

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

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Mémoire :

Présentée pour l'obtention du diplôme de Master (LMD)

SPÉCIALITÉ : AMÉNAGEMENT HYDRO-AGRICOLE

Thème :

**Contribution au dimensionnement de la conduite
d'adduction du périmètre Saf-Saf à partir du
barrage Guénitra**

Présenté par :

- Boudchicha Achouak
- Boufrioua Amina
- Bouaziz Nour el Houda
- Bezazel Fatima

Membres de Jury:

Mr : HEDDAM Salim	(Prof)	Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : SAADOUNE Abdelaziz	(MAA)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : HEBAL Aziz	(MCA)	Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : LEFOULA Bilal	(Dr)	Co-Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : DAIF Noureddine	(Dr)	Invité	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2024-2025

Remerciement

Avant toute chose, nous élevons notre gratitude vers Allah le Tout-Puissant, source de sagesse et de persévérance, dont la bienveillance a illuminé chaque étape de ce parcours. Par Sa grâce, nous avons la force de surmonter les défis et l'humilité nécessaire pour mener à terme ce travail, aujourd'hui offerte à votre considération.

Une reconnaissance particulière revient à Monsieur HEBAL Aziz, directeur de mémoire, dont l'engagement inébranlable, l'expertise rigoureuse et les orientations éclairées ont été les piliers de cette recherche. Ses retours constructifs et sa patience ont insufflé une dynamique essentielle à l'élaboration de cette mémoire.

Nous exprimons notre profonde gratitude aux membres éminents de jury, Messieurs : HEDDAM Salim, SAADOUNE Abdelaziz, LEFOULA Bilal et DAIF Nouredine, pour l'honneur de leur temps et l'attention précieuse qu'ils consacreront à l'évaluation de ce travail

Nos remerciements s'adressent également à l'Office National d'Irrigation et de Drainage (ONID) d'El-Harrouch, en particulier à son directeur, Monsieur Belhalou Fayçal, ainsi qu'à Messieurs Messaoud, Riyad, et Madame Fatima, dont l'accueil bienveillant et les ressources partagées ont enrichi cette démarche scientifique.

À nos enseignants du Département des Sciences Agronomiques de l'Université de Skikda, nous tenons à témoigner notre vive gratitude pour avoir transmis, au fil des années, les connaissances et l'esprit critique qui fondent ce projet. Nous adressons également nos remerciements les plus sincères à Monsieur Daif et Monsieur Heddiam pour l'aide précieuse et inlassable qu'ils nous ont apportée tout au long de ce travail.

Un hommage sincère est dû à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué par leurs encouragements, leurs réflexions ou leur soutien logistique à la concrétisation de ce mémoire.

Enfin, c'est avec une émotion profonde que nous dédions ces lignes à notre famille, dont la présence inconditionnelle, les sacrifices silencieux et la foi indéfectible ont transformé chaque épreuve en tremplin. Leur amour reste la clé de voûte de tous nos réalisations.

Dédicace



﴿ وَالَّذِينَ جَاهَدُوا فِينَا لَنَهْدِيَنَّهُمْ سُبُلَنَا ﴾

Avant tout, je rends grâce à Allah, qui m'a comblée de ses bienfaits au-delà des mots, et m'a guidée vers ce dont j'avais un jour rêvé. Louange à Lui, au commencement et à la fin.

À ceux qui ont semé en moi les graines de la force et de l'amour, à ceux qui furent mon refuge, mon appui, et une lumière qui jamais ne s'éteint...

À ma chère mère, toi qui as porté sur tes épaules les fardeaux du monde sans jamais te plaindre, toi qui fus ma chaleur quand mon âme avait froid, et ma lumière dans les ténèbres... Ô mon paradis sur terre, aucun mot ne saurait exprimer ma gratitude, mais je t'offre le fruit de cette réussite comme un modeste gage d'un amour et d'une reconnaissance infinis.

À celui que la terre entière ne saurait remercier comme il le mérite, à celui qui a allégé mes journées les plus lourdes, dissimulé les difficultés de la vie, et m'a accompagnée pas à pas vers la lumière du succès... Toi qui t'es épuisé pour mon confort, toi qui as veillé pour tracer ma voie, toi qui as éteint tes rêves pour faire briller les miens, toi qui as fait de ton épaule un mur où j'ai pu poser ma faiblesse, et de ta main un soutien indéfectible... Mon père "Amar", homme unique entre tous.

À ceux qui ont rempli la maison de vie, grandi à mes côtés, partagé mes rires et mes larmes, mes chutes et mes victoires... Mes trois frères "Wail, Amir, Mohamed", battement de mon cœur.

À mes chères tantes, sources de tendresse et racines du don, et à leurs filles, amies du cœur et compagnes de route avec qui je partage les plus belles histoires.

À celui qui a marché à mes côtés pas à pas, qui fut la lumière lorsque tout devenait sombre, compagnon de mes jours, de mes rêves et de mes détails... toi qui fus mon ombre fidèle et ma lumière constante... mon partenaire de vie.

Et enfin... à celle qui a tout affronté avec une volonté inébranlable, qui a veillé des nuits entières à écrire ses rêves ligne par ligne, qui n'a jamais abandonné ni son cœur ni ses aspirations malgré la fatigue, qui a été une bougie allumée au milieu des tempêtes... à celle qui a compris que la réussite est un voyage sans fin, et que l'espoir palpite toujours dans le cœur, même après de longues veilles... à moi-même.

Achouak

Dédicace



” وَقُلْ اَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَىٰ عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُم بِمَا كُنتُمْ تَعْمَلُونَ ”

(سورة التوبة، الآية 105)

Louange à Allah qui nous a facilité les débuts et, par Sa grâce et Sa générosité, nous a permis d'atteindre les fins.

Avec tout mon amour, je dédie le fruit de ma réussite et de ma graduation à mon premier enseignant et premier modèle, à celui dont je porte le nom avec fierté, à celui qui me manque et dont le simple souvenir fait trembler mon cœur, à celui qui a enlevé les épines de mon chemin pour me tracer la voie du savoir et m'a confiée à Allah — à celui qui a quitté ce monde, mon père bien-aimé.

Et à celle qui m'a enseigné la morale avant même que je l'apprenne, au pont qui me mène au paradis, à la main invisible qui a écarté les obstacles de mon chemin, et dont les prières portaient mon nom jour et nuit — ma mère chérie, mon inspiration. À celle qui a été comme une seconde mère — ma précieuse grand-mère et ma chère belle-mère. Vous êtes la source de tendresse, et votre bénédiction illumine ma vie. Qu'Allah vous protège et vous garde.

À mon compagnon de route et la prunelle de mes yeux, à ma fierté et mon honneur, à celui qui m'a offert de son temps et m'a honorée de son soutien — en reconnaissance et en gratitude pour ses bienfaits, car il a été le meilleur appui — mon mari.

À ceux dont Allah m'a comblée — source de ma force, mon sol solide, le mur qui protège mon cœur, l'ami fidèle et le soutien sincère — mes chers frères.

À ma sœur, battement du cœur et âme de la maison — tu étais la flamme qui éclairait mon chemin dans les moments de fatigue.

Et notre dernière invocation est : Louange à Allah, Seigneur de l'univers.

Amína

Dédicace



Je remercie Allah tout-puissant qui m'a accordé la connaissance, en a fait une lumière pour nous guider et m'a inspiré avec force, courage, patience et constance pour continuer ce voyage académique et terminer ce travail.

Je dédie ce travail à mes chers parents. Ceux qui ont été la lumière de mon chemin et la force de mon cœur. Merci pour votre amour inébranlable.

Merci pour votre patience, vos prières, vos encouragements discrets mais puissants, et surtout pour avoir toujours cru en moi, même lorsque j'en doutais moi-même. Ce travail est le fruit de vos efforts autant que des miens. Je vous en serai reconnaissante toute ma vie

À ma grande sœur, qui a toujours cru en moi et dont les conseils et le soutien m'ont portée jusqu'ici. À ma deuxième sœur qui m'a toujours écoutée et encouragée.

À mes deux frères, merci pour votre soutien silencieux mais précieux.

Je tiens à remercier du fond du cœur ma précieuse amie. Elle a été une véritable sœur de cœur, et une présence réconfortante durant toutes ces années universitaires.

À mes amies et collègues de ce travail, Merci pour votre gentillesse, votre présence lumineuse et votre soutien constant. Vous avez rendu cette aventure plus douce et plus belle.

Nour

Dédicace



Au nom d'Allah, mon Créateur, le Facilitateur et le Protecteur de mes affaires.

Louanges et gratitude à Toi.

Le voyage n'a pas été facile, ni le chemin pavé de roses, mais il a été rempli de persévérance et de foi. Me voici aujourd'hui au seuil de l'obtention de mon diplôme, cueillant les fruits de mes efforts et levant mon chapeau avec toute ma fierté et ma gratitude.

J'offre d'abord ce succès à moi-même, qui ai cru que le rêve était possible et persévéré malgré toutes les difficultés. J'ai eu ce que je voulais.

À ma chère mère, le battement de mon cœur et le secret de mon existence. Tes prières ont été la forteresse, ta satisfaction la lumière, et ton amour le carburant qui a éclairé mon chemin. Je prie Allah de te récompenser de la meilleure des manières et de faire de ce succès un ajout à tes bonnes actions, toi qui as toujours été ma source de sécurité et de générosité.

À mon cher père, qui m'a appris que la connaissance est une arme et que la lutte est le chemin de la gloire. À celui dont je porte le nom avec toute ma fierté et dont je suis fier d'appartenir.

À mon frère Wail, mon soutien inébranlable et constant, mon inspiration dans le succès et mon compagnon dans les jours difficiles.

À ma sœur Malak, la lumière de mes jours, la pureté de mes moments, la prunelle de mes yeux et le secret de mon sourire.

(Car avec la difficulté vient la facilité) (5) (En vérité, avec la difficulté vient la facilité) (6)

Cet accomplissement n'aurait pas été possible sans votre soutien. Un merci sincère du fond du cœur à tous ceux qui m'ont aidé et soutenu. Je vous dédie ce succès et j'espère être une source de fierté pour vous, tout comme vous avez toujours été ma force

Fatima

Résumé

Résumé

Ce mémoire porte sur la gestion des eaux d'irrigation dans la wilaya de Skikda, en se concentrant particulièrement sur le périmètre irrigué Saf-Saf et l'état de la conduite d'adduction en provenance du barrage de Guénitra. L'étude a révélé que le réseau souffre de vétusté et de mauvais entretien, engendrant des pertes d'eau significatives qui compromettent l'efficacité du système d'irrigation, surtout en période de stress hydrique. Par ailleurs, une évaluation a été menée sur la conduite de transfert d'eau vers la station de traitement d'eau potable (AEP) de Hamadi Krouma afin d'analyser ses performances, son impact sur la distribution et son rôle dans une gestion plus rationnelle. À l'aide d'une méthodologie rigoureuse combinant collecte de données techniques, enquêtes de terrain et analyses hydrauliques à l'aide du logiciel EPANET, cette étude a permis d'établir un diagnostic précis, d'identifier les principales failles et de proposer des solutions concrètes. Ce travail ouvre également la voie à des recherches futures sur l'optimisation des ressources hydriques agricoles.

Mots-clés : Gestion des eaux, Irrigation, Réseau hydraulique, Adduction, Barrage Guénitra, Saf-Saf, Skikda, AEP, EPANET.

ملخص

يتناول هذا البحث موضوع إدارة مياه الري في ولاية سكيكدة، مع التركيز على المحيط المسقي صفصاف وحالة قناة جرّ المياه (adduction) القادمة من سد قنطرة. أظهرت الدراسة أن الشبكة تعاني من تقادم كبير ونقص في الصيانة، ما يؤدي إلى خسائر مائية معتبرة ويؤثر سلبًا على فعالية نظام الري، خصوصًا خلال فترات الإجهاد المائي. كما شمل البحث تقييمًا لقناة نقل المياه الخاصة بالتزويد بالماء الصالح للشرب (AEP) نحو محطة المعالجة بحمّادي كروما لتحليل أدائها وتأثيرها على توزيع المياه ودورها في تحسين الإدارة المائية. بالاعتماد على منهجية علمية دقيقة تجمع بين جمع البيانات الفنية والتحقيقات الميدانية والتحليل الهيدروليكي بواسطة برنامج (EPANET) تمكنت الدراسة من تشخيص الوضع الحالي وتحديد النقائص الجوهرية واقتراح حلول عملية. ويفتح هذا العمل المجال أمام دراسات مستقبلية تهدف إلى تحسين استغلال الموارد المائية في القطاع الفلاحي وتعزيز استدامتها.

الكلمات المفتاحية: إدارة المياه، الري، الشبكة الهيدروليكية، الجر (Adduction)، سد قنطرة، صفصاف، سكيكدة،

EPANET، AEP

Abstract

This thesis focuses on the management of irrigation water in the Skikda province, with particular attention to the Saf-Saf irrigated perimeter and the condition of the adduction pipeline from the Guénitra dam. The study revealed that the network is outdated and poorly maintained, leading to significant water losses that undermine the efficiency of the irrigation system, especially during periods of water stress. Additionally, an assessment was conducted on the transfer pipeline supplying potable water (AEP) to the Hamadi Krouma treatment plant, analyzing its performance, distribution impact, and contribution to more rational water management. Using a rigorous methodology that combines technical data collection, field surveys, and hydraulic analysis through the EPANET software, this work established a precise diagnosis, identified key shortcomings, and proposed concrete solutions. The study also paves the way for future research on optimizing water resources in the agricultural sector.

Keywords: Water management, Irrigation, Hydraulic network, Adduction, Guénitra dam, Saf-Saf, Skikda, AEP, EPANET.

