1981-1984). Ils s'élèvent à 4500 m³/ha pour la tomate industrielle et 4900 m³/ha pour la pomme de terre.

8.4.2. Approche d'évaluation de la productivité de l'eau

Selon la FAO, l'évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation peut être réalisée de deux manières principales : l'une basée sur la conduite de la culture dans son environnement immédiat dans l'effet d'examiner l'impact de l'amélioration de pratiques agricoles liées à la gestion de l'eau et des sols, l'autre examine le potentiel d'amélioration génétique des plantes.

Cette étude privilégie la première approche, en évaluant la productivité de l'eau à l'échelle de la parcelle, en tenant compte des facteurs liés à l'eau et au climat.

La productivité de l'eau est ici définie comme le rapport entre la quantité de récolte (en kg) et le volume d'eau appliqué en tête de parcelles (en m³).

Afin d'évaluer la productivité de l'eau, nous présentons dans le tableau 21 suivant l'évolution des cultures et de l'occupation des sols entre 2012 et 2022. Cela permet de mieux comprendre le contexte agricole et hydrique dans lequel nos mesures ont été effectuées.

Tableau 21 : Evolution des superficies irriguées et occupation des sols par culture dans le périmètre Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022

Désignations	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020	2021	2022	Moyenne
Arboriculture	209	400	415	474	407	131	158	412	321	-	325
Taux (%)	7	9	8	10	11	9	13	11	11	-	10
Fourrage	28	40	39	31	24	-	-	17	23	-	26
Taux (%)	1	1	1	1	1	-	-	0	1	-	1
Tomate Indus.	1 032	1 436	1 841	2 126	1 936	1 206	774	1 777	1 903	601	1 463
Taux (%)	32	34	36	44	54	79	63	48	65	100	55
Pomme de terre	488	390	861	721	687	32	96	142	103	-	391
Taux (%)	15	9	17	15	19	2	8	4	4	-	11
Autre Maraichage	1 419	1 215	1 163	729	512	-	212	956	562	-	846
Taux (%)	44	28	22	15	14	-	17	26	19	-	23
Céréales	30	784	864	722	17	154	-	384	13	-	371
Taux (%)	1	18	17	15	0	10	-	10	0	-	9
Total	3 206	4 265	5 183	4 803	3 583	1 523	1 240	3 688	2 925	601	3 102

D'après les données du tableau, les cultures de tomate industrielle et de pomme de terre occupent à elles seules en moyenne 66 % de l'ensemble des surfaces irriguées. On observe une augmentation significative de la superficie consacrée à la tomate industrielle lors des campagnes 2017, 2019 et 2021, où elle représente 69 % des zones irriguées, soit une augmentation de plus de 47 % comparativement aux campagnes de 2012 et 2015.

Concernant la pomme de terre, les surfaces irriguées sont relativement instables sur la période d'étude : elles régressent de 85 % entre les périodes 2012-2016 et 2017-2022, soit un taux variant de 20 % à 3 % par rapport à la superficie totale irriguée (figure 23).

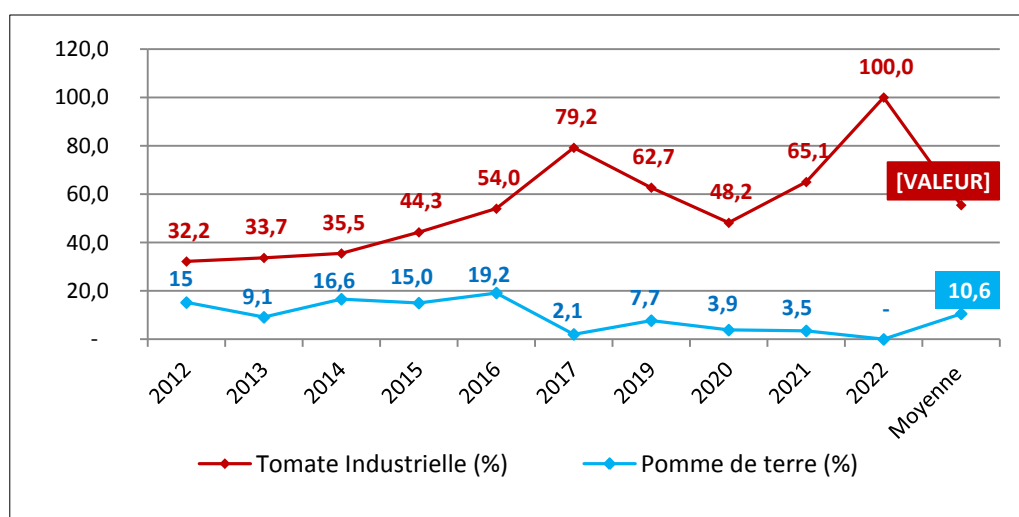


Figure 23 : Taux d'occupation annuel du périmètre irrigué par la tomate industrielle et la pomme de terre (2012-2022)

En dehors de l'aspect agronomique, ces deux cultures sont sujettes à des variations dans le temps au gré des conditions de commercialisation, du prix du marché et d'un degré moins des aléas climatiques étant donné que la ressource en eau n'a pas été un facteur limitatif du fait que huit années sur dix ont connu un taux de satisfaction dépassant 95 % (tableau 22), contre deux années déficitaires avec un taux de satisfaction de 17 % par rapport à la demande en eau exprimée.

Tableau 22 : Taux de satisfaction des demandes de dotation en eau d'irrigation du périmètre Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022

Campagne d'irrigation	Volume demandé (hm ³)	Volume alloué (hm ³)	Taux de satisfaction (%)
2012	35	35,00	100
2013	35	35,00	100
2014	35	30,00	86
2015	40	40,00	100
2016	40	40,00	100
2017	40	7,00	18
2019	30	27,00	90
2020	41	36,00	88
2021	37	37,00	100
2022	46	7,20	16
Moyenne	37,90	29,42	78

8.4.3. Résultats de calcul de la productivité de l'eau d'irrigation

Tableau 23 : Evaluation de la productivité de l'eau d'irrigation des cultures de tomates et de pomme de terre dans le périmètre Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022

Campagne	Productivité (Kg/m ³)	
	Tomate industrielle	Pomme de terre
2012	14,09	6,20
2013	16,09	6,18
2014	15,78	6,10
2015	15,76	6,04
2016	15,93	5,41
2017	13,51	6,43
2019	20,00	6,39
2020	19,22	6,14
2021	16,00	6,14
2022	16,00	//
Moyenne	16,24	6,12

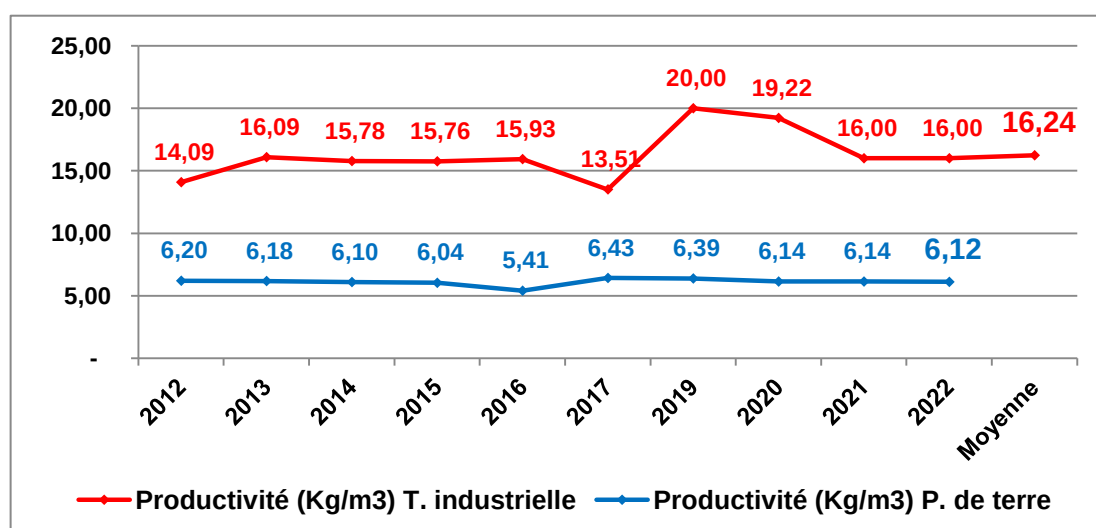


Figure 24 : Evaluation de la productivité de l'eau d'irrigation des cultures de tomate industrielle et de pomme de terre : Campagnes 2012-2022

8.5. Interprétation des résultats

8.5.1. Tomate industrielle

Les résultats obtenus montrent que les superficies irriguées et les rendements à l'hectare de la culture de tomate industrielle se développent remarquablement. La superficie irriguée est passée de 271 ha en 2000 à un niveau de plus en plus stable de 1500 ha en moyenne depuis 2012, avec un pic de 2126 ha enregistré en 2015.

Une baisse relative enregistrée en 2019 et 2022, induite essentiellement par les retentissements des événements que le pays a traversés en 2019. Quant à la

campagne 2022, la principale cause était la faible dotation en eau du périmètre avec un volume de 7 millions de m³ réservé d'ailleurs exclusivement à cette culture.

Contrairement à d'autres cultures, la tomate industrielle a bénéficié de plusieurs atouts favorisant son développement et sa performance. Parmi les indicateurs favorables, on retrouve le tissu industriel dédié à la transformation de ce produit avec cinq unités situées dans la wilaya de Guelma, les systèmes d'irrigation économes en eau adoptés par les producteurs, tels que le goutte-à-goutte. À titre d'exemple, ce système a été appliqué, selon la Direction des services agricoles, à plus de 99 % des superficies irriguées pour la campagne 2024.

Aussi, parmi les facteurs favorables, on retrouve la baisse des maladies parasitaires selon les services de l'Institut national de protection des végétaux (INPV), en plus de la stratégie de contractualisation (400 à 200 contrats passés entre producteurs et transformateurs) (Chahine, 2023), une stratégie qui boostait le développement de cette filière, le fait que l'industriel choisit lui-même les variétés aux forts rendements.

Malgré le progrès enregistré durant la dernière décennie, la moyenne des rendements demeure en deçà de celle réalisée dans d'autres pays du bassin méditerranéen où les rendements varient entre 350 q/ha et 1500 q/ha (FAO, 2010). Néanmoins, ces rendements ont été meilleurs que la moyenne nationale (664,94 q/ha) en 2019 et moins de celle de 2021 (800 q/ha) (MADR, 2021 ; 2022).

La productivité, mesurée en kilogrammes produits par mètre cube d'eau (Kg/m³), a connu une progression significative. La valeur moyenne actuelle de 16,24 Kg/m³, correspondant à 61,57 litres d'eau nécessaires pour produire un kilogramme, représente une amélioration notable par rapport à la moyenne de 6,90 Kg/m³ calculée pour la période 1996-2004 dans le même périmètre (Kebieche, 2007).

Un taux d'augmentation du rendement moyen à l'hectare de plus de 56 % entre 2004 et 2022 s'explique par la forte progression dans l'amélioration des pratiques agronomiques, l'introduction des techniques économes d'eau et le choix des variétés hybrides connues pour leur robustesse et leur productivité exceptionnelles.

Aussi, et comparativement aux résultats des expériences déjà effectuées, nos valeurs se trouvent proches de beaucoup d'entre elles. À titre d'exemple, nous citons les valeurs de 7,7 à 9,3 kg/m³ (Arouna et al., 2018), de 4 à 14 kg/m³ (Ben Nouna et al., 2005) et de 13,65 à 21,93 kg/m³ (Akram et al., 2023).

8.5.2. Pomme de terre

En termes de rendement, les résultats du tableau montrent que, sur 66 % des campagnes analysées, la moyenne obtenue est de 306 q/ha et de 286 q/ha sur le reste. Quant à la moyenne interannuelle, elle est de 299 q/ha, avec un pic de production de 345 quintaux par hectare enregistré en 2013 (Nini et Mebarki, 2020).

Ce résultat est meilleur que la moyenne nationale de 257,4 réalisée en 2019 (MADR, 2021) et celle de 301,7 q/ha enregistrée entre 2010 et 2019 avec un pic de production de 318 q/ha enregistré en 2019 (ONS, 2020).

Selon la FAO (2024), « les bons rendements sous irrigation d'une culture d'environ 120 jours dans les climats tempérés et subtropicaux sont de 25 à 35 tonnes/ha de tubercules frais, et dans les climats tropicaux, les rendements sont de 15 à 25 tonnes/ha ».

Cependant, la productivité moyenne du mètre cube d'eau d'irrigation mis en têtes de parcelles de 6,12 kg/m³ paraît acceptable comparativement à la norme moyenne indiquée par la FAO qui peut atteindre 7 kg/m³ consommé pour la culture de pomme de terre conduite sous une irrigation efficiente et de tubercules frais contenant un taux d'humidité variant entre 70 et 75 % (FAO, 2024).

Ces résultats montrent ainsi une progression dans la valorisation de l'eau dans le périmètre depuis sa mise en service, et ce par rapport à une moyenne de 3,93 kg/m³ obtenue sur la période de 1996 à 2005 (Kebieche 2007). Cela témoigne du développement important de cette culture dans le périmètre, particulièrement durant la période de 2012 à 2016. Durant cette période, un pic de 687 ha de superficie irriguée a été atteint en 2016, soit un taux de 19 % de la superficie totale irriguée du périmètre. Néanmoins, cette tendance haussière s'est arrêtée à partir de la campagne 2017, en reculant à un niveau remarquablement bas pour atteindre un taux de moins de 4 % durant les campagnes 2017-2021 selon les résultats du tableau 21.

Les contraintes liées à la commercialisation, la fluctuation et l'instabilité des prix du marché sont supposées être à l'origine de cette régression. Les faibles cotations enregistrées d'une campagne à l'autre, impactant négativement les revenus des producteurs, notamment face aux défis économiques auxquels ce produit est confronté tels que l'insuffisance du système de régulation existant et l'absence d'une transformation durable de la filière.

Bien que les valeurs obtenues soient significatives, on constate que ces résultats correspondent peu aux objectifs fixés pour un périmètre d'irrigation qui ne subit aucune contrainte en matière de dotation en eau. Par conséquent, il subsiste d'importantes possibilités d'accroître le rendement en adoptant des pratiques agricoles modernes et durables, par l'introduction de techniques innovantes de gestion des ressources et le respect de l'itinéraire technique.

La mise en œuvre des pratiques agricoles appropriées et modernes, la sélection des semences, la gestion de la santé des sols et de la culture et l'utilisation rationnelle et raisonnée des intrants sont les clés d'optimisation des rendements et, par conséquent, la réduction des coûts de production.

À cela s'ajoutent les mesures d'accompagnement nécessaires, à mettre en place par les responsables du secteur pour la régulation et la commercialisation de la production dans des conditions des plus favorables.

Aussi, des efforts de sensibilisation et d'appui à l'irrigation doivent être multipliés, car l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation passe nécessairement par l'amélioration des connaissances, sachant qu'irriguer plus n'est pas évident de produire plus, mais irriguer juste, c'est obtenir une efficacité plus forte, car la présente analyse indique qu'il faudra 163,39 kg d'eau pour produire un kg de pomme de terre.

8.6. Conclusion

Les niveaux des rendements réalisés pour les deux cultures dans le périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf sont relativement acceptables et varient d'une campagne à l'autre, notamment pour la tomate industrielle.

Les valeurs de production en kilogramme par mètre cube d'eau mis en tête de parcelles sont de 16,24 kg/m³ et 6,12 kg/m³ respectivement pour les cultures de tomate et de pomme de terre, et indiquent une bonne valorisation de l'eau d'irrigation. Néanmoins, l'importance des volumes distribués à l'hectare, évalués à 4500 et 4900 m³/ha, renseigne de la faible performance du système irrigué dans son ensemble.

Cette faible performance doit amener à se poser des questions sur les mesures à prendre pour une meilleure adéquation entre les ressources en eau disponibles et l'amélioration de la productivité avec moins d'eau et par conséquent,

l'amélioration de la performance économique du périmètre et son exploitation durable.

Aussi, et en termes de valorisation économique de la production végétale au niveau du périmètre, il se trouve qu'il est nécessaire de mettre en exergue son importante contribution dans l'amélioration des revenus des agriculteurs, de la population locale et de l'économie nationale.

8.7. La valeur économique de production par unité d'eau d'irrigation

8.7.1. Introduction

La valeur de production de l'eau d'irrigation pour une culture donnée se rapporte à sa production en kg multipliée par le prix unitaire exprimé en DA/m³. L'objectif du présent sous-chapitre est l'estimation de l'impact de l'eau d'irrigation sur le volume de production d'une culture donnée et son intérêt dans l'accroissement des bénéfices économiques, notamment avec l'optimisation de son utilisation.