SOMMAIRE

Résumé

Liste des tableaux

Listes des figures

Liste des abréviations

Introduction générale..... 01

Chapitre I : Généralités sur l'irrigation

I.1. Introduction..... 05

I.2. L'irrigation dans le monde 05

I.2.1. Les périmètres irrigués dans le monde 06

I.2.2. L'eau allouée pour l'irrigation dans le monde 07

I.3. L'irrigation en Algérie 10

I.3.1. Les périmètres irrigables en Algérie 10

I.3.2. Les grands périmètres irrigués (GPI) 11

I.3.3. La petite et moyenne hydraulique en Algérie (PMH) 12

I.3.4. L'eau allouée pour l'irrigation en Algérie..... 13

I.4. L'irrigation dans la wilaya de Skikda 15

I.4.1. Les plaines irrigables dans la wilaya de Skikda..... 15

I.4.2. Ressources en eau à Skikda..... 16

I.4.2.1. Ressources naturelles en eau 16

I.4.2.1.1. Eaux souterraines..... 16

I.4.2.1.2. Eaux de surface 17

I.4.2.2. Ressources en eau non conventionnelles..... 19

I.4.2.2.1. Traitement des eaux usées 19

I.4.2.2.2. Dessalement de l'eau de mer..... 19

I.5. Les réseaux d'irrigation 19

I.5.1. Les matériaux des conduites	20
I.5.2. D'autres matériaux disponibles	21
I.6. Les systèmes d'irrigation.....	21
I.6.1. Systèmes d'irrigation de surface.....	22
I.6.2. Irrigation au goutte-à-goutte.....	22
I.6.3. Irrigation par aspersion	23

Chapitre II : Présentation du périmètre Saf-Saf

II.1. Situation géographique du périmètre Saf-Saf.....	25
II.2. Exploitation du périmètre Saf-Saf	25
II.3. La limite de la zone d'étude	26
II.4. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude.....	26
II.4.1. Température	26
II.4.2. Précipitation	27
II.4.3. Humidité	28
II.4.4. Vents	28
II.4.5. Evaporation	29
II.4.6. Relation précipitation – température.....	29
II.4.7. Conclusion sur la nature du climat de la zone d'étude	30
II.5. Caractéristiques géologique de la zone d'étude	30
II.5.1. Les piémonts	30
II.5.2. La plaine alluviale.....	30
II.5.3. Les pentes	31
II.6. Caractéristiques pédologique de la zone d'étude	32
II.6.1. Les sols peu évolués.....	32
II.6.2. Les vertisols	32
II.6.3. Les sols calcimagnésiques	32

II.6.4. Les sols à sesquioxydes de fer	32
II.6.5. Les sols brunifiés	33
II.6.6. Les sols hydromorphes	33
II.7. Assolements pratiqués au niveau du périmètre Saf-Saf	33
II.7.1. Assolements réalisés et bilan agricole	33
II.8. Le mode d'irrigation dans le périmètre Saf-Saf	34
II.9. Souscription et irrigation	35
II.10. Ressource et Besoins en eau du périmètre Saf-Saf.....	35
II.11. Réservoirs et stations de pompage.....	36
II.11.1. Réservoirs	36
II.11.2. Stations de pompage	36
II.12. Canalisation et équipements du périmètre Saf-Saf.....	36
II.13. Les barrages destinés pour l'irrigation dans le périmètre Saf-Saf.....	38
II.13.1. Barrage Zerdazas	38
II.13.1. 1. Description du barrage du barrage de Zerdazas	38
II.13.1.1. L'apport d'Oued Saf-Saf pour barrage de Zerdazas	38
II.13.2. Barrage Guénitra.....	38
II.13.2.1. Description du barrage de Guénitra	38
II.13.2.2. Situation géographique et utilisation.....	39
II.13.2.3. Géologie du site du barrage du Guénitra.....	39
II.13.2.4. Etude des données climatiques du barrage Guénitra.....	40
II.13.2.4.1. Etat d'évaporation	40
II.13.2.4.2. Précipitation.....	41
II.13.2.4.3. Température moyenne	41
II.13.2.4.4. Conclusion sur la nature du climat dans le site du barrage Guénitra ...	42
II.13.2.5. L'apport des Oued pour le barrage de Guénitra	42

Chapitre III : Diagnostic du système d’adduction en eau du Barrage de Guénitra

III.1. Introduction	45
III.2. Contexte et description du système d'adduction.....	45
III.2.1. Historique et origine du réseau d'adduction.....	45
III.2.2. Objectifs de desserte et couverture des besoins (agricoles, urbains et industriels)	45
III.3. Étude analytique de l’ingénierie et de la gestion du système de distribution d’eau dans la région de Saf-Saf.....	47
III.3.1. Ressources hydriques et système de collecte	49
III.3.2. Infrastructure principale d’adduction	49
III.3.2.1. Secteur I : Skikda – Ramdane Djamel	49
III.3.2.2. Secteur II : Salah Bouchaour	49
III.3.2.3. Secteur III : El Harrouch.....	49
III.3.2.4. Secteur IV : Emdjez Edchiche	50
III.3.3. Mécanismes de régulation de l’adduction	50
III.3.4. Organisation institutionnelle et coordination	50
III.4. Diagnostic du système hydraulique d’irrigation	51
III.4.1. État de la conduite d’adduction à partir du barrage Guénitra.....	51
III.4.1.1. Contraintes liées à la conduite d’adduction du barrage de Guénitra	52
III.4.2. Évaluation de la station de pompage de Guénitra	54
III.4.2.1. Les contraintes de gestion de la station de pompage Guénitra.....	55
III.4.2.2. Dysfonctionnements de certains équipements de la station de pompage	56
III.4.3. Diagnostic actuel des réservoirs de stockage d’eau d’irrigation	57
III.4.3.1. Problèmes des réservoirs du périmètre Saf-Saf	57
III.4.3.1.1. Impact humain négatif sur les réservoirs	58
III.4.3.1.2. Dégradation des joints de dilatation entre les gradins des réservoirs ...	59

III.4.3.1.3. État des équipements et de l'infrastructure	59
III.4.3.1.4. Envasement des réservoirs	60
III.5. Impacts induits et risques systémiques.....	61
III.5.1. Impact sur l'agriculture et les populations rurales	61
III.5.2. Risque de détérioration des infrastructures hydrauliques.....	62
III.5.3. Impacts environnementaux résultant d'une perturbation du réseau	62
III.6. Conclusion.....	62
<u>Chapitre IV : Étude hydraulique et simulation du réseau d'adduction</u>	
IV.1. Introduction.....	65
IV.2. Analyse des besoins en eau pour l'irrigation	65
IV.2.1. Calcule des besoins en eau d'irrigation et les débits mensuels pour les secteurs	65
IV.2.2. Calcul du débit maximal adéquat pour l'irrigation des superficies des secteurs..	67
IV.3. Dimensionnement des infrastructures hydrauliques	67
IV.3.1. Vérification hydraulique de la conduite de refoulement	67
IV.3.1.1. Calcul de la vitesse (V) de l'écoulement	68
IV.3.1.2. Calcul du nombre de Reynolds (Re).....	68
IV.3.1.3. La détermination du coefficient de frottement " λ "	68
IV.3.1.4. Calcul les pertes de charge	68
IV.3.1.5. Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT).....	69
IV.3.2. Détermination de la capacité des réservoirs	69
IV.3.3. Choix et dimensionnement des pompes de la station de pompage de Guénitra...	70
IV.3.3.1. Données techniques de la station de pompage	70
IV.3.3.2. Calcul de la puissance par pompe.....	70
IV.3.3.3. Débit total requis	70
IV.3.3.4. Calcul du nombre de pompes nécessaires	70
IV.3.3.5. Le coup de bélier	70

IV.4. Modélisation et simulation hydraulique sous EPANET	74
IV.4.1. Présentation du logiciel EPANET	74
IV.4.2. Potentialités du logiciel	75
IV.4.3. Présentation de la simulation hydraulique	76
IV.4.3.1. Objectif de la simulation.....	76
IV.4.3.2. Description du modèle hydraulique.....	78
IV.4.3.3. Exécution de la simulation	80
IV.4.4. Résultats de la simulation et analyse technique	80
IV.4.4.1. Répartition des débits et des vitesses (État des Arcs du Réseau)	80
IV.4.4.2. Pression observée aux nœuds critiques (État des Nœuds du Réseau)	81
IV.4.4.3. Schémas de la simulation de réseau d'irrigation + AEP	82
IV.4.4.4. Conclusion approfondie de la simulation (réseau mixte irrigation+AEP) ...	84
IV.4.5. Proposition d'un schéma alternatif optimisé	84
IV.4.5.1. Répartition des débits et des vitesses (État des Arcs du Réseau)	84
IV.4.5.2. Pression observée aux nœuds critiques (État des Nœuds du Réseau)	85
IV.4.5.3. Résultats de la simulation du réseau d'irrigation.....	86
IV.4.5.4. Conclusion approfondie de la simulation (Réseau Irrigation).....	88
Conclusion générale	90
Références Bibliographiques	92
Annexes	100

LISTE DES TABLEAUX

N°	Liste des tableaux	Pages
CHAPITRE I		
Tableau I.1.	Surface équipées pour l'irrigation et leur pourcentage des terres agricoles par continent (2022)	07
Tableau I.2.	Taux de besoin en eau et comparaison avec les ressources en eau	09
Tableau I.3.	Les caractéristiques des périmètres irrigués en Algérie	11
Tableau I.4.	Les Superficies des Grands périmètres d'irrigation (GPI) équipées et irrigables par grande région	12
Tableau I.5.	Répartition territoriale des superficies de PMH selon le mode d'irrigation	13
Tableau I.6.	Les ressources hydriques en Algérie en milliards de m ³	14
Tableau I.7.	Les grands périmètres irrigués dans la wilaya de Skikda	15
Tableau I.8.	Les caractéristiques des 4 grandes barrages de Skikda	17
CHPITRE II		
Tableau II.1.	Les différents secteurs du périmètre Saf-Saf par localisation	26
Tableau II.2.	Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Skikda (2009 - 2018)	26
Tableau II.3.	Répartition du périmètre par assolement (INTESCA, 1976)	33
Tableau II.4.	L'évolution des superficies irriguées par culture dans le périmètre (2016-2024)	34
Tableau II.5.	L'évolution des superficies irriguées par culture dans le périmètre en 2024	34
Tableau II.6.	Le mode d'irrigation appliquée dans le périmètre Saf-Saf en 2024	34
Tableau II.7.	Bilan annuel d'irrigation (2022-2024)	35
Tableau II.8.	Ressource et Besoins en eau du périmètre	36
Tableau II.9.	Les réservoirs dans le périmètre Saf-Saf	36
Tableau II.10.	Les stations de pompage du périmètre Saf-Saf	36
Tableau II.11.	Canalisation et les équipements du périmètre Saf-Saf	37
Tableau II.12.	Variations de l'état d'évaporation mensuelles et annuelles du barrage de Guénitra (2010-2021)	40
Tableau II.13.	Variations de la pluie mensuelles et annuelles du barrage de Guénitra (2015-2021)	41
Tableau II.14.	Variations de température moyenne mensuelles et annuelles du barrage de Guénitra (2015-2021)	42
Tableau II.15.	Pourcentage des apports en eau des principaux cours d'eau alimentant le barrage de Guénitra	43
CHAPITRE IV		
Tableau IV.1.	Les besoins en eau des cultures (en m ³ /ha/mois)	65
Tableau IV.2.	Répartition des superficies cultivées (Ha) dans les secteurs II et IV (INECSA)	66
Tableau IV.3.	Les besoins en eau d'irrigation et les débits mensuels pour le secteur II	66

Tableau IV.4.	Les besoins en eau d'irrigation et les débits mensuels pour le secteur IV	67
Tableau IV.5.	Données hydrauliques disponibles pour les secteurs II et IV	69
Tableau IV.6.	Les paramètres dans l'état des Arcs du Réseau (Simulation I)	80
Tableau IV.7.	État des Nœuds du Réseau (Simulation I)	81
Tableau IV.8.	Les paramètres dans l'état des Arcs du Réseau (Simulation II)	85
Tableau IV.9.	État des Nœuds du Réseau (Simulation II)	85

Liste des figures

N°	Liste des figures	Pages
CHAPITRE I		
Figure I.1.	Carte représentant la région de Skikda, ses limitations territoriales et les Situation des 4 barrages, 9 oueds et 3 étangs	18
CHAPITRE II		
Figure II.1.	Situation géographique du périmètre irrigué de la vallée de l'Oued Saf-Saf (région de Skikda Nord-Est algérien)	25
Figure II.2.	Température mensuelle en (°C) durant la période (2009-2018)	27
Figure II.3.	Précipitation moyenne mensuelle en (mm) durant la période (2009-2018)	27
Figure II.4.	Variation mensuelle de l'humidité relative durant la période (2009-2018)	28
Figure II.5.	Variation mensuelle du vent durant la période (2009-2018)	28
Figure II.6.	Variation mensuelle d'évaporation durant la période (2009-2018)	29
Figure II.7.	Diagramme Ombro-thermique durant la période (2009-2018)	30
Figure II.8.	Carte géologique de la plaine alluviale de l'oued Saf-Saf	31
Figure II.9.	Répartition et Canalisation du périmètre Saf-Saf	37
Figure II.10.	Image satellitaire représentent le barrage de Guénitra	39
Figure II.11.	Carte d'inventaire du barrage Guénitra dans le bassin versant de l'Oued Guebli	43
CHAPITRE III		
Figure III.1.	Schéma globale du réseau de la conduite d'adduction	48
Figure III.2.	Schéma du réseau de Distribution d'eau potable et d'irrigation dans le périmètre Saf-Saf	51
Figure III.3.	Borne d'irrigation du réseau	52
Figure III.4.	Fuite détectée au niveau d'adduction Guénitra en 2020	52
Figure III.5.	Fuite détectée sur une conduite d'eau d'irrigation dans le secteur I de Ramdane Djamel	54
Figure III.6.	Pompe horizontale à la station de pompage de Guénitra	55
Figure III.7.	Déformations (gonflements) et fissures au niveau de la structure en béton de Réservoir N°03 d'EL Harrouch	68
Figure III.8.	Les joints de dilatation entre les gradins des réservoirs du périmètre Saf-Saf	59
Figure III.9.	Chambre de vanne et ses équipements	
Figure III.10.	Problème d'envasement des réservoirs (le Réservoir N°3 de secteur d'EL Harrouch)	60
Figure III.11.	Contamination les déchets au fond de Réservoir N°4 d'Emdjez-Edchiche	61
CHAPITRE IV		
Figure IV.1.	Résultats de la simulation du coup de bélier	72
Figure IV.2.	Variation de la vitesse en fonction de la hauteur absolue – Epure de Bergeron	73