En Algérie et sous l'effet des changements climatiques, les ressources en eau sont de plus en plus limitées. Des actions stratégiques et durables comme solutions palliatives aux contraintes de manque d'eau sont requises, parmi lesquelles se trouve la valorisation de l'eau d'irrigation qui constitue à elle seule un terme fondamental dans la formule d'utilisation à l'échelle nationale, sachant que son taux d'utilisation dépasse 70 % de la consommation globale de nos ressources hydriques utilisées.

Le travail mené sur le périmètre irrigué Guelma-Boucheoug nous a permis de mettre en évidence l'importance de l'irrigation rationnelle dans la préservation des investissements consentis par l'État dans le cadre des programmes d'équipement et de mise en valeur de nouvelles superficies, d'une part, et la nécessité de mieux rendre à l'évidence que valoriser l'eau, c'est produire plus et mieux avec moins d'eau, d'autre part.

8.7.2. Valorisation de l'eau d'irrigation à l'échelle des parcelles irriguées

Le présent travail s'intéresse à un indicateur d'appréciation de valorisation du m³ d'eau par la production au niveau du périmètre pour la campagne d'irrigation 2024. Cet indicateur consiste en la valeur de production résultant du rapport entre la valeur du produit induit en DA par l'apport en mètre cube distribué à la parcelle ; il est mesuré en DA/m³.

Cependant, évaluer le niveau de valorisation d'un m³ d'eau d'irrigation consiste en un processus essentiel, notamment dans les régions confrontées à la pénurie d'eau. Sa connaissance permet la planification et la mise en œuvre d'actions pour l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau agricole, réduire le gaspillage et les déperditions et assurer des pratiques agricoles durables.

8.7.3. Calcul des valeurs de production pour la tomate et la pomme de terre

8.7.3.1. Données et méthodologie de calcul

Pour les besoins de calcul, les valeurs utilisées se rapportent aux superficies irriguées, à la production, aux rendements par hectare irrigué et par culture, ainsi qu'à la productivité en kg/m³. Ces données ont été calculées en moyenne annuelle en se référant à la campagne agricole 2023/2024.

En ce qui concerne la détermination des valeurs de production (**Vp = Produit / Volume distribué**) en DA/m³, le prix de vente moyen de référence utilisé pour chaque production est le suivant :

- 22 DA/kg de tomate industrielle livrée à l'usine, y compris la subvention de l'État au profit du producteur (décision ministérielle n° 616 du 13 juillet 2014 et décision ministérielle n° 378 du 10 mai 2020, modifiant la décision n° 616 du 13 juillet 2014 complétée, fixant les conditions d'éligibilité au soutien), estimée à 4 DA par kilogramme.
- Le prix moyen de la pomme de terre, est celui publié par les services du ministère de l'agriculture et du développement rural durant l'année 2024 (Annexe 6).

Le tableau 24 suivant illustre l'évolution du prix moyen de détail de la pomme de terre et le prix à la livraison aux usines de la tomate pour l'année 2024.

Tableau 24 : Evolution mensuelle du prix de détail de la pomme de terre et du prix à la livraison aux usines de la tomate industrielle : Année 2024

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Prix moyen
Tomate industrielle							22						22
Pomme de terre	56	61	62	89	81	90	107	90	89	90	87	71	81

8.7.3.2. Synthèse des résultats de calcul

L'expression valorisation du m³ d'eau d'irrigation (Vp) est employée exclusivement pour désigner la valeur en DA/m³ du produit par rapport à la quantité d'eau prélevée en tête de parcelle.

Les résultats obtenus sont présentés dans le (tableau 25 ; figure 25) et concernent la campagne agricole 2023/2024. Les données de calcul sont recueillies auprès des services d'exploitation de l'organisme de gestion, en l'occurrence l'ONID, et des bilans de campagne agricole des services de l'agriculture de la wilaya de Guelma.

Tableau 25 : Valeur économique (de production) moyenne du m³ d'eau d'irrigation de la tomate industrielle et de la pomme de terre : Campagne 2024

Culture	Sup irriguée (ha)	Dose Théorique (m ³ /ha)	Volume distribué (m ³)	Rendement moyen (Kg/ha)	Production globale (Kg)	Prix du détail (DA/Kg)	Productivité (Kg/m ³)	Valeur économique (DA/m ³)
Tomate industrielle	1 063	4500	4 783 500	80 000	85 040 000	22	18	391,11
Pomme de terre	110	4900	539 000	29 966	3 296 260	81	6,12	495,36

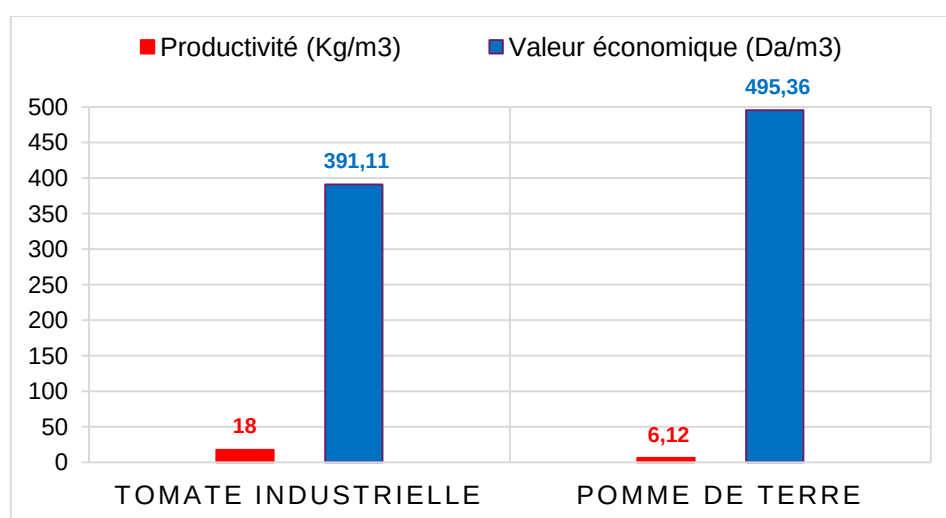


Figure 25 : Valeur économique (de production) moyenne du mètre cube d'eau d'irrigation de la tomate industrielle et de la pomme de terre : Campagne 2024

8.7.3.3. Interprétation des résultats

En termes de valeurs économiques de la production au mètre cube d'eau d'irrigation, calculées par rapport à une productivité de 18 Kg/m³ et 6,12 Kg/m³ respectivement pour la tomate industrielle et la pomme de terre, elles sont de 391,11 Da/m³ et 495,36 DA/m³. Ces résultats nous permettent de constater que la pomme de terre valorise mieux l'eau d'irrigation par rapport à la tomate industrielle,

mais en général elles demeurent toutes les deux parmi les cultures qui valorisent mieux l'eau d'irrigation.

En effet, et à titre de comparaison aux résultats donnés dans la littérature et dans des conditions hydro-agricoles similaires, il faut utiliser 287 litres d'eau pour produire un kg de pomme de terre selon l'OiEau (OiEau, 2023).

Selon la FAO, un bon rendement de pomme de terre irriguée d'un cycle moyen de 120 jours, sous un climat tempéré, varie entre 250 et 350 quintaux de tubercules frais par hectare (FAO, 2009). Aussi, une irrigation efficace peut permettre de valoriser le mètre cube consommé à 4 jusqu'à 7 kg/m³ de tubercules frais contenant un taux d'humidité variant entre 70 et 75 %.

Dans les conditions d'un système de distribution en eau sous pression à la demande, avec 78 % de taux de satisfaction des demandes de dotation en eau, la culture de pomme de terre présente un rendement moyen de 306 q/ha durant plus de 66 % des campagnes analysées et de 286 q/ha sur le reste, soit une moyenne interannuelle de 299 q/ha, avec un pic de production de 345 quintaux par hectare obtenu en 2013 (Nini et Mebarki, 2020).

Cependant, la valeur économique moyenne de 6,12 Kg/m³ d'eau d'irrigation mise en têtes de parcelles est plausible, elle prouve une progression dans la valorisation de l'eau depuis la mise en service du périmètre, comparativement à la période 1996-2005 pendant laquelle une valeur moyenne de 3,93 Kg/m³ a été obtenue (Kebieche 2007). Cela démontre le développement de cette culture dans le périmètre, notamment de 2012 à 2016, en atteignant un pic de superficie de 687ha, soit un taux de 19 % de la superficie totale irriguée du périmètre. Néanmoins, cette tendance haussière s'est arrêtée à partir de la campagne 2017, en reculant à un niveau remarquablement bas pour atteindre un taux de moins de 4 % durant les campagnes 2017-2021 selon les résultats du tableau 22. Les contraintes liées à sa commercialisation et la fluctuation des prix du marché sont supposées être à l'origine de cette régression.

En dehors de l'importance des résultats obtenus, il convient de noter qu'ils ne correspondent que peu aux objectifs attendus dans un périmètre d'irrigation qui ne souffre pas d'une limitation dans la dotation en eau, d'où les marges d'amélioration des rendements qui existent encore en adoptant des pratiques agricoles modernes et durables.

L'utilisation de pratiques agricoles appropriées et modernes, la sélection des semences, la gestion de la santé des sols et de la culture et l'utilisation raisonnée des intrants sont les clés d'optimisation des rendements de cultures et, par conséquent, la réduction des coûts de production.

Aussi, des mesures d'accompagnement sont indispensables pour réguler le marché et garantir une commercialisation de la production dans des conditions optimales.

Bien que les surfaces cultivées en pommes de terre aient chuté de 85 % entre 2012-2016 et 2017-2022, le rendement moyen a paradoxalement augmenté de 8 %. Cette hausse significative est attribuable aux améliorations des pratiques agronomiques et à l'adoption d'équipements plus économes en eau (Nini et Mebarki, 2019).

8.8. Conclusion

Des efforts de sensibilisation et d'appui à l'irrigation sont indispensables, car l'amélioration de l'efficience passe nécessairement par l'amélioration des connaissances, sachant qu'irriguer plus n'est pas évident de produire plus, mais irriguer juste, c'est obtenir une efficience plus forte.

Cependant, irriguer juste, c'est relever le défi de la pénurie d'eau grâce à des technologies et des méthodologies innovantes. Cela donne les possibilités de mettre en place des pratiques agricoles durables, garantissant des avantages économiques et sécurisant nos ressources.

Chapitre IX : Tarification de l'eau d'irrigation et son impact sur la performance et la durabilité du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf

9.1. Introduction Le présent chapitre vise comme objectif essentiel à évaluer l'impact de la tarification en vigueur de l'eau d'irrigation sur l'équilibre financier de l'organisme exploitant, la performance, la productivité et l'amélioration de la performance et la durabilité du système irrigué et de la qualité du service.

Notre analyse est opérée dans un contexte technique fait par rapport au schéma général de distribution (mode de distribution) de l'eau depuis la source d'alimentation jusqu'en têtes de parcelles, en tenant compte du système de culture et des modes d'irrigation existants.

Cette analyse se réfère au principe fondamental énoncé par la loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau (article 137) et le décret exécutif n° 05-14 du 9 janvier 2005 fixant les règles de tarification de l'eau à usage agricole ainsi que les tarifs y afférents. L'objectif, selon l'article 2 du présent décret, est de couvrir "les frais et les charges d'entretien et d'exploitation des ouvrages et infrastructures d'irrigation et d'assainissement-drainage et contribue au financement des investissements pour leur renouvellement et leur extension" (JORA n° 60 du 04 septembre 2005).

Les conditions et les modalités d'établissement du système de tarification du service de l'eau d'irrigation sont définies par le décret exécutif n° 07-270 du 11 septembre 2007. Ce système tarifaire constitue un outil indispensable à la rémunération des coûts du service d'une part, et à assurer la durabilité des aménagements d'autre part.

Dans cette optique, le présent sous-chapitre se veut une réponse à la question fondamentale suivante : À quel niveau le tarif actuel de l'eau d'irrigation reflète son coût réel et sa contribution dans le maintien du périmètre irrigué en conditions normales et durables de gestion et d'exploitation ?

9.2. La tarification de l'eau d'irrigation, un instrument de gestion dans le périmètre irrigué de Guelma-Boucheougouf

La gestion du périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf, au même titre que tous les GPI en Algérie, repose sur le principe d'un tarif binomial en vigueur depuis 2005. Une tarification basée sur le principe du coût moyen pour couvrir les charges de gestion et d'exploitation supportées par l'organisme exploitant (concessionnaire ou délégataire) et inciter les agriculteurs à rationaliser son utilisation. Les tarifs

applicables pour la fourniture de l'eau à usage agricole dans le périmètre irrigué sont fixés conformément au tableau 26 ci-dessous :

Tableau 26 : Tarification actuelle (2025) dans le périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf

Date d'entrée en vigueur	Tarif volumétrique (DA/m ³)	Tarif fixe (DA/l/s/ha)
2005	2,50	400

À cet égard, la facturation de la fourniture de l'eau d'irrigation aux usagers dans le périmètre comprend deux termes et est indiquée par la formule tarifaire ci-après. Elle évolue avec l'affectation des volumes et les superficies irriguées :

$$T = (Sf \times 400) + (Vf \times 2,50)$$

Dont :

T : tarif appliqué en DA/m³ ;

Sf : superficie souscrite en ha ;

Vf : volume facturé en m³.

- Le premier terme de la formule désigne la redevance fixe, dont le montant est déterminé en fonction de la superficie irrigable et du débit maximal souscrit par l'utilisateur au titre de la campagne d'irrigation ; elle est estimée à 400 DA/l/s/ha. Elle est destinée à recouvrir les charges d'exploitation et de maintenance fixes non directement proportionnelles aux volumes distribués, telles les charges de personnel, d'entretien et de frais fixes d'énergie électrique de pompage.
- Le deuxième terme désigne la partie variable d'un montant proportionnel au volume d'eau consommé pendant une durée donnée et mesuré directement par un dispositif de comptage ou estimé indirectement sur la base du débit ou du module d'arrosage utilisé, évalué à 2,50 DA/m³ souscrit. Il est fonction de la consommation en eau et destiné à recouvrir les charges variables telles que les frais de consommation d'énergie électrique (pompage) et les volumes soutirés du barrage (actuellement non facturés).

9.3. Tarification actuelle et coût de revient du m³ d'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf

Dans les conditions de gestion et d'exploitation du périmètre, les coûts de revient du m³ d'eau sont déterminés en tenant compte des charges relatives au fonctionnement, à la gestion et à l'entretien courant des équipements du périmètre.

9.3.1. Charges et produits d'exploitation

Les charges prises en compte dans les calculs expriment ce qui suit :

- Les charges variables proportionnelles au volume distribué telles que les frais d'énergie de pompage ;
- Les charges fixes liées au fonctionnement, à l'entretien et à la gestion d'ensemble du périmètre, telles que les charges de personnel, d'entretien et maintenance et autres, liées à l'exploitation et à la maintenance du périmètre.

En ce qui concerne les produits d'exploitation, elles représentent les redevances des ventes d'eau calculées selon les tarifs en vigueur par rapport aux volumes réellement facturés. Les montants relatifs à ces deux principaux indicateurs de gestion sont illustrés dans le tableau 27 ci-après :

Tableau 27 : Evolution des charges d'exploitation et redevances des ventes d'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022

Campagne	Charges totales d'exploitation (DA)	Frais d'énergie (pompage)		Charges d'entretien		Produits de vente de l'eau d'irrigation	
		Montant (DA)	Taux (%)	Montant (DA)	Taux (%)	Montant (DA)	Taux / Charges Totales. (%)
2012	220 640 729,78	93 049 211	42,17	22 643 260	10,26	66 962 268	30
2013	248 340 875,50	92 227 936	37,14	15 535 100	6,26	85 681 028	35
2014	282 883 596,58	114 578 599	40,50	19 500 000	6,89	70 248 448	25
2015	259 997 759,89	94 171 999	36,22	34 062 452	13,10	72 571 148	28
2016	229 399 746,57	110 599 504	48,21	35 224 400	15,36	64 032 960	28
2017	134 340 600,54	35 121 461	26,14	16 739 687	12,46	2 533 384	2
2019	144 685 371,58	49 473 464	34,19	24 770 912	17,12	20 918 076	14
2020	190 523 084,62	87 293 819	45,82	46 970 642	24,65	42 975 476	23
2021	218 183 330,30	79 939 371	36,64	11 742 398	5,38	37 669 568	17
2022	130 802 224,95	18 237 458	13,94	16 375 279	12,52	5 665 560	4
Moyenne	205 979 732,03	77 469 282	37,61	24 356 413	11,82	46 925 791	23

Les résultats de calcul montrent que les produits générés par la vente d'eau d'irrigation dans le périmètre couvrent en moyenne 23 % des charges totales d'exploitation, très en deçà des taux estimés à 50 % par Mouhouche en 2002 et 56 % par Kebieche en 2003 (Mouhouche, 2002 ; Kebieche, 2007).

Ce taux de couverture a connu, selon ces mêmes résultats, son plus faible niveau compris entre 2 et 4 % durant les campagnes 2017 et 2022. Cela est dû au

fait que le périmètre a connu une dotation en eau très limitée de 7 et 7,2 hm³ respectivement. Hormis ces deux campagnes, le taux de couverture des charges le plus élevé a été enregistré respectivement durant les campagnes 2012 et 2013 avec une moyenne de 30 % à 35 %, par rapport à une dotation en eau satisfaisante de 35 hm³ équivalente aux besoins exprimés.

Aussi, il est constaté que les redevances liées à la facturation de l'eau dans le périmètre de Guelma-Boucheouf sont fortement impactées par les frais d'énergies de pompages avec un taux de 37,61 % des charges totales d'exploitation. Cela nécessite une attention particulière à l'effet de démontrer son impact sur le déséquilibre financier engendré à l'organisme de gestion.

9.3.2. Calcul du coût de revient du m³ d'eau d'irrigation

En général, le coût d'un m³ d'eau d'irrigation varie en fonction du schéma et mode de distribution, des installations et ouvrages de mobilisation, des assolements en irrigué pratiqués et des conditions climatiques. Il est défini comme étant le prix de revient d'une unité d'eau distribuée, en tenant compte de toutes les charges depuis le barrage jusqu'en têtes de parcelles.

L'impact du coût du m³ d'eau sur la production agricole est important par son prix, sa source et son mode de distribution à la parcelle. Son efficacité d'utilisation est tributaire de sa valeur de production et de son coût d'obtention, selon Simona et Florin (2012), qui mentionnent dans leurs études que l'utilisation du mètre cube d'eau est considérée efficace si sa valeur de production est la même que le coût de son obtention, y compris le coût d'opportunité (Simona et Florin, 2012).

La maîtrise du coût de revient de l'eau d'irrigation est essentielle pour une gestion durable de l'agriculture en général et des systèmes irrigués en particulier. Parmi les facteurs qui influent remarquablement sur ce coût dans le périmètre de Guelma-Boucheouf se trouvent les frais d'énergie de pompage.

9.3.3. Démarche et données de calcul

Combien coûte le mètre cube d'eau d'irrigation distribué au niveau du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf ? Elle est la question essentielle lorsque l'on cherche à évaluer la rentabilité de l'irrigation dans ce périmètre. La réponse est loin d'être simple étant donné que les installations d'irrigation sont diverses au même titre que les données d'exploitation servant d'inputs dans le calcul des coûts de revient.

À ce titre, la démarche suivie pour l'estimation du coût de revient moyen repose sur le volume distribué (fourni) par le gestionnaire. Il représente les charges d'exploitation qui sont fonction des besoins d'entretien courant et de fonctionnement, des frais d'énergie fixes et variables, en tenant compte du système tarifaire en vigueur.

Cette démarche vise à estimer le coût de revient moyen et sa contribution dans la couverture des charges d'exploitation et d'investissement et le niveau d'équilibre budgétaire obtenu par le gestionnaire.

En ce qui concerne la part annuelle d'investissement prise en considération dans nos calculs, elle correspond aux taux d'amortissement correspondant aux frais à dégager pour assurer le renouvellement des équipements et l'entretien des ouvrages d'exploitation. Son évaluation est plus complexe à estimer du fait qu'elle concerne plusieurs niveaux d'investissement tels que la mobilisation et le transfert, la distribution et le renouvellement. Dans la présente approche, il est impliqué à travers le taux d'amortissement des ouvrages et équipements utilisés par l'organisme de gestion et calculé selon les règles d'usage édictées par la réglementation en vigueur.

Les données utilisées dans le cadre de la présente thèse sont issues des bilans d'exploitation de l'organisme de gestion, en l'occurrence l'ONID, établis pour les exercices 2012 à 2021, ayant permis d'illustrer l'ensemble des résultats de calcul dans le tableau 28 et la figure 26 ci-après :

Tableau 28 : Evaluation du coût de revient du m³ d'eau d'irrigation au niveau du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2021

Campagne	Prix à la facturation (DA/m ³)	Coût de revient (DA/m ³)	Taux de recouvrement du Coût (%)
2012	2,55	8,40	30,35
2013	2,55	7,39	34,50
2014	2,58	10,37	24,83
2015	2,57	9,20	27,91
2016	2,56	9,16	27,91
2019	2,56	17,71	14,46
2020	2,59	11,48	22,56
2021	2,58	14,94	17,27
Moyenne	2,57	11,08	24,97

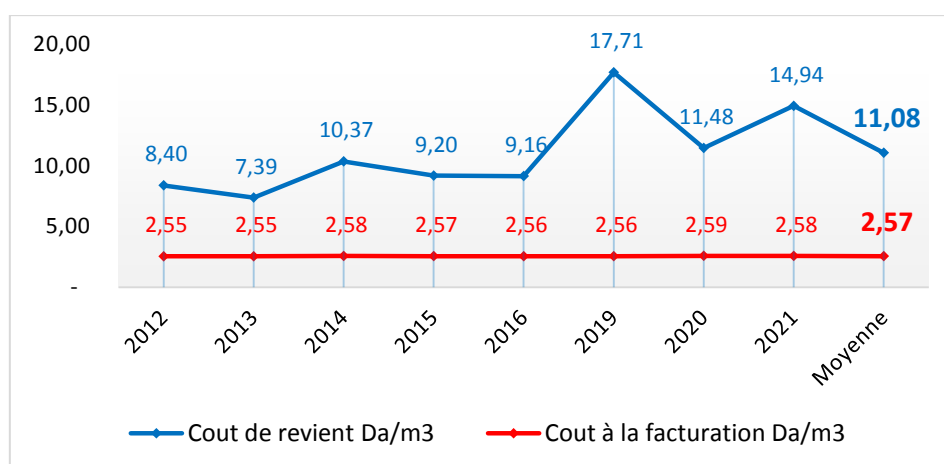


Figure 26 : Evaluation du coût de revient du m³ d'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2021

9.3.4. Interprétation des résultats

Hormis les deux campagnes 2017 et 2022, ayant enregistré un taux de recouvrement des coûts négligeable de 1,89 % et 4,33 % et loin du centre des données d'analyse (annexe 7), la redevance moyenne générée par la tarification en vigueur représente un taux de 24,97 % du recouvrement des charges induites par la gestion et l'exploitation du périmètre. Cette situation de contrainte impacte négativement l'équilibre des charges et produits de l'organisme de gestion du fait que le coût de revient du m³ d'eau livré en tête de parcelles est de 11,08 DA/m³, soit plus de quatre fois le tarif actuel.

Pour rappel, la présente démarche ne tient pas compte de la part des coûts d'investissement, des charges d'exploitation et de maintenance des ouvrages de stockage et de mobilisation (barrage) qui sont totalement financées par l'État et attribuées à l'ANBT. Ce coût est estimé à 0,94 DA/m³ distribué à la borne selon l'étude BRL-BNEDER engagée par le ministère des Ressources en eau en 2005, basée sur les volumes lâchés du barrage.

Rappelons que l'État, en tant que concédant, assure le financement de la mobilisation des ressources en eau et de l'aménagement des grands périmètres irrigués. Un soutien financier supplémentaire est apporté par un tarif administré, conçu pour couvrir les dépenses de gestion et d'exploitation des infrastructures d'irrigation, en application des décrets **n° 05-14 du 9 janvier 2005** et **n° 07-270 du 11 septembre 2007**, qui encadrent la tarification de l'eau agricole et les modalités du système de tarification du service d'irrigation.

Ce tarif vise à contribuer au financement des investissements pour le renouvellement et l'extension des équipements et ouvrages de distribution selon le niveau de dépréciations technique et économique.

D'autres subventions financières sont attribuées sous forme de soutien au profit des agriculteurs dans le cadre des programmes d'économie de l'eau, par un financement au taux variable des équipements et matériels d'irrigation économiseurs d'eau à hauteur de 50 % à 60 % du prix d'acquisition conformément aux dispositions de la décision n° 866 du 20 octobre 2021 (MADR, 2021).

En dépit de ce financement attribué par l'État, le coût de revient calculé met en évidence l'important écart entre le tarif appliqué et le coût réel de l'eau d'irrigation dans les conditions actuelles de gestion et d'exploitation, à l'exemple du périmètre étudié.

Par ailleurs, les redevances totales générées par les ventes d'eau arrivent à peine à couvrir 60 % des frais d'énergie électrique de pompage. Cela indique la faible contribution de la tarification en vigueur dans la préservation et la durabilité d'un tel aménagement et favorise ainsi le gaspillage et l'utilisation inappropriée de l'eau, considérée comme facteur déterminant dans l'amélioration quantitative et qualitative de la production agricole et la sécurité alimentaire.

En ce qui concerne le volet gestion d'ensemble, le système tarifaire en vigueur ne répond pas aux exigences d'équilibre entre les charges et les produits de vente d'eau agricole calculés suivant la formule binomiale et met l'organisme de gestion en situation de déséquilibre financier chronique.

À titre de comparaison, le tarif de l'eau d'irrigation en Algérie est l'un des plus faibles par rapport à celui appliqué dans beaucoup de pays dans le monde. Le tableau 29 ci-après illustre quelques exemples :

Tableau 29 : Exemples du tarif de l'eau d'irrigation appliqué dans quelques pays méditerranéens selon le taux de change à Janvier 2025

Régions	Tarif (Monnaie locale)	Coût (Dollars/ m ³)	Equivalent (Da/m ³)	Sources
Tunisie (DAT)	0,060 à 0,067	0,0186 à 0,0207	2,543 à 2,840	http://www.onagri.tn/uploads/Etudes/livre-FINAL
Maroc (DHM)	0.30 à 0.35	0,0297 à 0,0346	4,035 à 4,707	http://ormvah.com/amenagement-service-eau/facturation/
Algérie (DA)	2 à 2.5	0,0146 à 0,0182	2 à 2,50	https://www.fao.org/faolex/results/details/fr/
France (EUR)	0.20 à 0.30	0.204 à 0.306	28 à 42	https://vienne.chambre-agriculture.fr/fileadmin/

Dans le contexte de la présente étude, il est constaté que la part la plus importante du coût de revient du m³ d'eau d'irrigation est l'énergie de pompage. De ce fait, il est essentiel d'optimiser sa consommation pour rentabiliser l'irrigation, en agissant sur la performance énergétique (ratio KWh/m³) et la maîtrise de sa consommation, que nous suggérons d'ailleurs comme éventuels travaux de recherche à entreprendre.

Enfin, l'amélioration de l'utilisation efficiente de l'eau d'irrigation est tributaire aussi de l'accroissement de la productivité du m³ d'eau d'irrigation en améliorant les rendements à moindre coût de revient. Un coût réel du m³ donc rapproché à sa valeur d'exploitation ne doit pas constituer une entrave à l'amélioration de la performance du système irrigué et permet une durabilité de son exploitation.

9.4. Les frais d'énergie de pompage et leur impact sur le déséquilibre financier du périmètre de Guelma-Bouhegouf

9.4.1. Impact des frais d'énergie sur les charges et les recettes du périmètre

Dans nos calculs, nous avons utilisé les frais d'énergie consommée suivant les différentes tranches horaires, en tenant compte de toutes les redevances fixes et variables ou proportionnelles au volume pompé, comme stipulé dans les contrats n° 41 et 43 de la Sonelgaz.

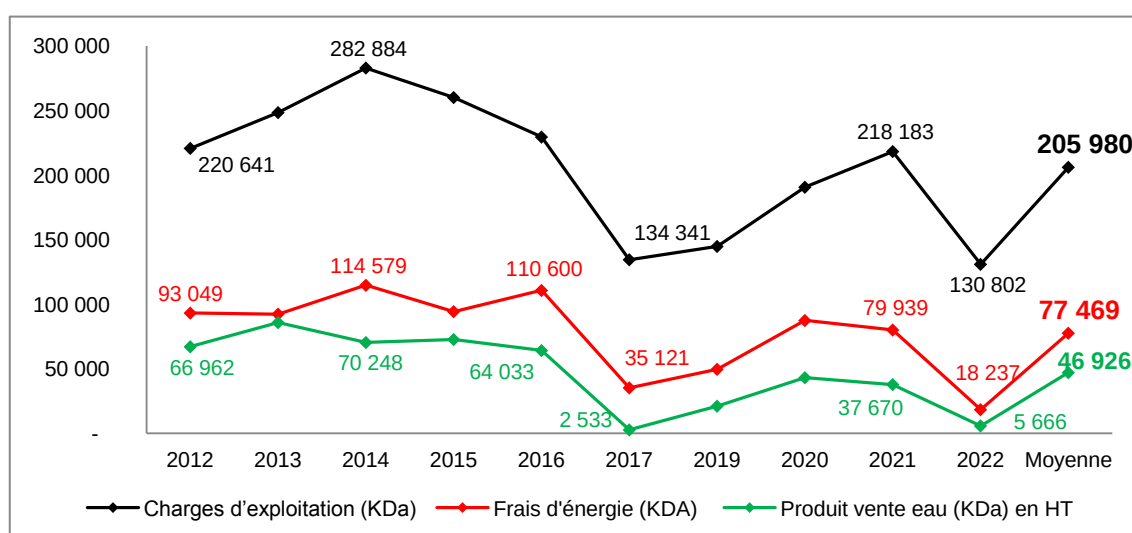
Le tableau 30 ci-dessous présente l'évolution des frais d'énergie de pompage et leur impact sur les dépenses d'exploitation du périmètre ainsi que sur les revenus générés par la vente d'eau d'irrigation pour la période 2012-2022, en appliquant les tarifs en vigueur.

Tableau 30 : Evolution des frais d'énergie et leur impact sur le déséquilibre financier de l'organisme de gestion du périmètre Guelma-Bouchegouf : Exercice 2012-2022

Campagne	Charges d'énergie					
	Charges totales (DA)	Montant (DA)	Taux (%)	Produit vente eau (DA) en HT	Taux couverture des charges totales (%)	Taux couverture charges d'énergie (%)
2012	220 640 729,78	93 049 211	42,17	66 962 268	30	72
2013	248 340 875,50	92 227 936	37,14	85 681 028	35	93
2014	282 883 596,58	114 578 599	40,50	70 248 448	25	61
2015	259 997 759,89	94 171 999	36,22	72 571 148	28	77
2016	229 399 746,57	110 599 504	48,21	64 032 960	28	58
2017	134 340 600,54	35 121 461	26,14	2 533 384	2	7
2019	144 685 371,58	49 473 464	34,19	20 918 076	14	42
2020	190 523 084,62	87 293 819	45,82	42 975 476	23	49
2021	218 183 330,30	79 939 371	36,64	37 669 568	17	47
2022	130 802 224,95	18 237 458	13,94	5 665 560	4	31
Moyenne	205 979 732,03	77 469 282	37,61	46 925 792	23	61

Les résultats du tableau montrent que les frais d'énergie de pompage constituent à eux seuls 37,61 % des charges totales d'exploitation du périmètre. Quant aux redevances générées par la vente d'eau, elles couvrent à peine 61 % des frais d'énergie et 23 % des charges totales d'exploitation.

Aussi, la figure 27 ci-dessous montre que la courbe des frais d'énergie prend une allure ascendante par rapport aux recettes générées par la vente d'eau, et par conséquent au volume pompé et distribué.

**Figure 27** : Evolution des frais d'énergie, des charges totales d'exploitation et des redevances de vente d'eau : Campagnes 2012-2022

Le présent constat met en évidence le principal paramètre déterminant dans l'évaluation de la contrainte des frais, l'énergie de pompage et l'évolution du coût de cette dernière. Pour mettre en évidence cet état de fait, nous présentons dans le tableau 31 l'évolution des frais d'énergie de pompage et sa contribution dans le coût de revient du m³ d'eau livré à la parcelle (figure 28).