Figure IV.3.	Variation de la pression absolue en fonction du temps	74
Figure IV.4.	Présentation de l'écran du logiciel EPANET	75
Figure IV.5.	Schéma synoptique de la conduite d'adduction Guénitra-S. Bouchaour	77
Figure IV.6.	Tracé de l'adduction étudiée dans EPANE	79
Figure IV.7.	Résultats de la simulation du réseau d'irrigation + AEP (Débit)	82
Figure IV.8.	Résultat de simulation du réseau d'irrigation + AEP (Vitesse)	83
Figure IV.9.	Résultat de la simulation d'irrigation (Débit)	86
Figure IV.10.	Résultat de la simulation d'irrigation (Vitesse)	87

LISTE DES ABREVIATIONS

- **AC:** Acier
- **A-Ciment:** Amiante Ciment
- **ADE:** Algérienne Des Eaux
- **AEA:** Alimentation en Eau Agricole
- **AEI:** Alimentation en Eau Industrielle
- **AEP:** Alimentation en Eau Potable
- **ANBT:** Agence Nationale des Barrages et Transferts
- **ANRH:** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
- **BP:** Béton Précontraint
- **C°:** Degré Celsius
- **CR :** Cote radier
- **CTN :** Cote terrain naturel
- **CTP :** Cote prjetée
- **CE1:** Conduite En acier 1
- **DIN:** signifie Deutsche Institut fur Normung
- **DN:** Diamètre Nominal
- **ENE:** East-North-East
- **EPA:** Environmental Protection Agency
- **EPANET:** EPA Network Simulation Software
- **FAO:** Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
- **GPI:** Les grands périmètres d'irrigation
- **Ha:** hectare
- **Hg:** Hauteur géométrique
- **Hm³:** Hectomètre cube
- **HMT:** Hauteur Manométrique Totale
- **INTECSA:** Internationale d'Ingénierie et d'Études Techniques, S.A.
- **Km³:** représente kilomètre cube, C'est une unité de mesure de volume
- **KVA:** Kilo voltampère
- **KW :** Kilowatt
- **LPS:** Litres par Seconde
- **MADR:** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
- **m.c.e:** Mètres de Colonne d'Eau

-
- **ML:** Mètre Linéaire
 - **Mm³:** millions de mètre cube
 - **MRE:** Ministère des Ressources en Eau
 - **NGA:** Niveau Général d'Altitude
 - **NNR:** Niveau Normal de la Retenue
 - **NPHE:** Niveau des Plus Hautes Eaux
 - **OME:** Observatoire Méditerranéen de l'Eau
 - **ONID:** Office National d'Irrigation et de Drainage
 - **P_e:** Puissance électrique
 - **PEHD:** Polyéthylène Haute Densité
 - **PET:** Polyéthylène
 - **P_h:** Puissance hydraulique
 - **PIB:** Produit Intérieur Brut
 - **PMH:** Petite et Moyenne Hydraulique
 - **PNE:** Plan National de l'Eau
 - **PV:** Procès-verbal
 - **PVC:** Polychlorure de Vinyle
 - **Q:** Débit (débit d'eau)
 - **Re:** Reynolds
 - **REUE:** signifie Réutilisation des Eaux Usées Épurées
 - **SAT:** Superficie Agricole Totale
 - **SAU:** Surface Agricole Utile
 - **SDI:** Su surface Drap Irrigation (Irrigation goutte à goutte sous la surface)
 - **STP:** Station de Pompage
 - **T°:** Température
 - **UE:** Union européenne
 - **UNESCO:** United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
 - **UN-Water :** Nations Unies-Eau
 - **USA:** représente les États-Unis d'Amérique
 - **V:** Volume d'eau
 - **WSW:** West-South-West
 - **η :** Rendement de la pompe

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

L'irrigation, levier essentiel de la production agricole à travers le monde, prend une importance capitale dans les régions aux régimes pluviométriques limités. Cependant, la gestion de cette ressource vitale engendre des coûts considérables et exige une efficacité accrue, un impératif renforcé par la croissance démographique mondiale, la limitation des terres arables et le stress hydrique croissant.

L'Algérie, pays majoritairement aride à semi-aride, est particulièrement concernée par ces défis, où l'irrigation joue un rôle crucial pour sécuriser la production agricole face à l'irrégularité des précipitations. Dans ce contexte national, la wilaya de Skikda, située dans le nord-est du pays, bénéficie d'un potentiel hydrique relativement favorable grâce à ses ressources hydrauliques telles que barrages, nappes souterraines et cours d'eau. Au sein de cette wilaya, le périmètre irrigué de Saf-Saf se distingue comme l'un des espaces agricoles les plus importants, principalement alimenté par le barrage de Guénitra. Cette infrastructure permet la pratique régulière de cultures maraîchères et arboricoles, contribuant significativement à la sécurité alimentaire locale et au développement socio-économique de la région. Or, une tendance préoccupante au sein de ce périmètre est la diminution continue des superficies irriguées des questions fondamentales quant à la durabilité de la gestion de l'eau et l'évolution des pratiques agricoles spécifiques à cette zone de Skikda.

La conduite principale qui achemine l'eau du barrage de Guénitra vers les zones agricoles est une artère vitale pour l'irrigation continue. Cependant, cette conduite est confrontée à de nombreux défis qui réduisent son efficacité, notamment les fuites d'eau résultant de fissures structurelles dans ses parois et la corrosion des canalisations métalliques due à des facteurs chimiques et environnementaux, en particulier sur les sections les plus anciennes. L'accumulation de sédiments et de matières en suspension dans la conduite entraîne également des blocages partiels, réduisant l'efficacité de l'écoulement de l'eau, augmentant la pression sur les parois des canalisations et augmentant le risque de dommages supplémentaires.

Les effets négatifs de ces problèmes ne se limitent pas à la perte de grandes quantités d'eau ; ils nécessitent également des interventions de maintenance continues et rapides, augmentant les coûts d'exploitation et pesant sur les opérateurs. De plus, les interruptions fréquentes pour les réparations entravent la distribution régulière de l'eau, impactant négativement la productivité agricole et exposant les agriculteurs au risque de pénuries d'eau

d'irrigation, notamment en période de pointe. La combinaison de tous ces facteurs entraîne une baisse de l'efficacité globale du système d'irrigation, nécessitant une étude approfondie afin de trouver des solutions durables, que ce soit par la modernisation des infrastructures ou l'adoption de technologies modernes pour détecter et traiter pro activement les fuites.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'état actuel de l'ancienne conduite d'adduction de barrage Guénitra et de proposer certaines solutions pour assurer l'acheminement efficace de l'eau d'irrigation vers les zones agricoles de périmètres Saf-Saf. Cette démarche inclut également l'évaluation de la nouvelle conduite de transfert d'eau à partir du barrage de Guénitra vers la station de traitement d'eau potable de Hamadi Kerouma en termes de faisabilité et d'efficacité, L'étude vise à déterminer si cette nouvelle infrastructure, actuellement utilisée pour l'alimentation en eau potable, pourrait également être exploitée pour l'irrigation de périmètres Saf-Saf. À travers un diagnostic technique approfondi de l'ancienne conduite, ainsi qu'une analyse de la capacité et des performances de la nouvelle, ce travail cherche à répondre à la problématique suivante :

Cette nouvelle conduite peut-elle constituer une solution durable et suffisante pour assurer l'approvisionnement en eau d'irrigation du périmètre Saf-Saf?

Ce mémoire est organisé comme suit :

Le premier chapitre propose une synthèse bibliographique basée sur la collecte de données, à savoir l'analyse des documents, visites des lieux avec les ingénieurs de l'ONID. Cette partie offrant une généralité sur l'irrigation à l'échelle mondiale, nationale et locale. On commence par une présentation des principales situations d'irrigation dans le monde, il montre comment l'irrigation est utilisée dans différents pays. Puis aborde la situation en Algérie. Enfin, une attention particulière est accordée à la wilaya de Skikda, en présentant ses caractéristiques hydrauliques et agricoles.

Puis, une étude analytique complète de périmètre Saf-Saf dans la province de Skikda, en évidence les caractéristiques géographiques, climatiques, géologiques et pédologiques les plus importantes qui caractérisent cette région. Le chapitre II aborde également la répartition des quatre secteurs agricoles dans l'environnement et analyse les méthodes agricoles appliquées, le développement des zones irriguées entre 2016 et 2024, les systèmes d'irrigation utilisés et de leur efficacité, ainsi que des ressources en eau disponibles. Cela s'inscrit dans le cadre d'une évaluation environnementale globale visant à identifier les défis auxquels est confronté le développement agricole durable dans la région.

Ensuite, On présente un diagnostic détaillé du réseau d'adduction d'eau issu du barrage de Guénitra. Cette analyse vise à évaluer l'état fonctionnel et structurel des principales composantes hydrauliques du système, à savoir les conduites d'adduction, les réservoirs de stockage ainsi que les stations de pompage. L'étude met en évidence les caractéristiques techniques de ces infrastructures, les dysfonctionnements rencontrés sur le terrain, tels que les pertes d'eau, les baisses de pression ou encore les interruptions de service, ainsi que les contraintes liées à leur gestion et à leur maintenance.

Le quatrième chapitre et dernier, présente une étude hydraulique détaillée du réseau d'adduction « conduite de transfert d'eau à partir du barrage de Guénitra vers la station de traitement d'eau potable de Hamadi Kerouma », visant à améliorer l'approvisionnement en eau dans les secteurs agricoles II et IV du périmètre Saf-Saf. L'analyse inclut le calcul des besoins en eau pour l'irrigation, le dimensionnement des réservoirs, des conduites et des pompes, ainsi que l'évaluation du phénomène du coup de bélier. Deux simulations hydrauliques ont été réalisées à l'aide du logiciel EPANET : la première pour un réseau mixte combinant l'irrigation et l'alimentation en eau potable, et la seconde pour un réseau dédié uniquement à l'irrigation, afin d'analyser séparément les performances hydrauliques du système dans chaque cas.

Enfin, ce travail terminera par une conclusion générale.

CHAPITRE I

Généralités sur l'irrigation

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR L'IRRIGATION

I.1. Introduction

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau aux plantes cultivées afin d'augmenter la production et de combler les déficits pluviométriques vis-à-vis des besoins hydriques des végétaux. L'eau d'irrigation puisée des cours d'eau, des barrages ou des nappes distingue de l'eau par son coût d'exploitation, de transport et de répartition à l'aide d'un réseau d'irrigation. C'est pourquoi, il est indispensable de gérer ces volumes d'eau avec une grande rentabilité (**Echikr, 2018**).

Selon le glossaire international d'hydrologie, l'irrigation est un apport artificiel d'eau sur des terres à des fins agricoles.

I.2. L'irrigation dans le monde

D'après les données de la FAO (2012), la superficie équipée pour l'irrigation à l'échelle mondiale a atteint 346 millions d'hectares, contre 258 millions en 1990 et 184 millions en 1970, illustrant une croissance continue. Toutefois, parmi ces surfaces équipées, seules 85 % sont effectivement irriguées, même si l'ensemble de ces 346 millions d'hectares est exploité pour la récolte. Il est donc important de différencier la proportion des terres irriguées dans l'ensemble des terres cultivées, ainsi que leur niveau de productivité (**Hadim et Ibouainene, 2020**).

Avec les prévisions d'une population mondiale dépassant les 10 milliards d'habitants d'ici 2050, répondre à la demande alimentaire croissante devient un défi urgent. Étant donné la limitation de l'expansion des terres cultivables sans nuire à l'environnement, l'intensification durable de l'agriculture, notamment par l'irrigation, apparaît comme une solution prometteuse. Bien que les terres irriguées représentent moins d'un quart des terres agricoles, elles contribuent à environ 40 % de la production alimentaire mondiale et consomment plus de 90 % de notre utilisation de l'eau. Ainsi, comprendre les changements spatiaux dans les modèles d'irrigation mondiaux et évaluer si ces changements se produisent dans des régions aux ressources en eau abondantes ou rares devient crucial compte tenu de la grande disparité dans la disponibilité et la demande en eau (**Mehta et al., 2024**).

Historiquement, les agriculteurs africains et asiatiques ont su exploiter les crues saisonnières, notamment pour la culture du riz, en construisant des digues et des petits canaux

pour gérer les eaux de crue. Aujourd'hui, la modernisation de ces systèmes s'inscrit dans une logique de durabilité et d'adaptation aux changements climatiques.

Les technologies d'irrigation ont évolué, incluant désormais le détournement de cours d'eau, le forage de puits profonds, et le transport d'eau à travers de longs canaux. Toutefois, l'usage non durable de l'eau menace les réserves naturelles. Pour y remédier, des approches alternatives émergentes, telles que l'utilisation des eaux usées traitées ou des eaux de drainage agricole. Cette solution nécessite une évaluation rigoureuse des risques sanitaires et environnementaux, selon les caractéristiques locales (qualité de l'eau, climat, sols, pratiques agricoles) (**Hadim et Ibouainene, 2020**).