Tableau 31 : Evolution des volumes pompés en m³ et frais d'énergie de pompage dans le périmètre irrigué Guelma-Bouchegouf : Campagnes 2012-2021

Campagne d'irrigation	Volume Pompé (m ³)	Frais de pompage (DA)	Coût de revient (DA/m ³ pompé)	Coût de revient (DA/m ³ distribué)	Taux de contribution (%)
2012	25 830 000	93 049 211	3,60	8,40	42,86
2013	27 710 000	92 227 936	3,33	7,39	45,06
2014	34 100 000	114 578 599	3,36	10,37	32,40
2015	31 320 000	94 171 999	3,01	9,20	32,72
2016	30 230 000	110 599 504	3,66	9,16	39,96
2019	13 810 000	49 473 464	3,58	17,71	20,21
2020	26 810 000	87 293 819	3,26	11,48	28,40
2021	24 064 000	79 939 371	3,32	14,94	22,22
Moyenne	21 802 400	74 289 536	3,41	11,08	30,59

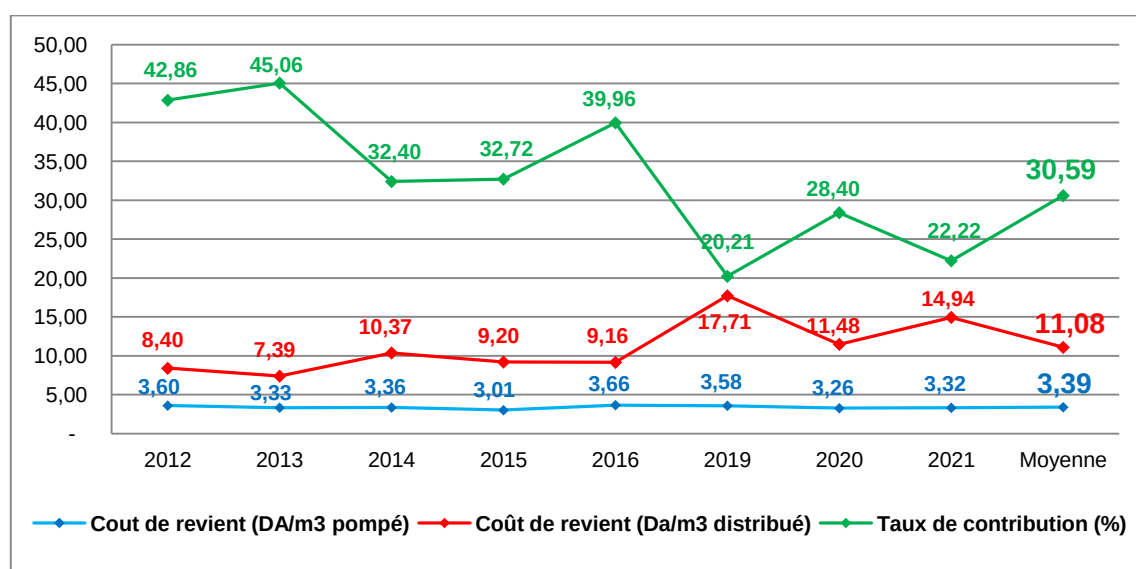


Figure 28 : Evaluation du taux de contribution des frais d'énergie de pompage dans le coût de revient global : Campagnes 2012-2021

Ce déséquilibre financier est de plus en plus accentué du fait que la tarification n'a pas évolué en parallèle avec la mutation économique que connaît ce sous-secteur. Les tarifs sont restés inchangés depuis 2005 pendant que les autres intrants, services, etc., ont connu des augmentations incomparablement

remarquables. À titre d'exemple, la figure 29 suivante illustre l'évolution de la masse salariale de l'unité de gestion et d'exploitation du périmètre.

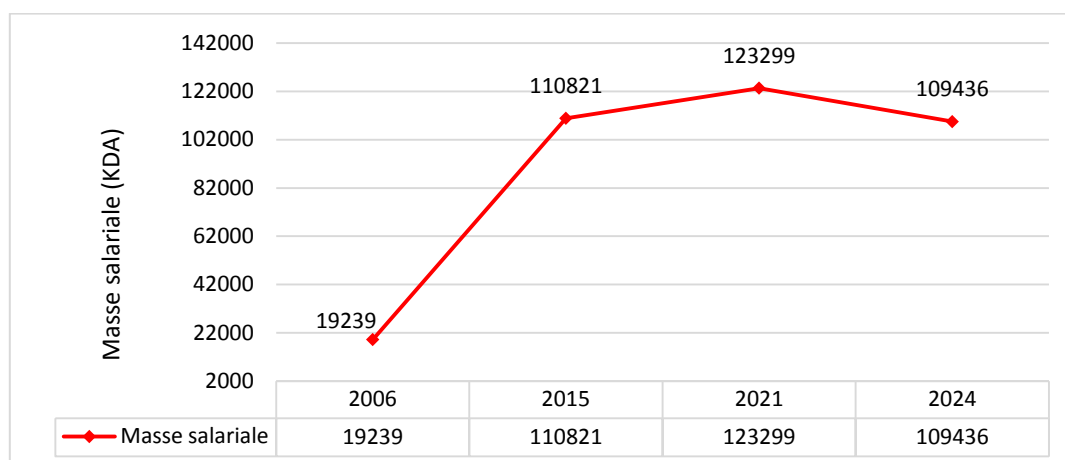


Figure 29 : Evolution de la masse salariale du personnel de l'unité d'exploitation de 2006 à 2024 en KDA

La persistance du déséquilibre financier du périmètre rend incapables la structure de gestion d'assurer un entretien normal des équipements du périmètre, et la défaillance du système tarifaire appliqué met en évidence l'incohérence entre le prix de vente et le coût de revient réel du m³ d'eau distribué. Parmi les composantes du coût réel du m³ d'eau distribué, il se trouve que les frais de pompage en constituent l'une des plus fortes.

Ces résultats signifient que la tarification de l'eau du périmètre de Guelma-Boucheougouf n'est plus adaptée aux conditions techniques du réseau de distribution et ne permet pas la couverture des charges d'exploitation, ce qui a conduit à un déséquilibre financier chronique souvent corrigé par les subventions publiques.

Dans ce périmètre où le pompage est le seul moyen existant pour ramener l'eau à la parcelle, le coût d'énergie ramené au m³ d'eau pompé se trouve plus élevé que le prix de vente.

9.4.2. Redevance d'irrigation : coût à l'hectare irrigué

La redevance d'irrigation par hectare représente le revenu généré par la vente d'eau, calculé selon un tarif spécifique. Ce tarif peut encourager l'économie d'eau, limiter les ressources disponibles pour la gestion du périmètre (en cas de faibles revenus), ou assurer une rentabilité de gestion si les recettes dépassent les coûts d'exploitation.

Pour le calcul des redevances à l'hectare irrigué au niveau du périmètre de Guelma-Boucheougouf, générées par l'application des tarifs en vigueur (2,5 DA/m³),

nous avons procédé à un calcul simple de la consommation moyenne à l'hectare pour l'ensemble des cultures pratiquées par campagne.

Les consommations moyennes par hectare pour les cultures irriguées sont obtenues en divisant le volume total d'eau distribuée par la superficie effectivement irriguée durant chaque campagne (annexe 8). La figure 30 illustre l'évolution annuelle moyenne des revenus par hectare irrigué, basés sur le tarif actuel.

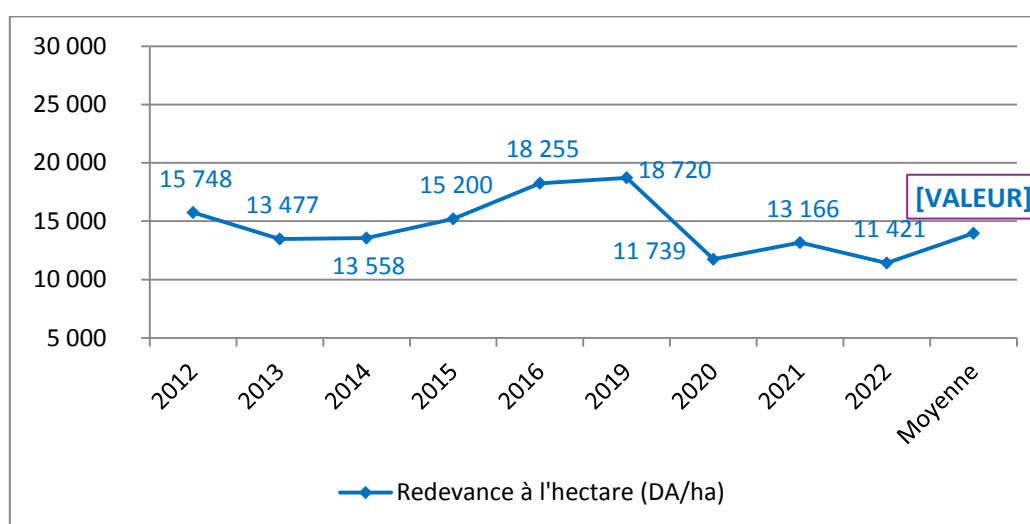


Figure 30 : Evaluation de la redevance à l'hectare générée par la tarification en vigueur du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagne 2012-2022

Inchangé depuis 2005, le tarif en vigueur (400 DA/ha souscrit + 2,5 DA/m³ facturé) ne répond plus aux exigences de gestion et d'exploitation du périmètre étudié. Une redevance moyenne à l'hectare de 13 964 DA calculée reste très insuffisante pour récupérer les frais nécessaires à l'entretien et à la préservation de ses infrastructures de distribution. Cette tarification ne peut en aucun cas constituer un facteur de sauvegarde des investissements consentis, ni incitatif à une meilleure utilisation de l'eau.

Il est évident donc que le tarif actuel de l'eau ne couvre pas les coûts opérationnels, ce qui entraîne un déficit financier à l'organisme de gestion. Ce déséquilibre compromet la durabilité et l'entretien courant des équipements et du réseau de distribution.

9.4.3. Impact des charges d'entretien sur les redevances d'eau d'irrigation

L'entretien et la maintenance des réseaux d'irrigation sont essentiels pour assurer leur bon fonctionnement et la durabilité des infrastructures. Ces tâches, qui font partie intégrante des missions de l'organisme de gestion, comprennent

l'entretien dans toutes ses formes des équipements et la mise en œuvre d'améliorations en continu. L'organisme de gestion intervient généralement à travers trois types d'actions :

Entretien préventif : réalisé en dehors des campagnes d'irrigation, il s'agit des actions planifiées et programmées selon des normes prédéfinies, et concerne tous les équipements et matériels fongibles, le curage des ouvrages et réseaux divers (pistes et assainissement).

Entretien curatif : il intervient en cas de défaillance d'un élément de l'ensemble du système de distribution durant la campagne. Il inclut la réparation des fuites, la remise en état des équipements et des ouvrages de génie civil.

Renouvellement : il consiste au remplacement complet des composants du système de distribution en intégrant les améliorations nécessaires.

La figure 31 ci-dessous illustre l'évolution des dépenses annuelles consacrées à l'entretien courant des équipements et des réseaux de distribution du périmètre. Ces coûts, fluctuant en fonction des conditions d'exploitation et des ressources financières disponibles, ont atteint une moyenne de 2 581 DA par hectare sur la période d'étude.

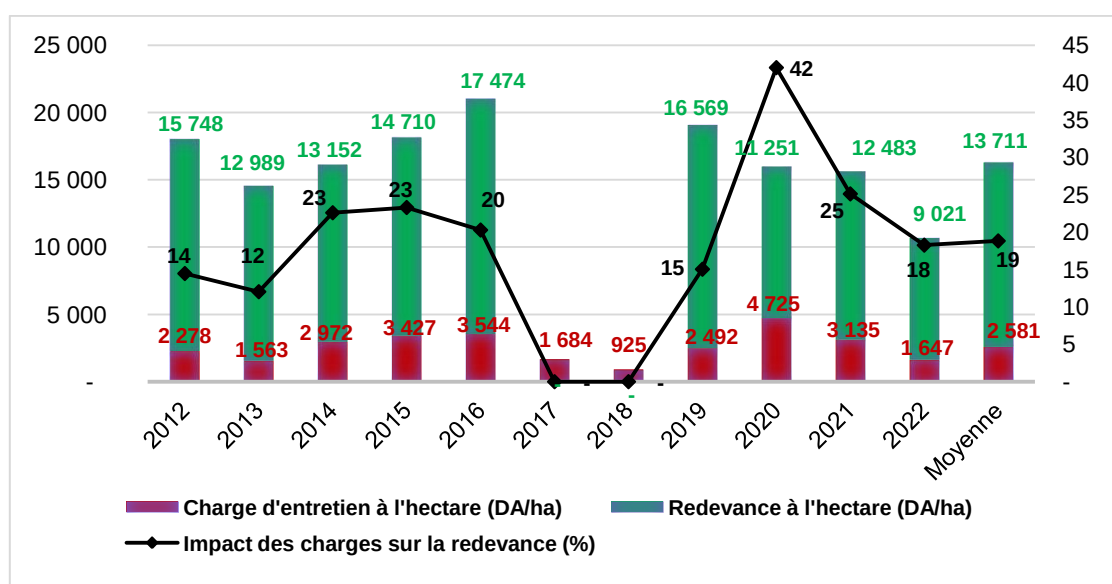


Figure 31 : Evolution des charges d'entretien du périmètre irrigué Guelma-Bouchehouf et leur impact sur les redevances d'eau d'irrigation : Campagnes 2012-2022

Par ailleurs, les calculs révèlent que les charges d'entretien représentent une part significative des revenus issus de la vente d'eau d'irrigation, avec une variation

de 12 à 42 % selon les campagnes et une moyenne interannuelle de 19 % sur la période étudiée.

9.5. Conclusion :

L'eau d'irrigation, qu'elle soit considérée comme produit social ou économique, constitue un capital générateur de services et d'avantages collectifs, à l'exemple de la pérennité des aménagements hydro-agricoles et de la préservation des ressources pour les prochaines générations.

Cependant, les tarifs de l'eau agricole en vigueur au niveau du périmètre ne reflètent pas sa valeur réelle et ne couvrent même pas les coûts minimaux d'exploitation, alourdis par les dépenses énergétiques de pompage. Les redevances des ventes d'eau générées par les tarifs appliqués ne couvrent même pas les frais de pompage, et le coût du mètre cube d'eau pompée dépasse ainsi son prix de vente.

Le recouvrement des coûts en Algérie ne couvre actuellement qu'une fraction des coûts totaux réels et une subvention publique est toujours nécessaire. Les coûts d'exploitation et d'entretien doivent être récupérés, et une augmentation progressive des redevances d'eau est nécessaire. Les redevances d'eau devraient, à moyen terme, inclure les coûts de gestion du périmètre.

Le gouvernement doit maintenir les subventions à l'irrigation à la parcelle et permettre aux organismes de gestion de pouvoir recouvrer les coûts de la réhabilitation des systèmes irrigués dont ces derniers n'ont pas réussi à assurer l'entretien convenablement, et ce à travers un ajustement des tarifs en vigueur, qui demeurent en grande partie à l'origine d'une utilisation inefficace de l'eau résultant d'une sous-évaluation de cette ressource rare.

La distribution de l'eau doit être basée sur une tarification volumétrique en têtes de parcelles irriguées, ce qui nécessite l'installation et l'exploitation de systèmes de mesure de débit.

Conclusion Générale

Conclusion générale

La présente étude traite d'un enjeu important pour l'agriculture irriguée en Algérie, notamment dans les grands périmètres irrigués comme celui de Guelma-Bouchevouf, à savoir l'optimisation de l'utilisation de l'eau face à une forte consommation d'eau agricole, des changements climatiques, le manque d'investissements et la gestion inefficace de l'irrigation

L'objectif de cette étude était d'examiner les indicateurs impactant la gestion de l'eau agricole dans un grand périmètre d'irrigation tel que celui de Guelma-Bouchevouf dans le but d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour garantir la pérennité des systèmes irrigués.

- Le calcul de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEi) dans le périmètre sur la période 2012-2022, intègre deux indices essentiels, qui servent à évaluer la performance de la gestion de l'eau d'irrigation à savoir :

L'efficacité globale du réseau (E1) : d'un taux moyen calculé de 49 %, tient compte des pertes d'adduction et de distribution de l'eau, évaluées respectivement à 67 % et 74 %. Ces valeurs décèlent le niveau considérable des pertes en eau dans les réseaux, notamment l'adduction, en raison du mode de lâcher d'eau dans l'oued.

L'efficacité à la parcelle (E2) : avec un taux moyen calculé de 82 %, paraît appréciable et interprète l'impact positif de la prédominance des méthodes d'irrigation économes en eau.

En somme, l'EUEi, résultant de la performance du réseau et de l'efficacité à la parcelle, atteint un taux moyen de 40,53 %. Ce niveau reste insuffisant, inférieur aux moyennes régionales, et ne répond pas aux objectifs fixés par la stratégie de développement du secteur agricole.

- Par ailleurs, les résultats d'analyse ont révélé l'inadéquation entre l'importance des programmes d'équipement en systèmes d'irrigation économe en eau, mis en place, et les pertes d'eau persistantes, dues essentiellement à l'inefficacité du réseau d'adduction et de distribution, même si l'efficacité de l'irrigation à la parcelle s'est avérée satisfaisante grâce aux techniques modernes. Cependant, la performance globale dans le périmètre est fortement affectée par d'importantes pertes d'eau dans le réseau de transport et de distribution où une moyenne de 13,32 Hm³ d'eau est perdue chaque année, soit plus de 50 % du volume distribué. Ces pertes entraînent un manque à gagner de plus de 33 millions de dinars en redevances volumétriques et une réduction de 2 509 ha de surface

irriguée, correspondant à plus de 1 million de dinars de pertes en redevances fixes par campagne. Dans ce contexte, notre étude a montré que cette perte avait un impact significativement négatif sur la production agricole à la hauteur de 75 521 tonnes de pommes de terre à titre d'exemple, soit l'équivalent de quatre années de consommation pour la wilaya de Guelma. Sur le plan économique, cela représente un manque à gagner de plus de 6 millions de dinars par campagne agricole.

- Dans le but de garantir une gestion durable du système irrigué, cette présente étude a conclu la nécessité de moderniser les infrastructures, d'optimiser la gestion de l'eau et d'améliorer l'efficacité globale. Cela passe par l'introduction de systèmes de gestion intelligente, le contrôle des équipements et réseaux, ainsi qu'une révision du schéma de distribution, notamment par la mise en place d'un système de transfert mixte limitant les pertes d'eau dues aux lâchés dans l'Oued.

- Quant à l'évaluation de la productivité de l'eau d'irrigation dans le périmètre, l'étude a porté sur deux cultures dominantes : la tomate industrielle et la pomme de terre. Entre 2010 et 2020, leurs rendements ont nettement progressé grâce à l'adoption de systèmes d'irrigation performants comme le goutte-à-goutte et l'aspersion. Pour la période 2012-2022, la productivité moyenne de l'eau a été estimée à 16,24 kg/m³ pour la tomate et 6,12 kg/m³ pour la pomme de terre, traduisant une nette amélioration par rapport aux études précédentes.

- L'analyse de la tarification de l'eau d'irrigation dans le périmètre de Guelma-Bouchehouf examine son impact sur la performance et la durabilité du système irrigué, en se référant au cadre réglementaire algérien en vigueur, notamment la loi sur l'eau et les décrets relatifs à la tarification de l'eau agricole. Notre investigation a indiqué que le système de tarification binomiale de l'eau d'irrigation, en vigueur depuis 1996, ne parvient pas à couvrir les coûts réels d'exploitation. De 2012 à 2022, les recettes provenant de la vente d'eau ne constituent que 21 % des charges totales, une situation qui se détériore lors des périodes de faibles dotations en eau.

Les redevances liées à la tarification actuelle ne couvrent que 61 % des frais d'énergie de pompage qui représentent près de 38% des charges totales. Le coût de revient de l'eau (11,08 DA/m³) est quatre fois supérieur au tarif en vigueur (2,57 DA/m³). Comparée à d'autres pays méditerranéens, l'Algérie applique l'un des tarifs les plus bas, inchangé depuis 2005, malgré la hausse des coûts des autres intrants. De plus, les redevances à l'hectare sont insuffisantes pour financer l'entretien des infrastructures, compromettant la durabilité et l'efficacité du système irrigué.

Afin d'assurer la durabilité de ce périmètre irrigué et de renforcer son rôle dans la sécurité alimentaire, il est suggéré les mesures suivantes :

- La révision du système de tarification, en prenant en compte les coûts d'exploitation réels tout en encourageant les utilisateurs à une gestion économique et efficace de l'eau.
- L'amélioration de l'efficacité énergétique de pompage a également été identifiée comme l'un des axes primordiaux pour diminuer les frais de production du m³ d'eau d'irrigation et accroître la viabilité financière du système irrigué.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- AGID. (2002).** AGID. 2003. Bilan de la campagne d'irrigation 2002.
- AGIRE. (2024).** Dessalement, réutilisation, économie de l'eau : Trois piliers de la politique de l'eau en Algérie. *Eau le mag* (4eme édition), 6-9.
- Akli, R. (2023, 16 mai).** Situation hydrique, le diagnostic de Attar : «Il faudrait disposer de 15 à 18 milliards m³/an d'ici à 2030». *L'Algérie Aujourd'hui*. <https://lalgerieaujourd'hui.dz/situation-hydrique-le-diagnostic-de-attar/>
- Akli, S. Bedrani, S. et Benmihoub, A. (2016).** Le financement de la politique de l'eau en Algérie : Analyse du budget d'équipement du secteur de l'hydraulique de 1990 à 2013. Les cahiers du CREAD n°118.
- Akram, K. A., El-Shafei, A., Abdulrasoul, M., Al-Omran, A. G. A., Ibrahim, L., & Arafat, A. (2023).** Responses of Tomato Crop and Water Productivity to Deficit Irrigation Strategies and Salinity Stress in Greenhouse. *Agronomy*, 13(12), 3016. doi.org/10.3390/agronomy13123016
- Algérie ECO. (2024, 29 février).** Dessalement : 7 nouvelles stations seront réalisées entre 2025 et 2030. *Journal électronique*. <https://www.algerie-eco.com/2024/02/29/>
- Amichi, H., Bazin, G., Chehat, F., Ducourtieux, O., Fusillier, J. L., Hartani, T., & Amzert, M. (1995).** Les politiques de l'eau en Algérie depuis l'indépendance : De l'usage agricole à l'usage urbain. *Monde Arabe Maghreb Machrek*, (149), 41-56.
- AquaPortail. (2024).** Évapotranspiration réelle : Définition. <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/5213/>
- AquaPortail. (2024).** Lexique ; Ressource en eau, Définition. <https://www.aquaportail.com/auteurs.html>
- Arouna, A., Awi, E., & Azouma, Y. O. (2018).** Amélioration de la productivité de l'eau en culture irriguée de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en saison sèche au Sud-Togo. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, Numéro Spécial Développement Agricole Durable, 2018.

- Assassi, S., Daoudi, A., & Amokrane, A. (2022).** Le marché foncier comme dispositif de réallocation de l'eau dans le périmètre irrigué de Guelma, Algérie. *Cahiers Agricultures*, 31, 31. doi.org/10.1051/cagri/2022028
- Banque mondiale. (1987).** *Algérie le Plan de Développement 1985--1989 et les Perspectives à moyen et long terme* (Rapport N° 6607-AL). Division Générale des Opérations pour le Maghreb Bureau Régional : Europe, Moyen Orient et Afrique du Nord. 66070SR0FRENCH101Official0Use0Only1.pdf
- Banque Mondiale. (2024).** *Diagnostic sur la gestion des risques climatiques et de catastrophe en Algérie.*
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099121023122035477/pdf/>
- Barkhordari, S., & Shahdany, M. H. (2022).** A systematic approach for estimating water losses in irrigation canals. *Water Science and Engineering*, 15(2), 161-169. doi.org/10.1016/j.wse.2022.02.004
- Baroudy, E., Abid, A. L., & Bayoumi, A. (2005).** *Gestion de la demande en eau Politiques, Pratiques et Enseignements tirés au Moyen-Orient et en Afrique du Nord.* Centre de Recherches pour le Développement international CDRI.
- Beauchamp, J. (2006).** *L'eau et le sol.* Université de Picardie Jules Verne.
<https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/eau-sol.htm>
- Behloul, H. (2006).** *Contribution au diagnostic et proposition de réhabilitation du réseau d'irrigation du périmètre irrigué Guelma-Bouchegouf. Cas du secteur Guelma centre (3500ha)* [Thèse de Magister, INA El-Harrach Alger].
- Belmami, I., & Harfi, D. (2023).** *Les macros invertébrés benthiques bio indicateurs de la qualité écologique des milieux lotiques : cas de la Seybouse Nord-Est d'Algérie* [Diplôme de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma].
- Ben Nouna, B., Zairi, A., Ruelle, P., Slatni, A., Yacoubi, S., Ajmi, T., ... & Oueslati, T. (2004).** Évaluation de la demande en eau et pilotage de l'irrigation déficitaire des cultures annuelles : méthodologie et outils de mesure. *Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée*, 19-23 avril 2004, Rabat, Maroc. <https://www.researchgate.net/publication/29645852>

- Benblidia, M. (2011).** *L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique. Étude nationale. Algérie* [Rapport]. Plan Bleu Centre d'Activités Régionales PNUE/PAM. https://planbleu.org/sites/default/files/publications/rapport_national_eau_dz
- Benblidia, M., & Thivet, G. (2010).** Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre. *Les Notes d'analyse du CIHEAM*, 5.
- Blinda, M. (2009).** *Stratégie méditerranéenne pour le développement durable. Efficience d'utilisation de l'eau.* Plan Bleu.
- Bouarfa, S., Poussin, J.-C., & Jamin, J.-Y. (2015).** L'agriculture irriguée et ses enjeux au XXe et XXIe siècle. Dans A. Euzen, C. Jeandel, & R. Mosseri (Éds.), *L'eau à découvert* (1). CNRS Éditions. doi.org/10.4000/books.editions-cnrs.9933
- Boukhalifa, K. (2024).** *Pénurie d'eau à l'horizon 2030 - L'Algérie parmi les pays les plus exposés.* IPEMED. <https://www.ipemed.coop/fr/ipemed-r21/revue-de-presse-c123/>
- Bounab, S. (2017).** *Ressources en eau et développement durable cas de la région Annaba-El -Tarf (Nord-Est algérien)* [Thèse de doctorat, Université BADJI Mokhtar –Annaba].
- Bouzaata, C. (2016).** *Valorisation des sous-produits de quatre variétés de tomate industrielle (Solanum esculentum L) dans l'Est algérien* [Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba].
- Bouزيد, A., & Bedrani, S. (2013).** La performance économique de la filière tomate industrielle en Algérie. *Les cahiers du CREAD*, 103. <https://www.researchgate.net/profile/Bouزيد-Amel/publication/329175715>
- Britannica. (2024, 19 juillet).** *Ressource en eau.* Encyclopédie Britannica. <https://www.britannica.com/science/water-resource>
- BRL Ingénierie. (2001).** *Amélioration de la gestion de l'eau agricole en Algérie : Mission du 10 au 15 Novembre 2001* (37 p.).
- BRL Ingénierie ; BNEDER. (2007).** *Rapport de synthèse étude de la tarification de l'eau à usage agricole* (Édition définitive). Janvier 2007

- C.I.EAU. (2018).** *Connaitre l'eau. L'eau dans l'univers.*
<https://www.cieau.com/connaitre-leau/connaitre-leau/leau-dans-lunivers/>
- C.I.EAU. (2021).** *Qu'est-ce que le stress hydrique ? Comment y répondre ?*
<https://www.cieau.com/eau-transition-ecologique/enjeux/quest-ce-que-le-stress-hydrique-comment-y-repondre/>
- CE. (2024).** *Changement climatique : Conséquences du changement climatique.*
https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_fr
- Chadouli, A. (1991).** Irrigation des céréales : situation et perspectives. *Medit*, 2(3), 27-29. <https://newmedit.iamb.it/share/img.pdf>
- Chahine, S. (2023, 28 août).** Tomate industrielle : Une filière stratégique qui résiste aux aléas climatiques. *Algeria Invest*.
- CIID. (2002).** *La production alimentaire dans les conditions de pénurie d'eau, de croissance démographique et de contraintes environnementales* (pp. 4). Montréal : Compte-rendu du 18ème congrès de la Commission Internationale de l'Irrigation et du Drainage (CIID). https://www.icid.org/nup2003_9_f.pdf
- CNES. (2000).** *L'eau en Algérie : Le grand défi de demain. 15eme Session plénière,*
- CNESE. (2021).** *Journée d'étude sur le stress hydrique en Algérie* (Rapport de présentation). Juin 2021, Alger, Algérie.
- CNULCD. (2018).** *Regards et perspectives sur les terres du monde. Rapport. Chapitre 8. Ressources en eau.*
- Commissariat Général au Développement Durable (CGDD). (2024, 19 décembre).** *Irrigation : quels sont les besoins en eau de notre agriculture ?*
- Crifo, P., & Elkington, M. (2024).** Sécurité de l'eau : question locale à impact international. *Revue Polytechnique insights*.
<https://www.polytechnique-insights.com>
- CRSTRA. (2021).** *Mise en place d'un système d'irrigation intelligent couplé à un générateur d'ozone et alimenté par une source d'énergie solaire pour l'irrigation de la betterave sucrière dans les régions arides cas de Biskra (Sahara ; Algérie) [Rapport de recherche, Projet PNR].*

Décret exécutif n° 19-206 du 15 Dhou El Kaâda 1440 correspondant au 18 juillet 2019 fixant la typologie des périmètres d'irrigation ainsi que les règles, mesures et obligations permettant d'assurer la valorisation de l'eau et la conservation des terres agricoles.

Dekhil, S. (1991). L'eau et le développement de l'irrigation en Algérie. *Medit*, 2(1-2), 34-38. http://newmedit.ciheam.org/edizioni_new_medit,229,229,1991,109,520

Djaffar, S., & Kettab, A. (2018). La gestion de l'eau en Algérie : quelles politiques, quelles stratégies, quels avenir ? *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 4(1), 641-648.
<https://www.researchgate.net/publication/3400005699>

Dominick, D.W., Stuti, K., Andrea, B., & Edoardo, B. (2023). *The Economics of Water Scarcity in the Middle East and North Africa: Institutional Solutions*. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/39594>

Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1975). *Guidelines for predicting crop water requirements* (Irrigation and Drainage Paper N° 24). FAO.
<https://www.fao.org/4/f2430e/f2430e.pdf>

Douaoui, A., & Hartani, T. (2007). *Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chéliff*. Communication présentée au troisième atelier régional du projet Sirma, Nabeul, Tunisie.
Récupéré de <https://www.researchgate.net/profile/publication/29639816.pdf>

DRIAS - Météo France. (s.d.). *DRIAS, Les futurs du climat*.
<https://www.drias-climat.fr>

Drouiche, N., Ghaffour, N., Naceur, M. W., Lounici, H., & Drouiche, M. (2012). Towards sustainable water management in Algeria. *Desalination and Water Treatment*, 50(1–3), 272–284.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19443994.2012.719477>

Eldin, M., Daude, A., & Quencey, P. (1969). L'évapotranspiration potentielle : applications – définition, principales évaluations et mesure. *L'agronomie tropicale*, XXIV(9).