Enfin, le stress hydrique représente un défi majeur pour le développement durable, touchant environ 10 % de la population mondiale. En 2021, 13 % des pays, notamment en Afrique du Nord et en Asie de l'Ouest, étaient confrontés à un stress hydrique élevé ou critique. L'agriculture, qui est le principal utilisateur avec 72 % des prélèvements d'eau douce, en est à la fois responsable et affectée. Ce phénomène varie fortement selon les régions, certains pays étant plus vulnérables, en raison de conditions spécifiques (**FAO et UN-Water, 2024**).

I.2.1. Les périmètres irrigués dans le monde

La superficie équipée pour l'irrigation est de 353.902 millions d'hectares. Cela représente 22,5 % de la superficie agricole dans le monde (**FAO, 2024**).

La consommation d'eau dans l'agriculture varie considérablement d'un pays à l'autre. D'une région à l'autre, les terres agricoles irriguées sont réparties de manière inégale sur tous les continents. Autrement dit. L'utilisation de l'eau dans l'agriculture est limitée et inégale à l'échelle mondiale (**Allouche, 2015**).

Les plus grands pays irrigants sont situés en Extrême-Orient, dans les climats de la mousson. L'Inde arrive en première position dans le monde avec 75,9 millions d'ha. Elle est suivie par les grands pays irrigués d'Extrême-Orient, la Chine (74,9 millions d'hectares) et le Pakistan (19,9 millions ha). Les Etats-Unis d'Amérique (USA) se classent au 3ème rang mondial, avec 26,9 millions ha soit 7,6% de terres irriguées. L'Union européenne (UE) détient 27,21 millions d'hectares (7,6 %), dont 4,12 millions ha en Italie, 3,9 millions ha en Espagne et 2,86 millions ha en France. La Russie a quant à elle converti 4,3 millions ha en irrigation (1,2 % de la superficie totale).

En Afrique, les zones irriguées sont principalement concentrées dans la région de l'Afrique du Nord. L'Égypte se distingue en tête de liste avec 4,01 millions d'hectares irrigués, suivie du Soudan (1,85 million ha), et du Maroc (1,46 million ha).

Dans le contexte global, part relative de la superficie irriguée par rapport à la superficie totale cultivée est estimée à 22.5 %. Cette dynamique présente des variations notables en fonction du continent. L'Asie se distingue comme le seul continent où la superficie irriguée représente une part substantielle des terres cultivées, avec 43,1 % de couverture. En comparaison, les autres continents présentent des pourcentages nettement inférieurs, voire très faibles, s'échelonnant de 15 % pour l'Amérique, 9,4 % pour l'Europe, 9,8 % pour l'Océanie et 5,6 % pour l'Afrique (FAO, 2024).

L'irrigation est une pratique répandue dans la plupart des pays. Elle peut être une nécessité absolue, comme dans les régions arides, ou un moyen d'accroître la productivité dans les zones bénéficiant d'un système d'irrigation complémentaire. Ainsi, il apparaît que la superficie irriguée est concentrée dans un nombre restreint de pays. En effet plus de la moitié allouée à l'Asie et à la région méditerranéenne, où l'on observe la présence de grands pays d'irrigation (Nini, 2021).

Tableau I.1. Surface équipées pour l'irrigation et leur pourcentage des terres agricoles par continent (2022)

Continent	Surface équipée pour l'irrigation (mille ha)	Part de la superficie équipée pour l'irrigation dans l'agriculture (%)
Afrique	17 043	5.6
Amérique	57 675	15.6
Asie	248 645	43.1
Europe	27 216	9.4
Océanie	3 323	9.8
le monde	353 902	22.5

Source : (FAO, 2024)

I.2.2. L'eau allouée pour l'irrigation dans le monde

L'eau joue un rôle crucial en tant qu'intermédiaire dans de nombreux impacts des changements climatiques sur l'agriculture. La pénurie accrue de cette ressource dans de multiples régions du monde constitue un défi majeur pour l'adaptation auxdits changements.

Dans un contexte de compétition entre les usages de l'eau, l'augmentation de volume d'eau utilisée pour l'irrigation qui représente une partie de l'ensemble des prélèvements d'eau

aura une portée limitée, selon les estimations de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, les prélèvements d'eau aux fins d'irrigation augmenteront de 5,5% de 2008 à 2050 (**FAO, 2011**).

L'eau utilisée pour l'irrigation provient de différentes sources. Il s'agit notamment des sources naturelles incluent l'eau de pluie qui dépendent des conditions atmosphériques du secteur. Et l'eau de surface (des lacs et des fleuves), qui est une ressources limitée et exige normalement la construction de barrages et réservoirs avec des incidences significatives sur l'environnement. Ces ressources doivent être utilisées avec précaution. Les sources alternatives d'irrigation proviennent du recyclage de l'eau municipale usée et de l'eau de drainage.

Cependant, l'utilisation d'eau recyclée pour l'irrigation peut avoir quelques impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement, selon la qualité de l'eau recyclée, les caractéristiques du sol, les conditions climatiques et les pratiques agronomiques (**Hadim et Ibouainene, 2020**).

Le stress hydrique a déjà des répercussions sur tous les continents et la pénurie d'eau se manifeste souvent de manière saisonnière, et non chronique. Toutefois, les changements climatiques pourraient altérer la disponibilité de l'eau tout au long de l'année dans plusieurs régions.

L'eau douce se raréfie de plus en plus et menace la durabilité de la planète. L'augmentation de la demande en eau et la dégradation de la ressource en eau douce due à l'urbanisation, à l'agriculture et au changement climatique sont devenue des préoccupations majeures, en particulier dans les régions qui connaissent déjà des conditions de stress hydrique. Plus de 25 % de la population mondiale et plus de 40 % de la production agricole mondiale dépendent fortement de l'extraction non-durable des eaux souterraines (**Levintal et al., 2023**).

Le tableau ci-dessous met en évidence des disparités importantes entre les grandes régions du monde en matière d'irrigation.

L'Asie se distingue par sa forte dépendance à l'irrigation, avec des besoins très élevés. En Afrique, l'Afrique du Nord affiche une pression très élevée, tandis que les autres sous-régions restent moins concernées. En Amérique, les besoins sont notables. Enfin, l'Europe présente une faible dépendance à l'irrigation, sauf dans les zones méditerranéennes. Ces écarts traduisent des différences dans les conditions climatiques et les pratiques agricoles :

Tableau I.2. Taux de besoin en eau et comparaison avec les ressources en eau

Région	Total des ressources en eau renouvelables réelle (km ³ /an)	Besoins en eau d'irrigation (km ³ /an)	Taux de besoin en eau (%)	Prélèvement d'eau d'irrigation (km ³ /an)	Pression sur les ressources en eau douce due à l'irrigation (%)
L'Afrique	5 530,286	82,611	48	171,222	3,1
Afrique du nord	103,265	56,83	72	79,261	76,8
Afrique subsaharienne	5 427,02	25,781	28	91,961	1,7
Afrique centrale	2 856,90	0,273	27	1	0
Afrique de l'Est	337,01	3,051	25	12,081	3,6
Golfe de Guinée	1 110,63	2,128	24	8,849	0,8
Iles de l'océan Indien	339,751	4,53	27	16,612	4,9
Afrique australe	449,28	4,128	27	15,332	3,4
Soudano-sahélien	333,45	11,671	31	38,082	11,4
L'Amérique	24 361,76	195,291	49	397,2	1,6
Amérique du Nord	6 428,20	137,106	57	240,934	3,7
Amérique centrale et Caraïbes	801,66	4,666	26	18,112	2,3
Amérique du Sud	17 131,90	53,519	39	138,154	0,8
Andes	6 324,90	18,225	37	48,777	0,8
Guyane	363	0,695	39	1,793	0,5
Brésil	8 233	15,296	48	31,7	0,4
Amérique du Sud	2 211	19,303	35	55,883	2,5
L'Asie	14 450,72	1 173,51	58	2 025,91	14
Moyen Orient	563,59	118,584	52	226,493	40,2
Proche-Orient	314,067	48,764	49	98,979	31,5
Péninsule arabique	6,244	16,143	55	29,458	471,8
Caucase	105,779	4,492	37	12,056	11,4
Iran	137,5	49,185	57	86	62,5
Asie centrale	314,66	60,621	47	128,654	40,9
Asie du sud et de l'Est	13 572,47	994,309	60	1 670,76	12,3
Asie du sud	3 725,80	531,646	58	912,848	24,5
Asie de l'Est	3 451,65	302,249	70	431,753	12,5
Asie du Sud-Est continentale	3 300,30	78,25	48	164,231	5
Asie du Sud-Est maritime	3 094,72	82,163	51	161,932	5,2
L'Europe	7 417,71	43,671	63	69,181	0,9
Europe occidentale et centrale	2 627,30	33,513	61	54,592	2,1
Europe centrale	656,12	0,681	41	1,654	0,3
Europe Méditerranéenne	494,681	30,042	62	48,29	9,8
Europe du Nord	672	0,188	61	0,307	0
Europe de l'Ouest	804,5	2,602	60	4,342	0,5
Europe de l'Est et Fédération de Russie	4 790,41	10,158	70	14,589	0,3
L'Océanie	819	5,384	59	9,125	1,1
Le Monde	52 579,47	1 500,46	56	2 672,64	5,1

Source : (FAO, 2012)

I.3. L'irrigation en Algérie

En Algérie, le développement de l'irrigation est un enjeu crucial dans la stratégie nationale d'aménagement du territoire et de développement rural. Toutefois, la réussite de cette stratégie dépend principalement de la mobilisation et de l'utilisation rationnelle des ressources en eau.

En Algérie, les réserves hydriques sont rares et sujettes à d'importantes fluctuations annuelles et interannuelles. En outre, le pays est confronté à des années sèches récurrentes, caractéristiques du climat semi-aride méditerranéen. Par ailleurs, la gestion de ces ressources s'inscrit dans un contexte de concurrence entre les différents secteurs de développement, en raison de l'augmentation des besoins et de la répartition parfois délicate de cette ressource **(Nini, 2021)**.

La superficie équipée pour l'irrigation dans notre pays s'élève à presque 1,4 million d'hectares, ce qui représente 16,30 % de la superficie agricole utile (SAU) **(FAO, 2024)**. Celle-ci s'étend sur une surface de l'ordre de 8,56 millions d'hectares, soit 19,50 % de la superficie agricole totale (SAT) qui est de l'ordre de 44.00 millions d'ha **(MADR, 2021)**.

I.3.1. Les périmètres irrigables en Algérie

En Algérie, il existe plusieurs périmètres irrigués et gérés par l'Office National de l'Irrigation et de Drainage.

Le tableau ci-dessous présente huit périmètres irrigués, totalisant une superficie équipée de 121 047 hectares, présentant une diversité notable en termes de localisation et d'ancienneté de leurs systèmes d'irrigation. Certains de ces périmètres ont été mis en service dès les années 1940, tandis que d'autres sont beaucoup plus récents. Cette hétérogénéité se reflète également dans l'étendue des superficies irriguées, qui varient considérablement d'une région à l'autre, allant de 5 100 à 37 000 hectares.

L'approvisionnement en eau de ces zones agricoles cruciales repose sur diverses sources, notamment les barrages, les nappes phréatiques, les rivières et, dans certains cas, les précipitations.

Il est important de souligner le rôle prédominant des barrages comme principale source d'irrigation pour nombre de ces vastes étendues cultivées. Ces différences illustrent bien la variété des contextes régionaux en matière de développement et de gestion de l'irrigation.

Tableau I.3. Les caractéristiques des périmètres irrigués en Algérie

Périmètres	Localisation	L'année de mise en service	La superficie équipée	La ressource d'eau d'irrigation
Mina	La wilaya de Rélizane à l'ouest de l'Algérie	1943	13647 ha dont 8200 ha irrigables	Barrage de Sidi M'hamed Ben Aouda
Bas Cheliff	La wilaya de Cheliff en Amont du moyen Cheliff	1941	37000 ha dont 20300 ha irrigables	Barrage Ghrib et Deurdeur
Hamiz	L'Est de la plaine de Mitidja dans la wilaya d'Alger	1937	12000 ha	Barrage de Hamiz, des nappes souterraines et du lacs de Reghaia
Mitidja ouest	La wilaya de Blida	1988	8600 ha	barrage de Bouroumi et des nappes souterraines
Bouamoussa	Entre EL-Taref et Annaba au Nord Est de l'Algérie	1977	16500 ha	La pluviométrie dans cette région varie entre 1000 et 1800 mm
Hābra	Mohammedia à l'ouest de l'Algérie	1942	20000 ha dont 19610 ha irrigables	Barrage de Bouhanifa Ouizert et Fergoug
Sig	Mascara à l'ouest de l'Algérie	1946	8200 ha	Barrages de Sarno et Cheurfa 2
Maghnia	Tlemcen au Nord-Ouest de l'Algérie	1974	5100 ha	Barrage de Beni Bahdel et des nappes souterraines

Source : (Hadim et Ibouainene, 2020)

I.3.2. Les grands périmètres irrigués (GPI)

Les grands périmètres d'irrigation couvrent une superficie équipée d'environ 190 728 ha (PNE, 2010). Alimentés essentiellement à partir de barrages et de forages dans le nord du pays, ainsi que de forages profonds exploitant les nappes souterraines de l'Albien dans le sud. Ces périmètres relèvent de l'État et sont gérés par l'Office national des irrigations et de drainage (ONID) (Allouche, 2015).

On peut classer les périmètres d'irrigation en deux catégories principales (Boulahia, 2016) :

- les anciens périmètres hérités de l'époque coloniale qui utilisent un système d'irrigation gravitaire traditionnel (canaux et seguia).
- les périmètres récents créés après l'indépendance où domine une technique d'irrigation moderne (l'aspersion).