ERUDIT. (1950). Documentation : définitions de la productivité. *Relations industrielles / Industrial Relations*, 5(8), 75–77. doi.org/10.7202/1023367ar

- Falkenmark, M., & Widstrand, C. (1992).** Population and water resources: a delicate balance. *Population bulletin*, 47(3), 1-36.
<https://www.researchgate.net/publication/11109640>
- FAO. (1988).** *Rapport du programme de coopération FAO/Banque Mondiale, Projet de développement hydro-agricole de la Mitidja ouest – Rapport de préparation* (25/88 CP-ALG 23 /1988).
- FAO. (1992).** *Projet d'Appui à l'Irrigation (PAI) : Rapport d'identification 1992* (N°4/92 CP-ALG 36). Programme de Coopération FAO/WB (CP).
- FAO. (1993).** *The state of food and agriculture 1993: Water policies and agriculture*. FAO Agriculture Series No. 26.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/>
- FAO. (2003).** *Déverrouiller le potentiel de l'eau en agriculture*. Troisième Forum mondial de l'eau (WWF-3), Kyoto, Japon, du 16 au 23 mars 2003.
<https://www.fao.org/4/y4525f/y4525f06.htm>
- FAO. (2005).** *Politiques de développement agricole : Concepts et expériences*.
- FAO. (2009).** *Année internationale de la pomme de terre 2008 : Éclairage sur un trésor enfoui. Compte rendu de fin d'année*. Rome. Récupéré de
<https://www.fao.org/4/i0500f/i0500f.pdf>
- FAO. (2015).** *Profil de Pays – Algérie : Rapports AQUASTAT Version 2015*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/>
- FAO. (2019).** *Suivi des progrès accomplis dans le cadre des indicateurs des ODD liés à l'alimentation et à l'agriculture. Rapport sur les indicateurs sous la responsabilité de la FAO*. <https://www.fao.org/sdg-progress-report/2019/fr/>
- FAO. (2019).** *Water efficiency, productivity and sustainability in the NENA regions (WEPS-NENA), Algeria - Background and sites*. <https://www.fao.org/in-action/water-efficiency-nena/countries/algeria/background-and-sites/en/>
- FAO. (2020).** *Alimentation et agriculture durables : L'utilisation des terres agricoles en chiffres*. <https://www.fao.org/sustainability/success-stories/detail/fr/c/1298262/>

- FAO. (2021).** *L'État des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde – Des systèmes au bord de la rupture. Rapport de synthèse 2021.* Rome. doi.org/10.4060/cb7654fr
- FAO. (2021).** *Modélisation de l'usage mondiale de l'eau pour l'irrigation.* <https://www.fao.org/aquastat/fr/data-analysis/irrig-water-use>
- FAO. (2021).** *WaPOR, « Water Productivity through Open access of Remotely sensed derived data », la télédétection pour la productivité de l'eau.* <https://www.fao.org/in-action/remote-sensing-for-water-productivity/country-activities/algeria/fr>
- FAO. (2024).** *Efficacité, productivité et durabilité de l'eau dans la région MENA. Projet WEPS Algérie.* <https://www.fao.org/in-action/water-efficiency-nena/countries/algeria/fr/>
- FAO. (2024).** *La désagrégation du niveau de stress hydrique par bassin hydrographique : Cas du sous-bassin du cap Matifou (Algérie). Études ODD 6.4 – Suivi de l'utilisation durable des ressources en eau.* Rome. doi.org/10.4060/cc9424fr
- FAO. (2024).** *Land & Water Crop Water Information. Potato.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/potato>
- FIDA. (2011).** *Gestion des ressources naturelles et de l'environnement.* <https://www.unccllearn.org/wp-content/uploads/library/ifad>
- Gendre, S. (2024, 1er avril).** *Besoins en eau : combien consomment les cultures ? Perspectives agricoles, 520.* <https://www.perspectives-agricoles.com/conduite-de-cultures/modelisation-des-besoins-en-eau-combien-consomment-les-cultures>
- GIEC. (2007).** *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.* GIEC. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4>

- GIEC. (2008).** *Bilan 2007 des changements climatiques : synthèse du rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat*. Genève, OMM/PNUE.
- Gottmann, J. (1939).** L'irrigation. *L'information géographique*, 3(4), 153-157.
www.persee.fr/issue/ingeo_0020-0093_1939_num_3_4
- Guergueb, M., & Ferhat, A. (2021).** Gestion des eaux en Algérie : Vers un nouveau paradigme. *Journal of Advanced Economic Research*, 6(1).
<https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/494/6/1/153655>
- Guha-Sapir, D., Hoyois, P., Wallemacq, P., & Below, R. (2016).** *Annual Disaster Statistical Review 2016: The Numbers and Trends*. CRED.
http://emdat.be/sites/default/files/adsr_2016.pdf
- Hartani, T. (2004).** *La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie*. Communication présentée au Projet INCO-WADEMED Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée, Rabat, Maroc.
<https://www.researchgate/publication/29646265.pdf>
- Hermann, M., Biancamaria, S., & Roca, R. (2015).** La répartition spatiale actuelle de l'eau sur Terre. Dans *L'eau à découvert* (pp. 100-101). CNRS Edition.
<https://books.openedition.org/editions-cnrs/9848>
- INSEE. (2016, 13 octobre).** *Productivité-Définition*.
<https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1452>](<https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1452>)
- IPCC. (2022).** *Climate Change (2022). Impacts, Adaptation, and vulnerability Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
doi.org/10.1017/9781009325844
- ITCMI. (2022).** *Fiches techniques valorisées des cultures maraîchères et industrielles. La culture de Tomate Industrielle*. <https://itcml-dz.org/wp-content/uploads/2022/06/TOMATE-IDUSTRIELLE.pdf>
- Jamin, J.-Y., Bouarfa, S., Poussin, J.-C., & Garin, P. (2011).** Les agricultures irriguées face à de nouveaux défis. *Cahiers Agricultures*, 20(1-2), 10–15.
doi.org/10.1684/agr.2011.0477

- Johansson, R. C., et al. (2002).** Pricing Irrigation Water: A Review of Theory and Practice. *Water Policy*, 4, 173-199. [doi.org/10.1016/S1366-7017\(02\)00026-0](https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00026-0)
- Kambou, D., Xanthoulis, D., Ouattara, K., et al. (2013).** Concepts d'efficience et de productivité de l'eau (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 18(1), 108-120.
- Kebieche, A. (2007).** *Gestion rationnelle de l'eau d'irrigation au niveau d'un périmètre irrigué, Enjeux et perspectives : Cas du périmètre de Guelma-Bouchevouf* [Thèse de Magister, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (Ex INA)]. <http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/handle/123456789/341>
- Kuper, M. (2011).** Enjeux de la reconstitution des exploitations agricoles collectives des grands périmètres irrigués en Algérie : le cas du Bas-Cheliff. *Cahiers Agricultures*, 20, 150-156. doi.org/10.1684/agr.2010.0459
- Kuzma, S., Saccoccia, L., & Chertock, M. (2023, 16 Août).** 25 Countries, Housing One-Quarter of the Population, Face Extremely High Water Stress. World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries>
- Lankford, B. (2012).** Fictions, fractions, factorials and fractures; on the framing of irrigation efficiency. *Agricultural Water Management*, 108, 27–38. <https://brucelankford.org.uk/wp-content/uploads/2014/12/lankford-2012-irrig-efficiency-fs-agwm.pdf>
- MADRP. (2016).** *Contribution du secteur à l'élaboration d'un nouveau modèle de croissance économique 2016-2019*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/alg172697.pdf>
- MAE. (2019).** *Algérie : Rapport National Volontaire 2019 Progression de la mise en œuvre des ODD*. Ministère des Affaires Etrangères. <https://www.mfa.gov.dz/fr/annoncements-and-publications/voluntary-national-report-2019-sustainable-development-goals-sdgs>
- Meddi, M., Talia, A., & Martin, C. (2009).** Évolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). *Physio-Géo*. doi.org/10.4000/physio-geo.686

- Meddi, M. (2015).** Contribution à l'étude du transport solide en Algérie du nord. *Larhyss Journal*, 24, 315-336.
<https://www.researchgate.net/publication/290433958>
- Medejerab, A., & Henia, I. (2011).** Variations spatio-temporelles de la sécheresse climatique en Algérie Nord-Occidentale. *Courrier du Savoir*, 11, 71-79.
- MEER. (2023).** *Premier rapport biennal actualise de l'Algérie à la convention cadre des nations unies sur le changement climatique*. Ministère de l'environnement et des énergies renouvelables.
<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR1.pdf>
- Mimouni, C. (2023).** Plans de développement agricole en Algérie : Etat des lieux et leur impact sur la production agricole de 2000 à 2019. *Finance & Markets Journal*, 10(2), 121-142. <https://www.researchgate.net/publication/380846964>
- Ministère de l'Environnement et de la Qualité de la Vie. (2024).** *Changements climatiques*. <https://www.me.gov.dz/fr/changements-climatiques/>
- Ministère des Ressources en Eau (MRE). (2021).** *Rencontre nationale sur l'investissement dans le secteur agricole. Thème : Pour un investissement attractif et durable* (Rapport de présentation). Octobre 2021.
- Ministère des Ressources en Eau (MRE). (2023).** *Situation des ressources en eau en Algérie*. Les assises nationales de l'agriculture sur les perspectives du développement de l'agriculture algérienne. Avril 2023, Alger, Algérie.
- Mjejra, M. (2016).** *Étude de l'évapotranspiration dans le bassin versant de Medjerda (en Tunisie) : apport de la télédétection satellitaire et des Systèmes d'Information Géographique* [Thèse de doctorat, Université de Rennes 2].
<https://theses.hal.science/tel-01281636v1>
- Mohammadi, A., Jafari, M., & Zeinali, E. (2019).** Field measurement and analysis of water losses at the main and tertiary levels of irrigation canals. *Global Ecology and Conservation*, 18, e00646. doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00646
- Mokhtari, E. (2009).** *Contribution à l'étude du transport solide en suspension : Bassin de l'Oued Cheliff – Ghrib* [Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar – ANNABA]. <https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2014/05/Memoire-de-Magister-Mokhtari.pdf>

- Mouhouche, B. (2004).** *Réhabilitation des grands périmètres d'irrigation en Algérie.* Séminaires sur la modernisation de l'agriculture irriguées, Rabat, Maroc.
<https://hal.science/cirad-00189190v1/document>
- Mouhouche, B. (2012).** Les problèmes du manque d'eau en Algérie : une réalité qui fait peur. *Djadjid El-iktissad*, 7(1), 40-57. <https://asjp.cerist.dz/en/article/12673>
- Mouhouche, B. (2022, 8 décembre).** Diversifier les ressources en eau pour faire face au stress hydrique [Émission radio]. *Invité de la rédaction*, Chaîne 3, Radio Algérienne. <https://news.radioalgerie.dz/fr/node/18483>
- Mouhouche, B., & Boulassel, A. (1997).** Gestion rationnelle des irrigations de complément des cultures de légumineuses alimentaires et des céréales. *Recherche Agronomique*, 1, 21-31.
- Mouhouche, B., & Bourahla, A. (2007).** Optimisation de l'irrigation d'appoint apportée à différentes phases phénologiques d'une culture de blé dur (*triticum durum*). *Sciences & technologie. C, biotechnologies*, (25), 53–58.
<https://revue.umc.edu.dz/c/article/view/390>
- Mozas, M., & Ghosn, A. (2013).** *Etude et analyse : État des lieux du secteur de l'eau en Algérie.* Institut de prospective économique du monde méditerranéen IPEMED. Nations Unies. (s.d.). *Décennie internationale d'action « L'eau et le développement durable » (2018-2028).*
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ipemed_etat_des_lieux_du_secteur_de_l'eau_en_algerie_2013.pdf
- MRE. (2001).** *La relance de l'hydraulique agricole et sa prise en charge sur de nouvelles bases par le Ministère des Ressources en Eau.* Rapport de situation.
- Nichane, M., & Khelil, M. A. (2015).** Changements climatiques et ressources en eau en Algérie : vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation. *Algerian Journal of Arid Environment*, 5(1), 56-62. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/220>
- Nini, F., & Mebarki, A. (2019).** La mise en valeur hydro agricole et l'efficience de l'utilisation de l'eau d'irrigation Cas du périmètre de Guelma-Boucheouf. *Sciences & Technologie D*, (49), 21-31.

- Nini, F., & Mebarki, F. (2020).** L'efficience de l'utilisation de l'eau d'irrigation : cas du périmètre de Guelma-Bouchehouf, Algérie. *La Houille Blanche*, 2, 5–13.
doi.org/10.1051/lhb/2020014
- Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID). (2023).** *Bilan annuel d'exploitation, campagne d'irrigation*. Janvier 2023, Alger, Algérie.
- OiEau. (2023).** *Volume d'eau utilisé pour produire un kg de pommes de terre*.
<https://chiffrecle.oieau.fr/2263>
- ONM. (2024, 23 avril).** *Le changement climatique et les phénomènes météorologiques extrêmes frappent l'Asie de plein fouet*. Communiqué de presse.
- ONS. (2020).** *Collection n°225. Les statistiques de l'agriculture les productions végétales et animales Rétrospective 2010-2019*.
https://www.ons.dz/IMG/pdf/retrospective_agricultures2010_2019.pdf
- ONS. (2024).** *Démographie algérienne 2020 à 2023* (Document n° 1030).
https://www.ons.dz/IMG/pdf/Demographie_Alg2020_2023.pdf
- ONU. (2015).** *Résolution : Transformer notre monde - le Programme de développement durable à l'horizon 2030*. Assemblée générale de Soixante-dixième session, Ag/11688, 25 septembre 2015.
<https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n15/291/90/pdf/n1529190.pdf>
- ONU. (2020).** *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2020 : L'eau et les changements climatiques, faits et chiffres*. <http://www.unesco.org/water/wwap>
- ONU. (2023).** *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2023 : Partenariats et coopération pour l'eau*. UNESCO.
<https://www.unesco.org/reports/wwdr/2023/fr>
- ONU. (2024).** *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2024 : L'Eau pour la prospérité et la paix*. UNESCO.
- ONU-Eau. (2020).** *Le Cadre d'accélération global de l'ODD 6 est une contribution à la Décennie d'action pour atteindre les ODD d'ici à 2030*.
<https://www.un.org/fr/desa/sdg6-global-acceleration-framework>

- Orjebin, C., & Yousfaoui. (2014).** *Financer l'accès à l'eau et à l'assainissement en Méditerranée. Les financements innovants : solution ou illusion ?* IPEMED. [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ipemed - synthese 2014.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ipemed-synthese-2014.pdf)
- Oss. (2003).** *Système Aquifère du Sahara Septentrional, gestion commune d'un bassin transfrontière.* Observatoire du Sahara et du Sahel. <https://www.oss-online.org/fr/publications/OSS-SASS>
- Oulmane, A., & Frija, A. (2017).** Impact d'une politique de tarification de l'eau sur la demande de la ressource par les agriculteurs en Algérie. In *Colloque international sur l'eau « évaluation, économie et protection »* (pp. Non spécifiées). Université Kasdi Merbah d'Ouargla et ICARDA. <https://www.researchgate.net/publication/335664943>
- Pérennès, J. J. (1986).** La politique hydro-agricole de l'Algérie : Données actuelles et principales contraintes. *Maghreb-Machrek*, (111), 57-76. doi.org/10.3917/machr1.111.0057
- Playán, E., & Mateos, L. (2006).** Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agricultural Water Management*, 80(1–3), 100-116. doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.007
- Potin, C. (2007).** *Cadastre historique de l'irrigation en Algérie.* <http://christianpotin.canalblog.com/archives/2012/07/26/24577041.html>
- Proeres, O. (2000).** *L'irrigation dans le bassin versant de l'Aronde : Etude d'une gestion concertée de la ressource en eau* [Mémoire D.U.E.S. "Eau et environnement", D.E.P, Université de Picardie Jules Verne].
- PROGRESS. (2016).** *Etude d'évaluation du secteur de l'eau en Algérie : Etat des lieux.* PROJET « CREM » Coordination régionale pour une gestion durable des ressources en eau au Maghreb, GIZ / BGR/ OSS. <https://projet.oss-online.org/maghreb-eau/Rapport-GIZ-Final%20Algérie>
- Qiang, Z. (2010).** Managing water in rainfed agriculture — the need for a paradigm shift. *Agricultural Water Management*, 97, 543–550. doi.org/10.1016/j.agwat.2009.09.009
- Remini, B., & Hallouche, W. (2004).** La sédimentation dans les barrages algériens. *La Houille Blanche*, 90(1), 60-64. doi.org/10.1051/lhb:200401008

- Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S. P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T., &**
Sahara septentrional, projet SASS.
- Saidoun, R., Ait Hammou, S., & Chehat, F. (2022).** La politique agricole et rurale en Algérie : de la centralisation à la gouvernance. *Les Cahiers du Cread*, 38(3).
doi.org/10.4314/cread.v38i3.17473
- SDES. (2021).** *Chiffres clés du climat - France, Europe et Monde - Édition 2021.*
<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-du-climat-france-europe-et-monde-edition-2021>
- Simona, F., & Dumitru, F. (2012).** Issues on developing a sustainable water pricing. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, Vol.12, Issue 3.
- Taabni, M., & El Jihad, M. D. (2012).** Eau et changement climatique au Maghreb : quelles stratégies d'adaptation ? *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux*, (260), 493-518.
- TETRAKTYTS. (1981).** *Étude de l'aménagement Hydro-agricole de la plaine de Guelma-Boucheouf, rapport d'orientation et pré diagnostique des conditions d'utilisation des ressources en eau.* Ministère d'hydraulique de la mise en valeur des terres et de l'environnement.
- TETRAKTYTS. (1984).** *Etude d'aménagement Hydro-agricole de la plaine de Guelma-Boucheouf.* APD, Irrigation.
- Touati, M., (2019).** *Impact de l'irrigation sur la qualité des eaux souterraines – cas du périmètre irrigué Guelma–Boucheouf* [Thèse de Doctorat LMD, Université Badji Mokhtar- Annaba]. [file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/These-Touati-Mounira%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/These-Touati-Mounira%20(1).pdf)
- UN. (2022).** *The sustainable development goals report 2022.* UN Department of Economic and Social Affairs. doi.org/10.18356/9789210018098
- UN. (2024).** *The sustainable development goals report 2024.*
<https://unstats.un.org/sdgs/report/2024>
- UNESCO. (2003).** Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau : L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie. Chapitre 8 : La sécurité alimentaire d'une population en pleine croissance. UNESCO.WWAP.
<https://www.fao.org/4/y4683f/y4683f07.htm>

UNSDG. (2022). *Cadre de Coopération des Nations Unies pour le Développement Durable de l'Algérie 2023-2027.* https://unsdg.un.org/sites/default/files/2022-11/UNSDCF_Algeria-2023-2027.pdf

Vincent, L. A. (1959). Définition et mesure de la productivité. *Journal de la Société statistique de Paris*, 100, 35-46.