Tableau I.4. Les Superficies des Grands périmètres d'irrigation (GPI) équipées et irrigables par grande région

Région	Superficies équipées (ha)	Superficies irrigables (ha)	Superficies irriguées (ha)	Proportions équipées %	Irrigables équipées %	Irriguées équipées %
Oran	28 930	13 500	9 459.50	15.2	46.7	32.7
Chlef	75 438	61 383	11 513.54	39.6	81.4	15.3
Alger	44 088	34 963	3 717.11	23.1	79.3	8.4
Constantine	34 612	30 446	8 460.42	18.1	88.0	24.4
Sahara	7 660	6 939	6 772	4.0	90.6	88.4
Total	190 728	147 231	39 922.57	100	77.2	20.9

Source : (PNE, 2010)

Des variations significatives dans la répartition, la préparation et l'exploitation des zones agricoles pour l'irrigation entre cinq régions d'Algérie. Chlef et Alger sont en tête en termes de superficies équipées, mais le Sahara est le plus efficace dans l'exploitation de son équipement limité, avec un taux d'irrigation réel de 88,4%. En revanche, Alger a enregistré le taux d'exploitation le plus faible, soit 8,4%.

Le Sahara est également en tête en termes de pourcentage de terres irrigables préparées (90,6%), tandis qu'Oran enregistre le pourcentage le plus bas (46,7%). Bien que Chlef possède la deuxième plus grande superficie irrigable, la superficie irriguée réelle reste modeste.

L'efficacité de l'exploitation des ressources d'irrigation varie considérablement selon les régions, le désert démontrant une bonne gestion des ressources disponibles, tandis que d'autres régions dotées d'infrastructures étendues doivent améliorer la gestion des réseaux d'irrigation et encourager leur utilisation efficace.

I.3.3. La petite et moyenne hydraulique en Algérie (PMH)

L'irrigation en Algérie s'est principalement développée à travers la petite et moyenne hydraulique (PMH), qui représente aujourd'hui la majeure partie des superficies irriguées. On retiendra que la PMH collective couvrait plus de 300 000 ha dans l'inventaire des aires irriguées, représentant d'ailleurs près de 88 % de la superficie totale irriguée dans le pays (PNE, 2010).

Cependant, ce mode de développement, basé en grande partie sur des forages et des puits, soulève des questions sur sa viabilité, en particulier dans certaines régions. Les études réalisées mettent en évidence une expansion désorganisée, marquée par la multiplication de

milliers de forages et de puits, dont la surexploitation met en péril les ressources en eau souterraine à long terme.

Quant à l'irrigation à partir des ressources de surface, environ un mille de retenues collinaires ont été construites. Cependant, ces infrastructures, souvent construites sur la base d'études insuffisantes, ont entraîné des pertes importantes (**Boulahia, 2016**).

Tableau I.5. Répartition territoriale des superficies de PMH selon le mode d'irrigation

Région SAU	Irriguée (ha)	Gravitaire (%)	Aspersion (%)	Localisé (%)	Citernes (%)
Nord	221200	62	22	15	0.9
Hauts Plateaux	258482	64	16	20	0.4
Sud	216699	70	7	23	0.0
Total	696 380	65	15	19	0.4

Source : (PNE, 2010)

Parmi les quatre grands modes d'arrosage, l'irrigation gravitaire est encore le plus répandu, couvrant 65 % de la surface irriguée. Cette proportion moyenne à l'échelle nationale est cependant variable, avec 70 % dans les régions sahariennes et 62 à 64 % dans le nord et les Hauts-Plateaux.

L'irrigation par aspersion concerne 15 % des surfaces irriguées, avec 22 % dans le nord, 16 % sur les Hauts-Plateaux et 7 % dans le sud. Le nord est la région où l'on observe la plus forte utilisation de ce mode d'irrigation, ce qui est cohérent au regard du caractère spécifique de ses coteaux.

L'irrigation localisée s'est surtout développée dans les régions sahariennes et les Hautes-Plaines intérieures, avec 20 à 23 % des surfaces irriguées, et 15 % dans le nord.

L'utilisation des citernes reste marginale, avec seulement 0,4 % des surfaces irriguées, et aucune dans la région sud. Ce mode d'arrosage est encore une réponse individuelle à une demande d'eau non satisfaite par les moyens d'allocation existants, notamment pour les agriculteurs n'ayant pas accès à l'eau d'irrigation.

I.3.4. L'eau allouée pour l'irrigation en Algérie

En Algérie, l'eau est une ressource vitale et rare pour tous les groupes de consommateurs, en particulier les agriculteurs, qui représentent le segment le plus important en termes de consommation et contribuent significativement à l'économie nationale. Le secteur agricole contribue à environ 12,20 % du produit intérieur brut (PIB) et offre des opportunités d'emploi à environ 25 % de la population active (**Bessaoud et al., 2019**).

Cependant, ce secteur est confronté à des défis importants en raison de ressources en eau limitées, ce qui rend difficile l'autosuffisance agricole et la sécurité alimentaire. Cela est dû à la pénurie d'eau allouée à l'irrigation, notamment au vu de la diversité climatique qui s'étend du nord méditerranéen humide aux régions arides et semi-arides de l'intérieur et du sud, où les précipitations annuelles moyennes ne dépassent pas 89 mm (FAO, 2015).

Pour relever ces défis, l'adoption de technologies d'irrigation modernes, telles que l'irrigation goutte à goutte et par aspersion, est devenue essentielle, compte tenu de leur impact positif sur l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau, l'augmentation de la productivité agricole et la réduction du gaspillage d'eau. L'Algérie a reconnu très tôt l'importance de soutenir cette tendance, en lançant des programmes de soutien à l'irrigation dès 2000 pour stimuler l'activité agricole et assurer la durabilité. Cependant, ces programmes nécessitent une évaluation minutieuse de leurs répercussions potentielles, notamment pour déterminer s'ils ont entraîné une augmentation globale de la consommation d'eau malgré l'amélioration de l'efficacité des technologies utilisées (Belaidi et Benmehaia, 2023).

Les ressources en eau disponibles en Algérie sont classées en deux grandes catégories (Bouketta et Belaib, 2020) :

- Les ressources non conventionnelles, notamment l'eau de mer dessalée et les eaux usées traitées.
- Les ressources naturelles, notamment les eaux de surface et souterraines qui dépendent des précipitations. En 2020, l'Algérie disposait de 19,2 milliards de m³/an de ressources en eau souterraines et superficielles, limitées et réparties de manière inégale, comme le montre le tableau au-dessous :

Tableau I.6. Les ressources hydriques en Algérie en milliards de m³

Ressources hydrique	Ressources superficielles (en milliards de m ³ /an)	Ressources souterraines (en milliards de m ³ /an)	Totales par région (en milliards de m ³ /an)
Région du Nord	12	2	14
Région du Sud	0.2	5	5.2
Total	12.2	7	19.2

Source : MRE, (Hadim et ibouainene, 2020)

Le tableau compare les ressources hydriques entre le Nord et le Sud de l'Algérie, en milliards de m³ par an. Le Nord dispose de ressources superficielles beaucoup plus élevées (12 milliards de m³/an) que le Sud (0.2 milliards de m³/an), mais le Sud compense avec des ressources souterraines plus importantes (5 milliards de m³/an) contre (2 milliards de m³/an)

pour le Nord. Au total, le Nord a 14 milliards de m³/an et le Sud 5.2 milliards de m³/an, soit un total national de 19.2 milliards de m³/an. Cela révèle une répartition inégale de l'eau, avec des implications pour la gestion de cette ressource essentielle.

I.4. L'irrigation dans la wilaya de Skikda

L'agriculture dans l'État de Skikda représente un secteur d'importance majeure pour l'économie locale, caractérisé par une production diversifiée, fruit de l'influence conjointe de la géographie et du climat régionaux.

La ville de Skikda située au nord-est de l'Algérie, sur la côte méditerranéenne avec un climat méditerranéen. Avec une SAT de 193 023 ha, soit 0,4 % de la SAT de l'Algérie, et une SAU de 131 829 ha estimée à 68,3 % de la SAT, le total des cultures irriguées s'élève à 30 041 ha (MADR, 2021).

L'Onid gère au niveau de la Wilaya de Skikda trois grands périmètres d'irrigation à savoir : Saf-Saf, Collo et Zit El Emba, d'une superficie équipée totale de 12 931 ha dont 11 906 ha irrigables (ONID, 2025), qui se présente dans le tableau suivant :

Tableau I.7. Les grands périmètres irrigués dans la wilaya de Skikda

Périmètres	L'année de mise en service	La superficie	Ressource en eau
Saf-Saf	1993	5656 ha équipées, dont 5386 irrigables	Les eaux régularisées des barrages Guénitra et Zerdazas
Zit Emba	La première tranche en 2007 La deuxième tranche en 2022	6075 ha équipées, dont 5560 irrigables	Les eaux régularisées du barrage Zit Emba
Collo	2016	1200 ha équipées, dont 960 irrigable	Les eaux régularisées du barrage Beni Zid

Source : (ONID, 2025)

I.4.1. Les plaines irrigables dans la wilaya de Skikda

La région de Skikda compte plusieurs plaines irrigables, celles-ci sont alimentées par un système d'oueds et des barrages qui en assure l'approvisionnement en eau. Parmi les plus importants, on peut citer :

- **La plaine de la vallée du Saf-Saf** : Réparti sur les communes de Skikda, Hamadi Krouma, Ramdane Djamel, Salah Bouchaour, Emdjez Edchiche et El Harrouch, arrosée par les barrages Guénitra et Zerdazas (ONID, 2025).
- **La plaine de la Vallée de l'oued El-Kébir** : situé en rive Sud-Est de la wilaya de Skikda, s'est formée par l'alluvionnement intense des dépressions côtières, caractérisée par une pente relativement faible vers la mer et par la présence de marais dans la partie avale, avec

une zone climatique humide, de grandes plaines alluviales et d'importantes nappes d'eau souterraines. Son cours d'eau principal est l'oued Kébir Ouest (**Benrabah et al., 2013**).

- **La plaine de la Vallée de L'oued Guebli** : Débutent à Oum Toub, s'évasent au niveau de Tamalous, s'effilent jusqu'à Collo ou elles s'évasent de nouveau (**Benamira, 2017**).
- **La plaine d'Azzaba** : Arrosée par l'Oued El-Kébir, elle s'étend d'es-sebt à Azzaba jusqu'à Djendel où elle présente un étranglement débouchant à Ain Charchar et Bekkouche Lakhdar (**Benamira, 2017**).
- **La plaine d'El-Hadaik** : Situé au sud-est de la ville de Skikda, Arrosée par les puits de la nappe d'El Hadaiek (**Khedimallah, 2015**).
- **La plaine de Ben Azzouz** : située à l'est de la ville de Skikda Arrosée par le barrage Zit Emba (**Hedjal, 2019**).

I.4.2. Ressources en eau à Skikda

I.4.2.1. Ressources naturelles en eau

Les ressources hydriques se divisent en deux types, les sources souterraines et les sources de surface (**Omrani, 2018**) :

I.4.2.1.1. Eaux souterraines

Les réserves souterraines de la wilaya de Skikda proviennent essentiellement des différents ouvrages de captage localisés dans les plaines. Ces ouvrages captent principalement des terrains sédimentaires formés d'alluvions ou des terrains métamorphiques. Les sources sont de moindres importances vues leurs débits d'exploitation.

I.4.2.1.1.1. Les forages

La majorité du potentiel hydrique souterrain est extraite par pompage à partir d'une batterie de forages implantée surtout dans les alluvions des grandes plaines (plaine de Zeramna, Skikda, Tamalous, Collo, Azzaba).

Actuellement, il y'a 127 forages déclarés, dont 72 sont destinés à l'AEP, 16 pour l'AEI, 20 pour l'AEA. Ces forages en service mobilisent un volume total de 59 Mm³/an.

I.4.2.1.1.2. Sources naturelles

Les sources sont au nombre de 53, dont la plupart sont captée pour assurer l'alimentation en eau potable des communes ou elles se trouvent, avec des débits dépassant parfois 10 l/s. le débit total capté dans toute la wilaya est de 193.6 l/s. Le plus grand nombre de sources se trouve dans la Daira de Ouled Attia (13), dont le débit total capté est de 52.2 l/s.

viennent ensuite Ain Kechra, El Harrouch, Zitouna et Sidi Mezghich avec 8, 7,7 et 6 sources captant un débit total de 103 l/s.

I.4.2.1.2. Eaux de surface

La ressource hydrique superficielle comprend toutes les eaux des oueds, barrages et retenues collinaires, destinées majoritairement à l'irrigation :

I.4.2.1.2.1. Les Barrages

La Province de Skikda compte quatre (04) grands barrages, leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau

Tableau I.8. Les caractéristiques des 4 grandes barrages de Skikda

Nom du barrage	Année de mise en eau	Localisation	Capacité	Utilisation pour l'irrigation
Guénitra	1984	Edifié sur l'Oued Fessa, situé à côté d'Oum Toub, à 50 km au sud-ouest de la ville de Skikda	117.82 hm ³	L'irrigation de 6.565 ha du périmètre de Saf-Saf
Zit Emba	2001	Situé sur l'Oued Hamman, à 2 km de Bekkouche-Lakhdar	116.59 hm ³	L'irrigation de 6.800 ha des plaines de Ben-Azzouz et Zit-Emba
Zerdaza	1945	Situé à l'Est d'El-Harrouch et à 30 km de skikda	13.12 hm ³	L'irrigation de 9.080 ha du périmètre oued Saf-Saf
Beni Zid	2002	Situé à 20 km de Collo	39.39 hm ³	L'irrigation des terres de la plaine de Collo

Source :(ANBT, 2024 ; ONID, 2025)

I.4.2.1.2.2. Les Oueds

La zone de Skikda compte un réseau hydrographique dense, alimenté principalement par les eaux de pluies, d'Est en Ouest on trouve :

- **L'oued Kebir Ouest** : L'oued Kebir Ouest prend sa source au nord du djebel Boutellis, dans la région de Guelma, et s'écoule en direction du nord-sud sur une longueur approximative de 48 km, avec deux principaux affluents, l'oued Aneb et l'oued Fendek. Il draine les bassins d'Azzaba, Essebt et la plaine de Guerbez.
- **L'oued Safsaf** : C'est le principal oued du bassin versant de Safsaf. Il prend sa source dans les monts de Constantine et coule dans le sens nord-sud sur 53,19 km. Ses principaux affluents sont l'oued Zeramna et l'oued Haddaratz. Il draine la plaine de Zeramna, El Harrouch et Ramdan Djamel.

- **L'oued Guebli** : Il prend naissance au sud de la région d'Oum Toub et coule dans le sens sud-nord, traversant les plaines de Tamalous et de Collo avant de rejoindre la mer. Il mesure approximativement 38 km de long et est alimenté par les principaux affluents que sont l'oued Guergoura et l'oued Fessa. Il draine les plaines de Tamalous et Collo. Et des oueds secondaires tels que :
 - L'oued Bibi au Nord entre le cap Bougaroun et côtier Filfila.
 - L'oued Zhour au Nord Est dans le côtier cap Bougaroun.
 - L'oued Ghira dans le côtier de Filfila au Nord-ouest

I.4.2.1.2.3. Les retenues Collinaires

Les retenues collinaires de la wilaya de Skikda sont essentiellement destinées à l'irrigation des petits et moyens périmètres ainsi qu'à l'abreuvement du cheptel. Elles sont au nombre de 32 depuis les années 80 et mobilisent un volume d'eau de surface d'environ 4,4 Mm³/an.

Actuellement, seules 12 retenues sur les 24 existantes sont encore en service (bon état des digues), et fournissent près de 1,47 Mm³/an. Ainsi, avec la détérioration d'une vingtaine de retenues, l'apport en eau de surface a considérablement diminué, passant à moins de la moitié.

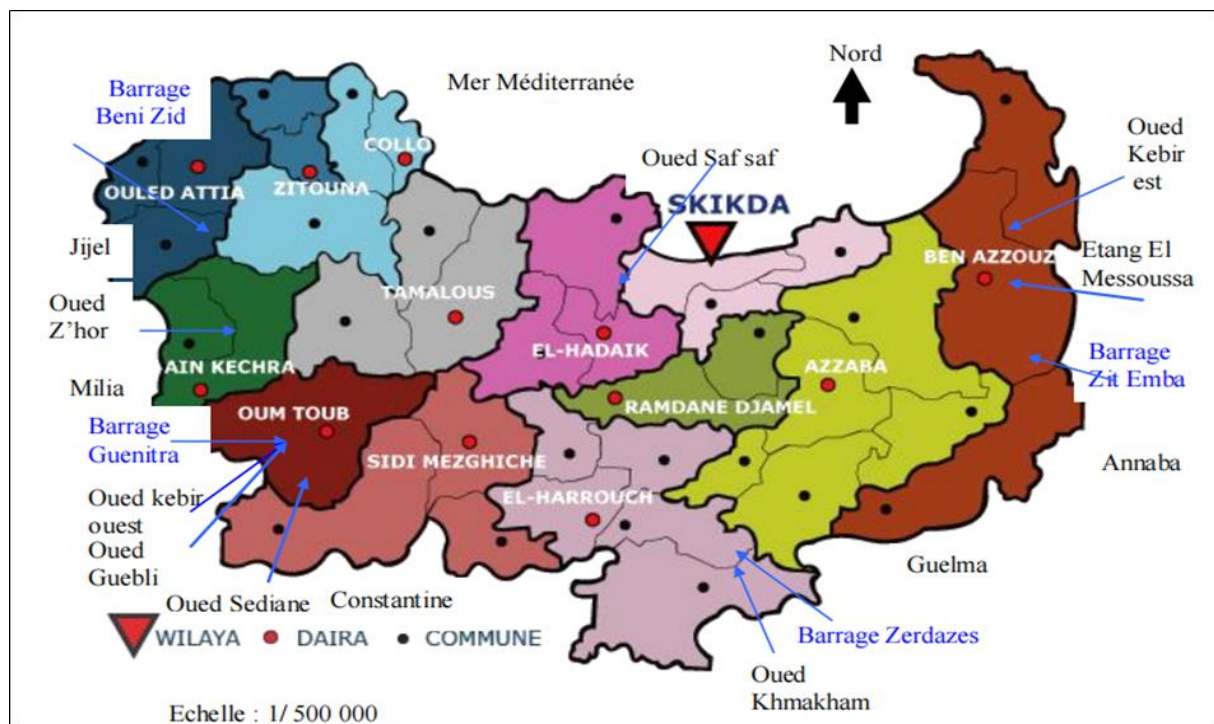


Figure I.1. Carte représentant la région de Skikda, ses limitations territoriales et les Situations des 4 barrages, 9 oueds et 3 étangs (Tandjir, 2007)

I.4.2.2. Ressources en eau non conventionnelles

I.4.2.2.1. Traitement des eaux usées

La réutilisation des eaux usées épurées s'est imposée comme un axe majeur de la politique de l'eau. Cette démarche s'avère essentielle pour répondre à la croissance des besoins en eau du secteur agricole. La réutilisation des eaux usées épurées (REUE) est une pratique qui, par définition, est volontaire et planifiée. Elle a pour objectif de produire des quantités complémentaires en eau destinées à différents usages (Djaffar, 2015).

I.4.2.2.2. Dessalement de l'eau de mer

La stratégie des stations de dessalement est considérée comme une option pour sécuriser l'alimentation en eau potable des villes côtières et intérieures. Elle permet également d'atteindre les objectifs de développement (une partie significative de la demande en eau potable est sécurisée, à hauteur de 25 %, et des barrages anciennement affectés à l'AEP deviennent disponibles pour l'irrigation).

Ce programme stratégique permet au pays de ne plus dépendre des précipitations pour l'alimentation en eau potable, ce qui représente un défi face à la croissance démographique (Djaffar, 2015).

À Skikda, la station de dessalement, opérationnelle depuis 2009 et gérée par un consortium Algéro-Espagnol, traite environ 200 000 m³ d'eau par jour. 30 % du volume est destiné à l'usine pétrochimique, tandis que les 70 % restants sont destinés à l'alimentation de plusieurs communes. Malgré son rôle crucial dans la lutte contre les pénuries, la région souffre toujours d'une grave crise.

Les perturbations fréquentes de l'alimentation en eau potable, causées par divers facteurs, ont soulevé des interrogations quant à l'efficacité du projet de raccordement des communes de Skikda, Filfila, El Harrouch, Hamadi Krouma et d'autres au réseau d'eau dessalée (Saheb, 2023).

I.5. Les réseaux d'irrigation

Dans le cadre de l'exploitation agricole, la distribution de l'eau aux aires d'irrigation peut s'opérer selon plusieurs modes. Il est possible de discerner une distinction entre le degré d'équipement, souvent étroitement associé au système de distribution, qu'il soit individuel ou collectif. Les zones d'irrigation pourvues de tous les équipements nécessaires sont généralement le résultat d'une gestion collective de la ressource en eau.

Parallèlement, une distinction peut être établie entre les modes de transport et de distribution de l'eau à l'intérieur de l'aire d'irrigation. Ces modes comprennent l'utilisation de canaux en terre, revêtus ou autoportés, ainsi que de canalisations à haute ou basse pression. Il convient de noter qu'il existe une correspondance entre chaque type de réseau ou de système de distribution et un type de gestion hydraulique spécifique (PNE, 2010). Par exemple, la conduite de refoulement et adduction du réseau d'irrigation de périmètres Saf-Saf est en béton et en acier DN 1000 à 1500 mm, tandis que celle de distribution est en : béton, fonte, AC et PEHD DN 100 à 1500 mm (ONID, 2025).

Il a été constaté que, dans les régions agricoles du nord, pour diverses raisons (type de cultures pratiquées, ressource en eau limitée, etc.), seule une fraction de l'aire d'irrigation était effectivement irriguée. Dans ce contexte, il est courant d'observer une rotation des cultures et des parcelles irriguées d'une année à l'autre (PNE, 2010).

Il existe plusieurs matériaux, chacun ayant ses avantages selon les besoins agricoles. Voici un aperçu des principaux types des matériaux utilisés pour l'irrigation (Charton et al., 2013) :

I.5.1. Les matériaux des conduites

- **Le PVC :** Le PVC est léger, facile à poser. C'est une matière qui se dégrade à la lumière, es conduites doivent donc être enterrées. Les conduites PVC sont des tubes rigides de 4 ou 6 m, à emboîtement avec joint d'étanchéité ou à coller. Elles sont sensibles aux chocs et à l'écrasement. Dans les tranchées, préférer l'emboîté au collé ! C'est plus facile et plus fiable, En aérien, le PVC collé, moins cher, peut être utilisé. Mais en enterré, il est conseillé d'utiliser des accessoires en fonte à joint, adaptée aux conduites PVC et plus fiable que le PVC collé.
- **Le PET :** Le PET (polyéthylène) est une matière semi-souple, noire, qui supporte assez bien la lumière, les chocs et l'écrasement. On peut l'installer à l'air libre. Cependant, il est déconseillé de le laisser en plein soleil. Les températures extrêmes lui font perdre ses qualités de résistance à la pression. Les tuyaux se présentent en couronne de 50 ou 100 m de long. La manipulation des couronnes à partir d'un diamètre 50 mm est assez pénible, surtout par temps froid ; un tracteur peut être nécessaire pour dérouler la couronne. Pour les gros diamètres (≥ 90 mm), on peut opter pour les barres de 6, 9 ou 12 m, soudées sur place. Mais, cela nécessite un matériel spécifique. Les raccords à compression permettent de faire tous les montages classiques : coudes, réductions, dérivations, colliers de prise en charge.

I.5.2. D'autres matériaux disponibles

- **L'acier galvanisé :** À utiliser quand on ne peut pas enterrer le tuyau, ou que l'on souhaite pouvoir démonter le réseau. Il résiste à de fortes pressions, supérieures à 10bar. Il est disponible en tubes 6 ou 9 m. À forte pression, préférer les raccords à crochets qui ne se déboîtent pas.
- **L'acier soudé :** On l'utilise surtout en tête de réseau, au niveau des réserves ou des stations de pompage. Il est très résistant à la pression et aux chocs, mais il est sensible à la corrosion. En extérieur, il doit être protégé par un revêtement goudronné.
- **La fonte :** Utilisée au-delà de $\varnothing 150$ car très coûteuse sur les petits diamètres. Elle résiste aux chocs et à la pression (25 bar) mais lourde, elle nécessite un engin de levage.

I.6. Les systèmes d'irrigation

Un système d'irrigation peut être défini comme l'ensemble des éléments et des processus qui permettent la distribution d'eau aux cultures. Il englobe la gestion des ressources en eau, les méthodes de distribution et de stockage, ainsi que les infrastructures de distribution. En outre, il inclut également le mode d'arrosage choisi, qui peut varier en fonction des besoins spécifiques de chaque culture. Dans le contexte d'un parcellaire et d'un système cultural irrigué, il est possible d'observer une diversité dans la configuration des systèmes. Ces derniers peuvent présenter une simplicité, caractérisée par la présence d'un seul type de ressource en eau et d'un seul mode de mobilisation, d'adduction, de distribution et d'arrosage à la parcelle. En outre, il est possible d'observer des systèmes plus complexes, impliquant plusieurs types de ressources mobilisées et plusieurs modes de distribution/arrosage combinés au niveau d'une même exploitation.

L'irrigation est un système qui fait intervenir des processus technologiques (hydraulique, agronomie), des rapports économiques, culturels et sociaux, ainsi que des modes organisationnels et institutionnels. On distinguera les systèmes d'irrigation individuels, dans lesquels chaque exploitation est autonome depuis la mobilisation de la ressource en eau jusqu'à l'arrosage à la parcelle, et les systèmes d'irrigation collectifs, dans lesquels une partie du système comprend des équipements et des modes de gestion collectifs impliquant plusieurs exploitations, depuis le mode de mobilisation de la ressource en eau (**PNE, 2010**).

Les systèmes d'irrigation de précision comprennent plusieurs types, chacun ayant ses propres caractéristiques et avantages. Ces systèmes sont conçus pour optimiser l'utilisation de l'eau, améliorer la productivité des cultures et réduire l'impact sur l'environnement. Voici une

exploration détaillée des principaux types de systèmes d'irrigation de précision (**Mushtaq et al., 2024**) :

I.6.1. Systèmes d'irrigation de surface

Les systèmes d'irrigation de surface sont une catégorie de méthodes d'irrigation agricole où l'eau est distribuée et appliquée directement à la surface du sol pour fournir aux cultures l'humidité nécessaire. Contrairement à l'irrigation souterraine par goutte-à-goutte ou par aspersion, les systèmes d'irrigation de surface s'appuient sur l'écoulement naturel de l'eau à travers le champ ou à travers un réseau de canaux ou de fossés. Ces systèmes sont couramment utilisés dans l'agriculture et constituent l'une des formes d'irrigation les plus anciennes et les plus répandues.