WB (World Bank). (2022, 5 octobre). *Gestion Des Ressources En Eau.*
<https://www.worldbank.org/fr/topic/water>

WRI. (2023). *Aqueduct Water Risk Atlas.*
<https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas>

Annexes

Annexes

Annexe 1. Fiche signalétique des grands périmètres irrigués (GPI) en exploitation d'Algérie (Source : ONID ; Situation 2024).

Régions hydrographique	Périmètres	Wilayas	Origines de la ressource en eau	Superficie Equipée (ha)	Superficie Irrigable (ha)	Année de Mise en Service
Oranie	Habra	Mascara	Triplex (Fergoug, Bouhanifia, Ouizert)	19 610	9 971	1942
	Brézina	El Bayadh	Brézina	1 120	1 000	2007
	Ghriss	Mascara	Ouizert	1 200	960	2021
	Maghnia	Telemcen	Beni Bahdel	5 138	4 250	1974
	Tafna Isser	Telemcen	Hemmam Bouhrara	1 700	1 300	2022
	Sig	Mascara	Cheurfa II	8 200	5 500	1 946
	Ain Skhouana	Saida	Forages : C1, C2 et C6	1 500	1 200	1976 / 2015
	M'leta	Oran	STEP EL kerma Oran	6 286	5 536	2018
	Hennaya	Telemcen	STEP Tlemcen	912	800	2010
	Abadla	Bachar	Djorf Torba	5 400	4 600	1979
Total Régional				51 066	35 117	
Cheliff	Haut Cheliff	Ain Defla	Deurdeur, Ghrib, Harreza	20 200	19 746	1941/ 1984
	Moyen Cheliff	Ain Defla / Chleff	Oued Fodha , Sidi Yacoub	18 900	14 240	1936 / 2016
	Bas Cheliff	Chleff / Relizane	Gargar , Merdja Sidi Abed	15 800	14 577	1937 / 2005
	Kramis	Mostaganem	Kramis	1 120	1 010	2012
	Mina	Relizane	S.M.Ben Aouda	17 235	14 000	1943 / 2010
	Amra Abadia	Ain Defla	S.M.Ben Taiba , Ouled Mellouk	8 495	7 220	2005
	Dahmouni	Tiaret	Dahmouni	2 540	2 394	2009 / 2016
	Bougara	Tiaret / Tissemsilt	Bougara	798	757	2005
	M'ghila	Tissemsilt	M'ghila	945	300	2007
Total Régional				86 033	74 244	
Algérois	Mitidja Est (Hamiz)	Blida / Alger / Boumerdes	Hamiz, Marais de Reghaia , Nappe de Bouréah	17 000	11 120	1937
	Mitidja Ouest	Blida	Bouroumi	24 200	21 273	1988
	Sahel Algérois	Tipaza	Boukerdane	2 888	2 570	2005
	Mitidja Centre	Blida	Douéra	7 090	6 505	2016
	Béni slimane	Médéa	Béni slimane (Oued El Mellah)	2 000	1 400	2018
	K'Sob	M'Sila	K'sob	5 000	4 840	1954
	Arribs	Bouira	Lakehal	2 200	2 142	1988
	Plateau d'El Asnam	Bouira	Tilesdit	4 995	4 000	2016
	Plaines setifiennes	Sétif	Mahouane	9 319	8 850	2022
Total Régional				74 692	62 700	
Constantinois	Bouanamoussa	Annaba / El Tarf	Cheffia	16 500	13 850	1977
	Guelma Bouchegouf	Guelma	H/Debagh	9 940	9 250	1996
	Sadrata	Souk Ahras	Oued Cherf	1 545	1 236	2010
	Ksar Sbihi	Oum El Bouaki		2 945	2 356	
	Saf-Saf	Skikda	Guenitra, Zerzedas	5 656	5 386	1993
	Zit Emba		Zit Emba	6 075	5 560	2007 / 2022
	Collo		Beni Zid	1 200	960	2016
	Jijel	Jijel	Al Aghram	4 885	4 055	2010
	Ouled Hamla	Oum El Bouaki	Transfert Amont -Beni Haroun	2 274	2 186	2018
	Telaghma	Mila		4 447	4 000	2017
	Chemora	Batna		7 287	6 300	
	Tagharist	Khenchela	Yabous	500	450	2020
Total Régional				63 254	55 539	
Sahara	Oued Righ	Meghair/ Tougourt	Forages CI et CT	6 460	5 802	1996
	Outaya	Biskra	Fontaine des Gazelles	1 200	1 137	2004
Total Régional				7 660	6 939	
Total Général				282 705	234 539	

Annexe 2. Modulation des volumes et évolution des superficies irrigables et Irriguées dans les GPI d'Algérie :
Campagnes 2012 – 2023.

Campagne d'irrigation	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Moyenne
Périmètres mis en service	25	26	26	26	30	32	34	35	36	41	42	42	///
Superficie équipée (ha)	205 804	206 924	206 924	206 924	219 159	225 304	246 139	246 139	246 639	273 587	282 705	282 705	///
Superficie irrigable (ha)	163 462	164 472	164 472	164 472	175 093	180 593	197 041	198 582	199 032	215 944	234 539	234 539	///
Superficie irriguée (ha)	63 380	72 738	73 104	79 599	76 713	82 422	71 249	86 418	91 437	64 047	70 728	69 189	75 085
Taux d'irrigation (%)	39	44	44	48	44	45	36	44	46	30	30	29	39
Rythme annuel d'équipement (ha)	912	1 120	-	-	12 235	6 145	20 835	-	500	26 948	9 118	-	6 484
Quota Sollicité (hm ³)	489	552	602	585	644	762	741	659	811	652	798	804	675
Quota accordé (hm ³)	443	510	531	560	550	558	481	563	515	284	391	270	471
Taux de satisfaction (%)	91	92	88	96	85	73	65	85	64	44	49	34	72
Volume lâché (hm ³)	503	596	617	675	563	611	455	594	547	303	380	301	512
Volume mis en tête des réseaux (hm ³)	418	489	507	545	467	515	423	522	478	276	328	263	436
Pertes de parcours	85	107	110	130	96	96	32	72	69	27	52	38	76
Taux de perte (%)	17	18	18	19	17	16	7	12	13	9	14	13	14
Volume distribué	369	432	434	473	410	448	372	437	381	242	283	239	377
Perte de distribution (hm ³)	49	57	73	72	57	67	51	85	97	34	45	24	59
Taux de perte (%)	12	12	14	13	12	13	12	16	20	12	14	9	13
Dose brute d'irrigation (m ³ /ha/an)	7 936	8 194	8 440	8 480	7 339	7 413	6 386	6 874	5 982	4 731	5 373	4 350	6 792
Dose à l'hectare irrigué (m ³ /ha/an)	5 822	5 939	5 937	5 942	5 345	5 435	5 221	5 057	4 167	3 778	4 001	3 454	5 008
Nombre des irrigants	19 077	20 516	21 310	21 362	22 340	22 936	22 755	23 472	23 895	19 747	22 352	19 877	21 637

Annexe 3. Modulation des volumes - Périmètre Guelma-Boucheouf Campagne :
2012-2022.

Campagne d'irrigation	Volume sollicité	Volume alloué (hm ³)	Taux de satisfaction (%)	Volume lâché (hm ³)	Volume MTR (pompe) (hm ³)	Volume distribué (hm ³)
2012	35	35,00	100	34,48	25,83	19,68
2013	35	35,00	100	35,00	27,71	22,16
2014	43	43,00	100	41,60	34,10	27,27
2015	40	40,00	100	40,00	31,32	28,26
2016	50	50,00	100	46,49	30,23	25,04
2017	40	7,00	18	3,00	0,98	0,77
2019	30	27,00	90	24,19	13,81	8,17
2020	41	36,00	88	33,99	26,81	16,60
2021	37	37,00	100	32,00	24,06	14,60
2022	46	7,20	16	7,20	3,17	2,17
Moyenne	39,70	31,72	80	29,80	21,80	16,47

Annexe 4. Evolution des rendements moyens de la tomate industrielle et de la pomme de terre conduite en irrigué dans la zone d'étude.

Campagne	Cultures						Observations	
	Tomate industrielle			Pomme de terre			Rendement moyen Pomme de terre	
	Superficie (ha)	Production (q)	Rendement (q/ha)	Superficie (ha)	Production (q)	Rendement (q/ha)	Source	Moyenne nationale
2010	2 868	1 895 860	661	110 380	33 003 000	299	DSA + ONS	302
2011	3 340	1 890 240	566	131 903	38 621 936	293		
2012	3 015	1 912 910	634	138 666	42 194 758	304		
2013	2 742	1 984 810	724	162 707	49 280 280	303		
2014	3 752	2 662 185	710	156 176	46 735 155	299		
2015	4 412	3 129 165	709	153 313	45 395 769	296	MADR + DSA + autres	Moyenne locale
2016	4 388	3 146 195	717	1 903	505 105	265		300
2017	4 169	2 535 941	608	1 377	434 311	315		
2018	2 495	2 063 160	827	368	112 090	305		
2019	3 375	3 037 869	900	331	103 409	313		
2020	4 068	3 520 000	865	146 524	46 594 821	318	ONS	
Moyenne	3 511	2 525 303	720	////	////	301	Moyenne	301

Annexe 5. Coefficients culturaux pour divers stades de croissance (Source : FAO)

Stade de Croissance				
	Initial	Développement	Mi- saison	Tardif
Agrume	0.75	0.75	0.75	0.75
Arachide	0.40	0.78	1.15	0.60
Banane	1.00	1.00	1.00	1.00
Betterave sucrière	0.35	0.78	1.20	0.70
Blé	0.40	0.78	1.15	0.30
Cacao	1.00	1.00	1.00	1.00
Café	1.00	1.00	1.00	1.00
Canne à sucre	1.00	1.00	1.00	1.00
Caoutchouc	1.00	1.00	1.00	1.00
Coton	0.35	0.78	1.20	0.60
Colza	0.35	0.73	1.10	0.35
Cultures oléagineuses	0.35	0.75	1.15	0.35
Fibres textiles	0.35	0.68	1.00	0.60
Fourrage	0.40	0.70	1.00	0.90
Fruit	0.75	0.75	0.75	0.75
Légumes	0.60	0.85	1.10	0.90
Légumes secs	0.40	0.78	1.15	0.55
Maïs	0.30	0.75	1.20	0.60
Manioc	0.60	0.85	1.10	0.90
Millet	0.30	0.65	1.00	0.30
Noix de coco	1.00	1.00	1.00	1.00
Orge	0.30	0.73	1.15	0.25
Palme	1.00	1.00	1.00	1.00
Patate douce	1.00	1.00	1.00	1.00
Plantain	1.00	1.00	1.00	1.00
Pomme de terre	0.50	0.83	1.15	0.75
Riz	1.20	1.15	1.10	0.80
Sésame	0.35	0.73	1.10	0.25
Soja	0.40	0.78	1.15	0.50
Sorgho	0.30	0.70	1.10	0.55
Tabac	0.50	0.85	1.20	0.80
Thé	1.05	1.05	1.05	1.05
Autres racines	1.00	1.00	1.00	1.00
Autres céréales	1.00	1.00	1.00	1.00
Tournesol	0.35	0.73	1.10	0.35

Annexe 6. Mercuriale des prix de détail des produits agricoles de large consommation publié régulièrement par le Ministère de l'agriculture et du Développement Rural (Décembre 2023 à Décembre 2024). Source : MADR

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 26 ديسمبر 2023
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date : 26 décembre 2023

Prix du détail ¹ DA / Kg		أسعار التجزئة دج / كغ			المنتجات
Produits	متوسط Moyenne	أقصى Maximum	أدنى Minimum		
Légumes frais	Pomme de terre	57	70	43	البطاطا
	Tomate	86	98	75	الطماطم
	Oignon sec	61	67	56	البصل
	Ail sec	490	559	422	الثوم
	Carotte	82	94	69	الجزر
	Navet	70	79	62	لفت
	Chou-fleur	108	118	97	قرنبيط
	Choux	74	83	66	كرنب
	Courgette	227	245	209	المقوسة
	Haricot vert	269	291	248	الفاصولياء الخضراء
Produits fruitiers	Laitue	81	90	72	الخس
	Pomme locale	390	489	292	التفاح المحلي
	Datte	553	676	430	التمر
	Orange	157	184	130	البرتقال
	Clémentine	174	204	144	المندرين
Produits d'origine animale	Banane	306	319	294	الموز
	Viande bovine locale	1853	1983	1723	لحم البقر المحلي
	Poulet de chair	483	494	472	الدجاج
	Œufs (Unité)	22	23	21	البويضات (وحدة)
	Lait de vache (Litre)	94	100	89	حليب البقر (لتر)

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني للملاحظة في أسواق التجزئة.

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 21 جانفي 2024
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date : 21 janvier 2024

Prix du détail ¹		أسعار التجزئة			المنتجات	
DA / Kg		دج / كغ				
Produits	معدل Moyenne	أعلى Maximum	أدنى Minimum			
Légumes frais	Pomme de terre	57	69	45	البطاطا	
	Tomate	89	103	75	الطماطم	
	Oignon sec	70	76	64	البصل الجاف	
	Ail sec	531	604	458	الثوم الجاف	
	Carotte	71	79	63	الجزر	
	Navet	70	78	63	لفت	
	Chou-fleur	62	70	55	قرنبيط	
	Choux	64	72	56	كرنب	
	Courgette	193	207	180	المقوسة	
	Haricot vert	351	377	325	الفاصولياء الخضراء	
Fruits frais	Laitue	92	102	82	الخس	
	Pomme locale	429	531	326	التفاح المحلي	
	Datte	559	691	428	التمر	
	Orange	151	179	122	البرتقال	
	Mandarine	156	180	131	المندرين	
	Banane	310	324	296	الموز	
Produits d'origine animale	V viande bovine locale	1810	1939	1681	لحم البقر المحلي	
	Poulet de chair	449	461	438	الدجاج	
	Œufs (Unité)	22	23	21	البويضات (وحدة)	
	Lait de vache (Litre)	95	102	89	حليب البقر (لتر)	

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني للملاحظة في أسواق التجزئة

Suite annexe 6

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 20 فيفري 2024
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date : 20 février 2024

Prix du détail ¹		أسعار التجزئة			المنتجات
DA / Kg		دج / كغ			
Produits	معدل	أعلى	أدنى		
	Moyenne	Maximum	Minimum		
Légumes frais	Pomme de terre	61	68	53	البطاطا
	Tomate	83	97	70	الطماطم
	Oignon sec	76	82	70	البصل الجاف
	Ail sec	510	582	438	الثوم الجاف
	Carotte	69	79	59	الجزر
	Navet	67	76	58	لفت
	Chou-fleur	53	61	46	قرنبيط
	Choux	58	65	50	كرنب
	Courgette	105	116	94	الكوسة
	Haricot vert	377	405	350	الفاصولياء الخضراء
Fruits frais	Laitue	93	103	82	النس
	Pomme locale	431	548	315	التفاح المحلي
	Datte	547	681	413	التمر
	Orange	134	162	106	البرتقال
	Mandarine	181	207	155	الماندرين
	Banane	322	334	310	الموز
Produits d'origine animale	Viande bovine locale	1744	1897	1592	لحم البقر المحلي
	Poulet de chair	407	419	394	الدجاج
	Œufs (Unité)	22	23	21	الببيض (وحدة)
	Lait de vache (Litre)	94	99	88	حليب البقر (لتر)

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني الملاحظ في أسواق التجزئة

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 12 مارس 2024 الموافق لـ 2 رمضان 1445
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date: 12 mars 2024 le 2 ramadan 1445

Prix du détail ¹		أسعار التجزئة ¹			المنتجات
DA / Kg		دج / كغ			
Produits	معدل	أقصى	الحد الأدنى	الحد الأدنى	
	Moyenne	Maximum	Minimum		
Légumes frais	Pomme de terre	64	72	57	البطاطا
	Tomate	108	122	95	الطماطم
	Oignon sec	80	87	73	البصل الجاف
	Ail sec	518	582	454	الثوم الجاف
	Carotte	76	86	67	الجزر
	Navet	74	81	66	لفت
	Chou-fleur	88	100	77	قرنبيط
	Choux	62	69	54	كرنب
	Courgette	124	136	112	الكوسة
	Haricot vert	391	420	363	الفاصولياء الخضراء
Fruits frais	Laitue	114	129	100	النس
	Pomme locale	458	575	342	التفاح المحلي
	Datte	580	708	452	التمر
	Orange	140	173	108	البرتقال
	Citron	166	186	147	الليمون
	Banane	350	362	338	الموز
Produits d'origine animale	Viande bovine locale	1698	1832	1564	لحم البقر المحلي
	Poulet de chair	540	553	528	الدجاج
	Œufs (Unité)	21	22	20	الببيض (وحدة)
	Lait de vache (Litre)	94	99	89	حليب البقر (لتر)

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني الملاحظ في أسواق التجزئة

Suite annexe 6

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 28 افريل 2024
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date: 28 avril 2024

Prix du détail ¹		أسعار التجزئة ²			المنتجات	
DA / Kg		دج / كغ				
Produits	معدل Moyenne	أعلى Maximum	أدنى Minimum			
Légumes frais	Pomme de terre	85	97	73	البطاطا	
	Tomate	75	85	65	الطماطم	
	Oignon sec	113	124	102	البصل الجاف	
	Ail sec	462	536	389	الثوم الجاف	
	Carotte	75	84	66	الجزر	
	Navet	98	108	88	لفت	
	Petit pois	189	207	170	الفاصوليا	
	Fève verte	87	100	75	الفول الأخضر	
	Courgette	101	112	90	الكوسة	
	Haricot vert	327	353	301	الفاصولياء الخضراء	
Fruits frais	Laitue	97	107	87	الخس	
	Pomme locale	462	577	347	التفاح المحلي	
	Datte	566	705	427	التمر	
	Orange	172	211	133	البرتقال	
	Citron	156	176	136	الليمون	
	Banane	427	443	412	الموز	
Produits d'origine animale	Viande bovine locale	1708	1819	1597	لحم البقر المحلي	
	Poulet de chair	432	444	419	الدجاج	
	Œufs (Unité)	16	17	15	البيض (وحدة)	
	Lait de vache (Litre)	96	103	90	حليب البقر (لتر)	
				المنتجات ذات الأصل الحيواني		

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

2. المعدل الوطني للمنتجات في أسواق التجزئة.