I.6.2. Irrigation au goutte-à-goutte

L'irrigation au goutte-à-goutte est une méthode très efficace et précise d'apport d'eau et de nutriments directement à la zone racinaire des plantes, garantissant qu'elles reçoivent l'humidité et les nutriments nécessaires à une croissance optimale. Ce système d'irrigation a été largement adopté dans l'agriculture en raison de ses capacités d'économie d'eau et d'amélioration de la productivité. Les types d'irrigation goutte à goutte est :

- **Irrigation goutte à goutte de surface :** L'irrigation goutte à goutte de surface est une méthode d'irrigation agricole dans laquelle l'eau est acheminée directement à la surface du sol par un réseau de tuyaux et d'émetteurs, Contrairement à l'irrigation goutte à goutte sous la surface, l'irrigation goutte à goutte de surface est une méthode d'irrigation agricole où l'eau est délivrée directement à la surface du sol par un réseau de tuyaux et d'émetteurs. L'irrigation goutte à goutte de surface est appréciée pour son efficacité et sa précision dans l'apport d'eau et de nutriments aux cultures, ce qui favorise une croissance saine des plantes et préserve les ressources en eau. Elle est largement utilisée dans diverses applications agricoles, notamment dans les cultures en ligne, les vergers, les vignobles et les jardins, et s'adapte à un large éventail de types de cultures et de conditions de sol.
- **Irrigation goutte à goutte sous la surface :** L'irrigation goutte à goutte sous la surface (SDI) est une méthode d'irrigation agricole efficace qui utilise des tuyaux enterrés avec des émetteurs qui fournissent de l'eau et des nutriments directement à la zone racinaire des cultures, Elle minimise le gaspillage d'eau, réduit l'évaporation et le ruissellement, et permet un contrôle précis de l'apport d'eau et de nutriments, ce qui améliore la santé et le rendement des cultures. Ils peuvent également contribuer à lutter contre les mauvaises

herbes et à réduire le risque de certaines maladies des cultures, bien qu'elles nécessitent un investissement initial et une évaluation de l'adéquation pour une performance optimale dans des contextes agricoles spécifiques.

I.6.3. Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est une méthode polyvalente qui permet d'arroser les cultures en simulant les précipitations naturelles. Elle est largement utilisée dans l'agriculture pour distribuer efficacement l'eau dans les champs, les vergers et les jardins. Les systèmes d'irrigation par aspersion se présentent sous différentes configurations, chacune étant conçue pour répondre à des besoins spécifiques. , une méthode moderne et efficace pour irriguer les zones agricoles en dispersant uniformément l'eau sur les cultures.

CHAPITRE II

Présentation du périmètre Saf-Saf

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PERIMETRE SAF-SAF

II.1. Situation géographique du périmètre Saf-Saf

Le périmètre est situé dans la willaya de Skikda réparti sur les communes concernées de Skikda commune Hamadi Krouma, Ramdane Djamel, Salah Bouchaour, Emdjez Edchiche et El Harrouch couvrant une superficie totale de 5654 ha.

Le siège administratif du périmètre géré par l'office national de l'irrigation et du drainage (ONID) est localisé dans la daïra d'El Harrouch sur la limite de la commune de Salah Bouchaour avec celle d'Emdjez Edchiche.

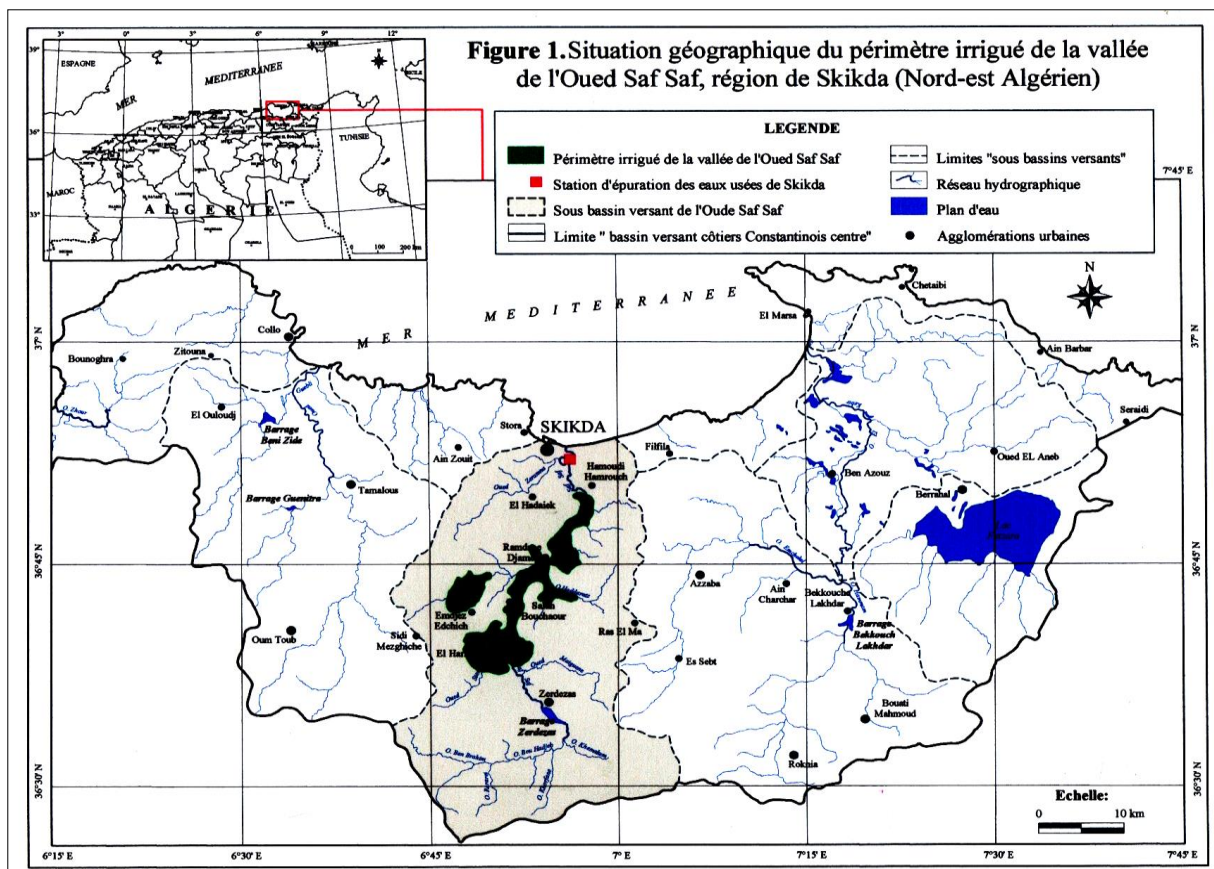


Figure II.1. Situation géographique du périmètre irrigué de la vallée de l'Oued Saf-Saf (région de Skikda Nord-Est algérien)

II.2. Exploitation du périmètre Saf-Saf

L'exploitation du périmètre a été mise en service pour le secteur IV d'Emdjez Edchiche en 1991 pour le secteur III d'El Harrouch en 1996, puis pour le secteur II de Salah Bouchaour en 2004. Le secteur I de Skikda a connu un problème de dotation en eau à partir du barrage des Zerdezas ou un essai remise en service a eu lieu en 2009.

II.3. La limite de la zone d'étude

Le terrain sur lequel nous avons effectué notre étude est le périmètre SAF-SAF, situé dans la wilaya de Skikda, et d'une superficie de 5654 ha, qui est partagé entre quatre secteurs qui sont :

Tableau II.1. Les différents secteurs du périmètre Saf-Saf par localisation

Secteurs	Superficie (ha)		Localisation
	Equipé	Irrigable	
Secteur I	1720	1600	Ramdane Djamel
Secteur II	1591	1428	Salah Bouchaour
Secteur III	1023	832	El Harrouch
Secteur IV	1320	1240	Emdjez Edchiche
Total	5654	5100	/

Source : (ONID, 2025)

II.4. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

Les facteurs climatiques influencent fortement le régime des cours d'eau et peuvent, selon les conditions, favoriser la recharge des nappes souterraines, notamment lors des précipitations abondantes (Soltner, 1999).

Tableau II.2. Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Skikda (2009 - 2018)

Mois	T° moyenne (C°)			Précipitation (mm)	Humidité %	Vent (m/sec) Vitesse Moy	Evaporation (mm)
	Mini	Max	Moy				
Janvier	9.61	17.17	12.67	116.03	67.55	3.8	43.48
Février	8.81	16.35	13.3	116.94	69.11	3.99	40.33
Mars	10.97	40.75	14.52	82.26	68.44	3.46	48.8
Avril	13.27	20.67	16.73	47.94	70.55	3.32	47.35
Mai	15.78	23.25	19.17	37.43	70.87	3.3	53.33
Juin	19.28	26.45	22.91	6.3	69.66	3.2	68.65
Juillet	22.37	29.12	25.77	1.64	67.88	3.22	73.9
Août	23.04	30.03	26.37	17.38	69.88	3.16	80.28
Septembre	21.2	28.16	24.24	55.95	69.38	3.22	69.07
Octobre	18.13	28.62	21.68	85.83	68.22	3.41	67.71
Novembre	14.02	21.8	17.36	103.08	66.88	3.36	57.64
Décembre	9.71	18.87	13.53	98.55	71.77	3.64	44.92

II.4.1. Température

La température est un élément fondamental du climat, influençant directement, en combinaison avec d'autres facteurs comme l'humidité et les précipitations, la croissance de la végétation ainsi que le processus d'évapotranspiration. Elle intervient également dans la régulation du cycle de l'eau (Belabed, 2010).

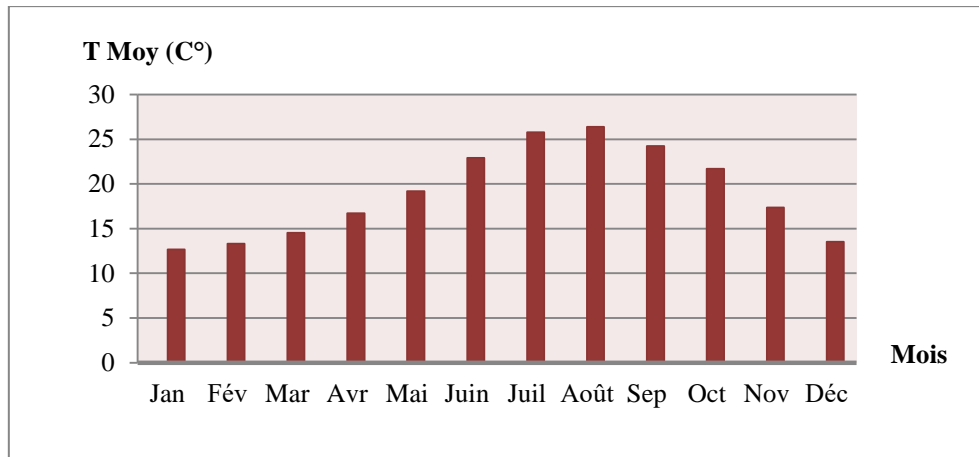


Figure II.2. Température mensuelle en (°C) durant la période (2009-2018)

Le graphique montre la température moyenne mensuelle (en °C) sur la période de 2009 à 2018. On observe une augmentation progressive des températures de janvier à juillet, atteignant un pic en juillet et août, suivie d'une diminution régulière jusqu'en décembre.

II.4.2. Précipitation

Le bassin versant de l'Oued Saf-Saf, au nord-est de l'Algérie, connaît un climat méditerranéen avec des pluies concentrées en saison humide et fraîche, tandis que la saison sèche, plus chaude, est presque sans précipitations (Maou, 2011).

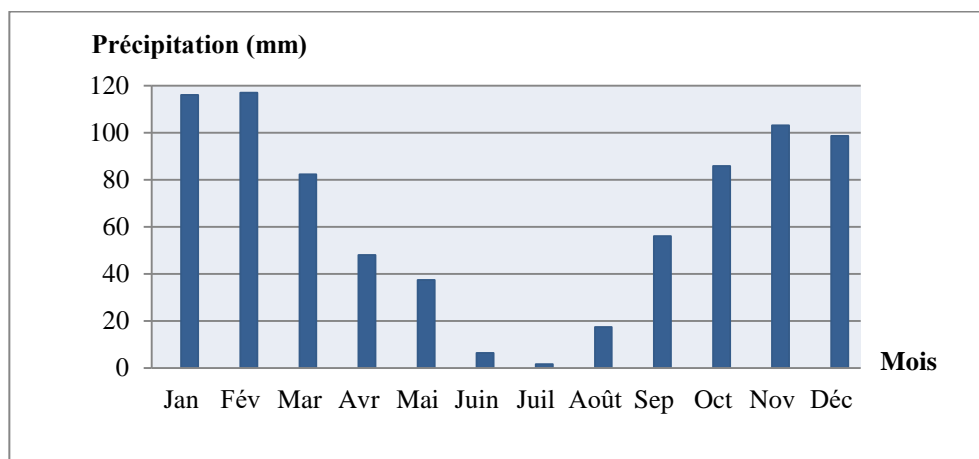


Figure II.3. Précipitation moyenne mensuelle en (mm) durant la période (2009-2018)

A partir des données présentées dans la figure II.3 et le tableau II.2, les mois de Novembre, Décembre, Janvier et Février enregistrent les précipitations les plus élevées (la fin d'automne et l'hiver), et le mois de Février est le mois le plus pluvieux avec une précipitation moyenne de 116.94 mm, et le mois de juillet est le mois le plus sec avec une précipitation moyenne de 1,64mm.

II.4.3. Humidité

La combinaison des forêts en zones montagneuses, de la mer et des multiples plans d'eau confère à la région une humidité persistante et élevée tout au long de l'année (**Chettibi, 2014**).

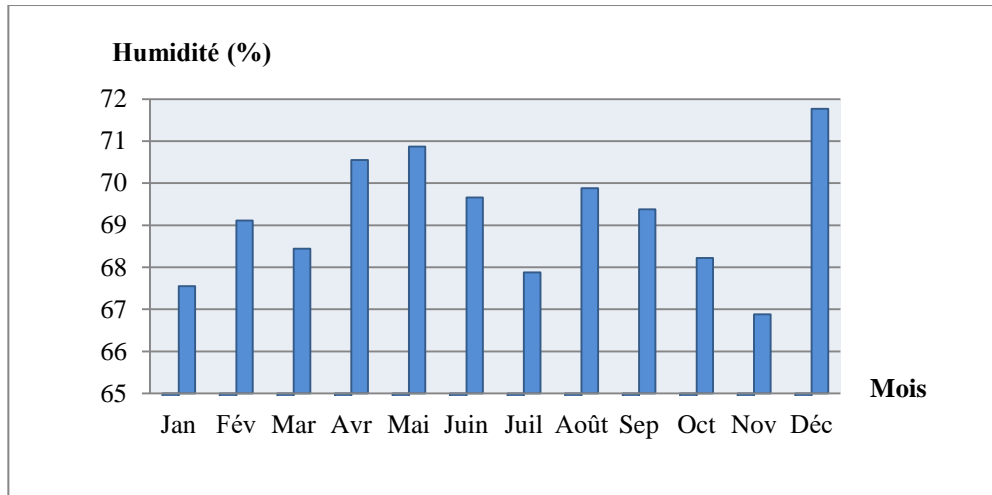


Figure II.4. Variation mensuelle de l'humidité relative durant la période (2009-2018)

A partir des données présentées dans le tableau II.2 et la figure II.4, l'humidité est globalement élevée tout au long de l'année, avec des valeurs comprises entre 66 % et 72 %. Le mois de décembre enregistre la valeur d'humidité la plus élevée (71.77%), l'humidité est légèrement plus basse en Novembre (66.88 %).