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني المتاح في أسواق التجزئة

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 16 ماي 2024
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date: 16 Mai 2024

Prix du détail ¹		أسعار التجزئة ²		المنتجات		
DA / Kg		دج / كغ				
Produits	معدل Moyenne	أعلى Maximum	أدنى Minimum			
Légumes frais	Pomme de terre	79	91	68	البطاطا	
	Tomate	69	79	59	الطماطم	
	Oignon sec	103	112	93	البصل الجاف	
	Ail sec	441	508	375	الثوم الجاف	
	Ail vert	108	120	95	الثوم الأخضر	
	Carotte	71	80	63	الجزر	
	Navet	91	101	81	لفت	
	Petit pois	240	265	215	الفاصوليا	
	Fève verte	107	119	96	الفول الأخضر	
	Courgette	98	108	87	الكوسة	
Fruits frais	Haricot vert	286	311	262	الفاصولياء الخضراء	
	Laitue	102	115	89	الخس	
	Pomme locale	462	576	347	التفاح المحلي	
	Datte	544	666	423	التمر	
	Orange	179	224	133	البرتقال	
	Citron	157	176	139	الليمون	
Produits d'origine animale	Banane	410	422	398	الموز	
	Viande bovine locale	1685	1805	1565	لحم البقر المحلي	
	Poulet de chair	391	403	379	الدجاج	
	Œufs (Unité)	16	17	14	البيض (وحدة)	
				المنتجات ذات الأصل الحيواني		
				Lait de vache (Litre)	94	
				حليب البقر (لتر)	89	

1. Moyenne nationale
observée dans les
marchés de détail

1. المعدل الوطني الملحظ في
أسواق التوزيع

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني المتاح في أسواق التجزئة

Suite annexe 6.

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 24 جويلية 2024
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date: 24 juillet 2024

Prix du détail ¹ DA / Kg		أسعار التجزئة دج / كغ		المنتجات	
Produits	معدل Moyenne	أعلى Maximum	أدنى Minimum		
Légumes frais	Pomme de terre	107	116	97	البطاطا
	Tomate	66	77	55	الطماطم
	Oignon sec	49	55	43	البصل الجاف
	Ail sec	350	410	291	الثوم الجاف
	Carotte	70	78	63	الجزر
	Navet	149	162	136	لفت
	Poivron	101	113	90	الفلفل الأخضر
	Piment	118	136	101	الفلفل الحار
	Courgette	73	83	63	الكوسة
	Haricot vert	189	210	168	الفاصولياء الخضراء
Fruits frais	Laitue	92	103	81	الخس
	Pomme locale	430	522	339	التفاح المحلي
	Datte	557	670	445	التمر
	Melon	106	118	93	البطيخ الأصفر
	Pastèque	88	100	77	البطيخ الأحمر
	Banane	333	346	321	الموز
Produits d'origine animale	Viande bovine locale	1758	1907	1610	لحم البقر المحلي
	Poulet de chair	356	368	344	الدجاج
	Œufs (Unité)	15	16	14	البيض (وحدة)
	Lait de vache (Litre)	94	100	88	حليب البقر (لتر)

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail

1. المعدل الوطني الملاحظ في أسواق التجزئة

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 11 أوت 2024
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date: 11 Août 2024

Produits		Prix du détail ¹ DA / Kg		أسعار التجزئة ¹ دج / كغ		المنتجات
		معدل Moyenne	أقصى Maximum	أدنى Minimum		
Légumes frais	Pomme de terre	89	109	69		البطاطا
	Tomate	65	78	52		الطماطم
	Oignon sec	42	49	35		البصل الجاف
	Ail sec	344	403	284		الثوم الجاف
	Carotte	69	77	61		الجزر
	Navet	110	123	98		لفت
	Poivron	97	109	85		الفلفل الأخضر
	Piment	107	120	94		الفلفل الحار
	Courgette	84	96	73		الكوسة
	Haricot vert	209	230	187		الفاصولياء الخضراء
Fruits frais	Laitue	95	106	83		الخس
	Pomme locale	416	528	304		التفاح المحلي
	Datte	550	680	421		التمر
	Melon	99	111	87		البطيخ الأصفر
	Pastèque	81	92	70		البطيخ الأحمر
	Banane	401	415	387		الموز
Produits d'origine animale	Viande bovine locale	1784	1917	1651		لحم البقر المحلي
	Poulet de chair	489	503	476		الدجاج
	Œufs (Unité)	16	18	15		البيض (وحدة)
	Lait de vache (Litre)	94	100	88		حليب البقر (لتر)

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني الملاحظ في أسواق التجزئة.

Suite annexe 6.

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 10 سبتمبر 2024
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date: 10 Septembre 2024

Prix du détail ¹		أسعار التجزئة		المنتجات	
DA / Kg		دج / كغ			
Produits	معدل Moyenne	أعلى Maximum	أدنى Minimum		
Légumes frais	Pomme de terre	91	113	68	البطاطا
	Tomate	70	82	58	الطماطم
	Oignon sec	44	50	38	البصل الجاف
	All sec	365	424	307	الثوم الجاف
	Carotte	83	93	73	الجزر
	Navet	117	129	105	لفت
	Poivron	112	125	98	الفلفل الأخضر
	Piment	129	145	112	الفلفل الحار
	Courgette	122	136	108	الكوسة
	Haricot vert	190	214	166	الفاصولياء الخضراء
Fruits frais	Laitue	133	147	119	الخس
	Pomme locale	386	506	266	التفاح المحلي
	Datte	563	685	442	التمر
	Melon	98	109	86	البطيخ الأصفر
	Pastèque	82	92	72	البطيخ الأحمر
	Poire	385	462	308	الآجاص
	Raisin	209	271	147	العنب
Produits d'origine animale	Banane	483	499	467	الموز
	Viande bovine locale	1796	1944	1647	لحم البقر المحلي
	Poulet de chair	473	486	459	الدجاج
	Œufs (Unité)	18	20	17	البيض (وحدة)
	Lait de vache (Litre)	92	97	87	حليب البقر (لتر)

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني الملاحظ في أسواق التجزئة

وزارة التجارة وترقية الصادرات
MINISTÈRE DU COMMERCE
ET DE LA PROMOTION DES EXPORTATIONS

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPEMENT RURAL

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية واسعة الاستهلاك ليوم 31 أكتوبر 2024
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date: 31 Octobre 2024

Prix du détail ¹		أسعار التجزئة			المنتجات	
DA / Kg		دج / كغ				
Produits	معدل Moyenne	أعلى Maximum	أدنى Minimum			
Légumes frais	Pomme de terre	92	114	70	البطاطا	
	Tomate	138	158	118	الطماطم	
	Oignon sec	49	55	43	البصل الجاف	
	All sec	431	495	366	الثوم الجاف	
	Carotte	98	108	88	الجزر	
	Navet	102	115	89	لفت	
	Poivron	124	141	107	الفلفل الأخضر	
	Piment	143	162	124	الفلفل الحار	
	Courgette	146	161	132	الكوسة	
	Haricot vert	189	208	169	الفاصولياء الخضراء	
Fruits frais	Laitue	115	128	102	الخس	
	Pomme locale	350	456	244	التفاح المحلي	
	Datte	488	621	355	التمر	
	Poire	404	505	302	الآجاص	
	Raisin	193	239	147	العنب	
	Grenade	133	163	104	الرمان	
	Banane	395	409	381	الموز	
Produits d'origine animale	Viande bovine locale	1761	1897	1626	لحم البقر المحلي	
	Poulet de chair	426	440	412	الدجاج	
	Œufs (Unité)	18	19	17	البيض (وحدة)	
	Lait de vache (Litre)	93	98	88	حليب البقر (لتر)	

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني الملاحظ في أسواق التجزئة

Suite annexe 6.

وزارة التجارة الداخلية وضبط السوق الوطنية
MINISTÈRE DU COMMERCE INTÉRIEUR
ET DE LA REGULATION DU MARCHÉ NATIONAL

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية والصيد البحري
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE,
DU DEVELOPEMENT RURAL ET DE LA PECHE

عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية وإسعة الاستهلاك ليوم 28 نوفمبر 2024
Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date: 28 Novembre 2024

Produits		Prix du détail ¹ DA / Kg		أسعار التجزئة ² دج / كلغ		المنتجات
		معدل Moyenne	أعلى Maximum	أدنى Minimum		
Légumes frais	Pomme de terre	74	88	60	خضراوات	البطاطا
	Tomate	78	86	70		الطماطم
	Oignon sec	49	57	42		البصل الجاف
	Ail sec	452	515	389		الثوم الجاف
	Carotte	72	82	62		الجزر
	Navet	85	95	75		لفت
	Choux fleur	67	77	57		قرنبيط
	Choux	75	85	65		السكرتوب
	Courgette	120	134	107		السكرتية
	Haricot vert	145	162	129		الفاصولياء الخضراء
Fruits frais	Laitue	98	111	85	فواكه	الخس
	Clémentine	188	227	148		الكليمونتين
	Orange	170	212	129		البرتقال
	Citron	150	171	129		الليمون
	Pomme locale	364	470	257		التفاح المحلي
	Datte	493	628	358		التمر
	Grenade	144	173	116		الرمان
Produits d'origine animale	Banane	427	442	412	لحم البقر المحلي	الموز
	Viande bovine locale	1766	1893	1639		لحم البقر المحلي
	Poulet de chair	426	438	414		الدجاج
	Œufs (Unité)	19	20	18		البيض (وحدة)
	Lait de vache (Litre)	97	102	91		حليب البقر (لتر)

1. Moyenne nationale
observée dans les
marchés de détail.

1. المعدل الوطني الملاحظ في أسواق
التجزئة.

 وزارة التجارة الداخلية وضبط السوق الوطنية MINISTÈRE DU COMMERCE INTÉRIEUR ET DE LA REGULATION DU MARCHÉ NATIONAL		 وزارة الفلاحة والتنمية الريفية والصيد البحري MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DU DEVELOPPEMENT RURAL ET DE LA PECHE			
عرض أسعار البيع بالتجزئة للمواد الفلاحية وإسعة الاستهلاك ليوم 08 ديسمبر 2024 Mercuriale des prix des produits agricoles de large consommation, date: 08 Décembre 2024					
Prix du détail ¹ DA / Kg		أسعار التجزئة ² دج / كـلـغ		المنتجات	
Produits	معدل Moyenne	أعلى Maximum	أدنى Minimum		
Légumes frais	Pomme de terre	72	84	60	البطاطا
	Tomate	74	82	66	الطماطم
	Oignon sec	49	55	42	البصل الجاف
	Ail sec	466	534	397	الثوم الجاف
	Carotte	70	79	60	الجزر
	Navet	82	91	72	لفت
	Choux fleur	71	80	61	قرنبيط
	Choux	73	82	64	السكرتوب
	Courgette	128	142	114	السكرتية
	Haricot vert	150	166	134	الفاصولياء الخضراء
	Laitue	90	103	76	الخس
Fruits frais	Clémentine	145	190	100	الكلامونتين
	Orange	125	165	85	البرتقال
	Citron	143	163	122	الليمون
	Pomme locale	369	477	260	التفاح المحلي
	Datte	503	628	379	التمر
	Grenade	155	182	128	الرمان
	Banane	463	476	449	الموز
Produits d'origine animale	Viande bovine locale	1776	1907	1646	لحم البقر المحلي
	Poulet de chair	413	426	400	الدجاج
	Œufs (Unité)	19	20	18	البيض (وحدة)
	Lait de vache (Litre)	93	99	88	حليب البقر (لتر)

1. Moyenne nationale observée dans les marchés de détail.

1. المعدل الوطني الملاحظ في أسواق التجزئة.

Annexe 7. Illustration des consommations d'eau moyennes à l'hectare (cultures irriguées) et les redevances générées dans le périmètre de Guelma-Bouchevouf. (Campagnes 2012-2022).

Campagne d'irrigation	Superficie irriguée (ha)	Volume distribué (hm ³)	Consommation (m ³ /ha)	Redevance générée (DA/ha)			
				Redevance Fixe (Da)	Redevance variable (DA)	Redevance totale (DA)	Redevance à l'hectare (DA/ha)
2012	3 205,67	19,68	6 139	1 282 268	49 200 000	50 482 268	15 748
2013	4 265,07	22,16	5 196	2 078 278	55 400 000	57 478 278	13 477
2014	5 183,62	27,27	5 261	2 104 321	68 175 000	70 279 321	13 558
2015	4 802,87	28,26	5 884	2 353 593	70 650 000	73 003 593	15 200
2016	3 582,40	25,04	6 990	2 795 891	62 600 000	65 395 891	18 255
2019	1 232,69	8,17	6 628	2 651 113	20 425 000	23 076 113	18 720
2020	3 688,69	16,6	4 500	1 800 097	41 500 000	43 300 097	11 739
2021	2 923,92	14,6	4 993	1 997 319	36 500 000	38 497 319	13 166
2022	601,4	2,17	3 608	1 443 299	5 425 000	6 868 299	11 421
Moyenne	3 100,73	16,47	5 312	2 124 661	41 175 000	43 299 661	13 964

Annexe 8. Charges d'exploitation et recouvrement des coûts d'exploitation du périmètre irrigué Guelma-Boucheouf : Campagnes 2012-2022.

Campagne	Volume facturé (m ³)	Superficie irriguée (ha)	Montant des redevances volumétriques (Da)	Montant des redevances Fixes (Da)	Produit vente eau (Da) en HT	Charges d'exploitation (Da)	Taux P/C (%)	Coût de revient Da/m ³	Coût à la facturation (Da/m ³)	Taux de recouvrement (%)
			2,5	400						
2012	26 272 000,00	3 206	65 680 000,00	1 282 268	66 962 268	220 640 729,78	30	8,40	2,55	30
2013	33 590 000,00	4 265	83 975 000,00	1 706 028	85 681 028	248 340 875,50	35	7,39	2,55	35
2014	27 270 000,00	5 184	68 175 000,00	2 073 448	70 248 448	282 883 596,58	25	10,37	2,58	25
2015	28 260 000,00	4 803	70 650 000,00	1 921 148	72 571 148	259 997 759,89	28	9,20	2,57	28
2016	25 040 000,00	3 582	62 600 000,00	1 432 960	64 032 960	229 399 746,57	28	9,16	2,56	28
2017	770 000,00	1 521	1 925 000,00	608 384	2 533 384	134 340 600,54	2	174,47	3,29	2
2019	8 170 000,00	1 233	20 425 000,00	493 076	20 918 076	144 685 371,58	14	17,71	2,56	14
2020	16 600 000,00	3 689	41 500 000,00	1 475 476	42 975 476	190 523 084,62	23	11,48	2,59	23
2021	14 600 000,00	2 924	36 500 000,00	1 169 568	37 669 568	218 183 330,30	17	14,94	2,58	17
2022	2 170 000,00	601	5 425 000,00	240 560	5 665 560	130 802 224,95	4	60,28	2,61	4
Moyenne	18 274 200,00	3 100,73	45 685 500,00	1 240 291,60	46 925 791,60	205 979 732,03	21	32,34	2,64	21