II.4.4. Vents

En influençant le climat local, les vents jouent un rôle crucial dans notre région en affectant les précipitations. Ils se définissent par leur fréquence, leur direction et leur vitesse, et modifient le climat saisonnier (**Boumaraf, 2010**).

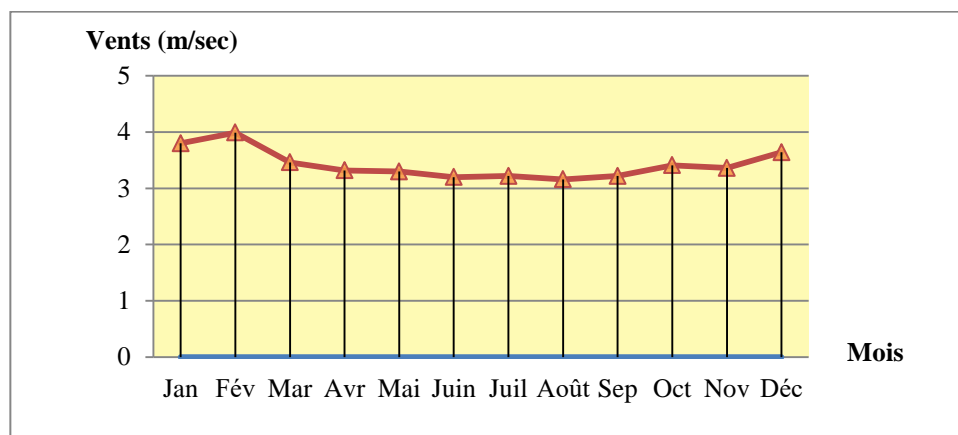


Figure II.5. Variation mensuelle du vent durant la période (2009-2018)

Selon la figure II.5 et le tableau II.2, la vitesse moyenne maximale du vent est enregistrée en février, atteignant environ 4 m/s, tandis que la vitesse minimale est observée en août, avoisinant les 3.16 m/s. Après le minimum estival, la vitesse du vent augmente progressivement à partir de septembre pour atteindre un second pic en décembre.

La zone littorale de Skikda est soumise de manière récurrente à des vents violents, dont la direction prédominante s'étend du sud-ouest au sud-est. Ces vents exercent une influence notable sur la dynamique océanographique (**Bouzeghaya et al., 2016**), causant des dégâts, favorisant l'érosion, troublant la navigation et perturbant le climat local.

II.4.5. Evaporation

L'évaporation est un phénomène crucial, qui représente près de 50 % de l'eau des précipitations. Elle fluctue au cours de l'année en fonction de facteurs tels que la radiation nette, la vitesse du vent et l'humidité de l'air, et elle est mesurée sur une période de temps donnée (**Vilaginès, 2010**).

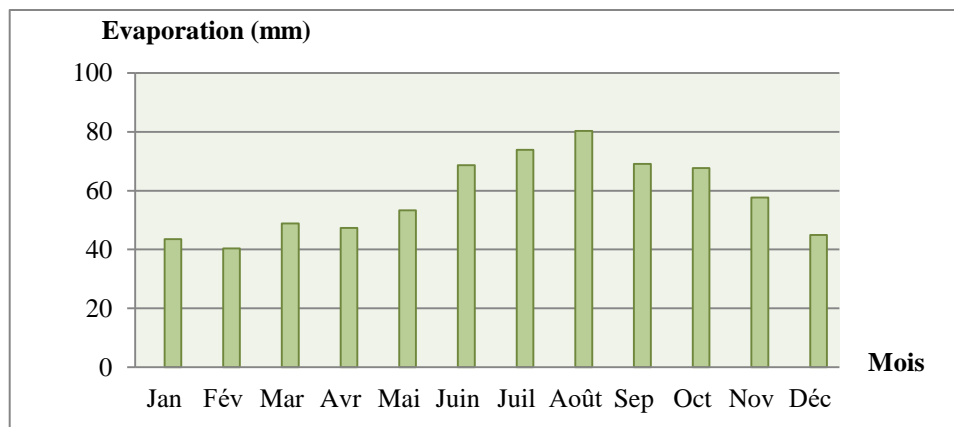


Figure II.6. Variation mensuelle d'évaporation durant la période (2009-2018)

D'après les données du tableau II.2 et de la figure II.6, on constate que la valeur d'évaporation la plus basse se situe en février (41,0 mm) et augmente progressivement jusqu'à atteindre le maximum en août (80,3 mm).

II.4.6. Relation précipitation – température « Diagramme Ombro-thermique de Gaussen »

Le diagramme Ombro-thermique de Gaussen et Bagnouls est un outil graphique visuel servant à distinguer les périodes sèches et humides de l'année, en traçant les mois sur l'axe horizontal, et les précipitations (P) ainsi que les températures (T) sur l'axe vertical, avec la règle $P = 2T$ (**Benseghir, 2006**).

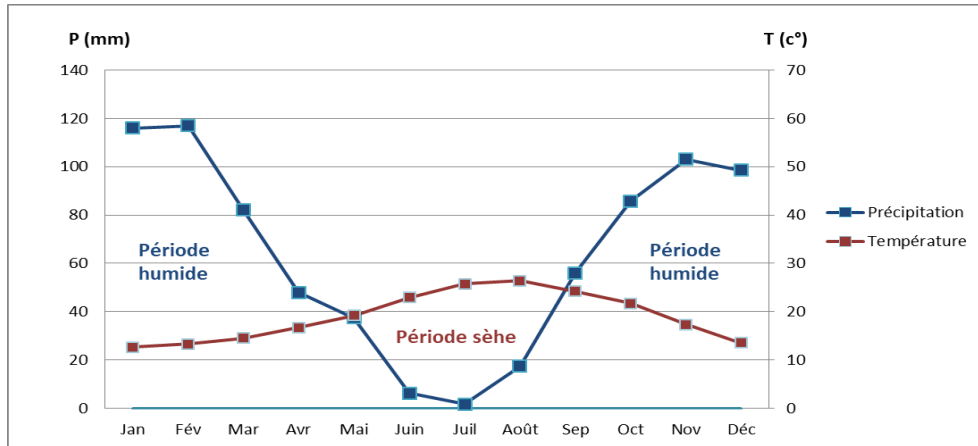


Figure II.7. Diagramme Ombro-thermique durant la période (2009-2018)

D'après le diagramme Ombro-Thermique la période sèche s'étale du début du mois de Mai jusqu'à Septembre, et les mois les plus secs (juin à août) coïncident avec les températures les plus élevées.

II.4.7. Conclusion sur la nature du climat de la zone d'étude

La région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen caractérisé par deux période ; une froide et humide avec des précipitations dominantes qui s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois d'Avril, et une chaude et sèche qui débute au mois de Mai et s'achève au la fin du mois d'Août.

II.5. Caractéristiques géologique de la zone d'étude

II.5.1. Les piémonts

Dans notre région, on distingue deux catégories de piémonts. Les premiers, les grands piémonts, sont peu nombreux mais jouent un rôle de transition entre la chaîne calcaire et la plaine alluviale du Saf-Saf, notamment dans la zone d'El Harrouch. Ils s'étendent sur une longueur de 500 à 1000 mètres et présentent des pentes généralement douces. À l'inverse, les piémonts de bas versants, plus fréquents et de dimensions modestes, assurent la liaison entre les collines et la plaine du Saf-Saf, avec des pentes plus accentuées, bien qu'elles dépassent rarement les 5 % (Boucenna, 2007).

II.5.2. La plaine alluviale

Débutant à El-Harrouch, les plaines de la vallée de Saf-Saf s'étendent dans une direction sud-est / nord-ouest, suivant les sinuosités de l'oued Saf-Saf dont elles épousent les contours. Elles traversent ainsi le centre de la wilaya par un long couloir naturel, jusqu'à atteindre la petite plaine de Skikda. La plaine abrite trois grands types de terrasses.

Tout d'abord, les terrasses récentes, datant du Pléistocène-Holocène, qui longent l'oued avec une pente allant de 0 à 4 %, présentant une couleur brun foncé et une texture très variable selon les dépôts en place.

Ensuite, les terrasses anciennes et moyennes, d'origine plio-quaternaire, sont plus difficiles à distinguer et sont généralement rattachées au Quaternaire ancien. Parmi celles-ci, on trouve les terrasses d'El Harrouch, portant des sols évolués, celles de Salah Bouchaour, où apparaissent des inceptisols, ainsi que celles de l'oued Zeramna, caractérisées par la présence de Mollisols (Bensaïd, 1986).

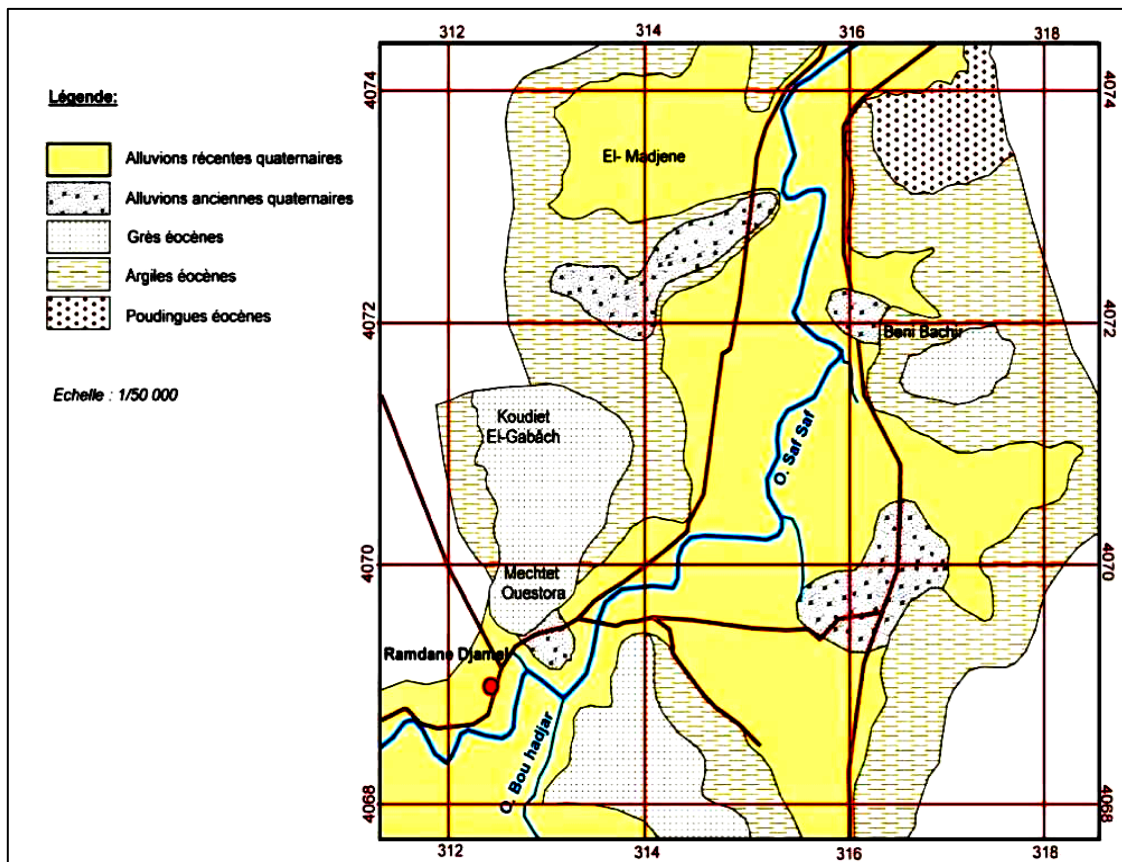


Figure II.8. Carte géologique de la plaine alluviale de l'oued Saf-Saf (Boufedji et Khelifa, 2021)

II.5.3. Les pentes

La vallée de Saf-Saf présente deux grandes catégories des pentes. D'une part, les pentes modérées, dont l'inclinaison varie entre 3 % et 12,5 %, couvrent environ la moitié du bassin versant. Elles sont principalement localisées dans la partie sudiste et à l'ouest, notamment autour des dépressions de Sidi Mezghiche, Ramdane Djamel et El Harrouch.

D'autre part, les pentes faibles, inférieures à 3 %, occupent une zone plus restreinte, concentrée essentiellement dans la vallée du Saf-Saf et la plaine de Skikda. Cette zone est particulièrement vulnérable aux inondations en raison de son rôle de zone de réception et d'accumulation des eaux (**Bousekaa et Laouar, 2021**).

II.6. Caractéristiques pédologique de la zone d'étude

D'après les travaux de Bensaid (**1986**), la pédologie éclaire sur l'évolution des aptitudes agricoles du sol sous l'influence des eaux d'infiltration, tout en précisant la typologie des sols caractérisant la vallée de Saf-Saf :

II.6.1. Les sols peu évolués

Résultant de dépôts alluviaux récents, les sols peu évolués présentent un développement pédogénétique très limité. Ils se caractérisent par la présence d'une nappe alluviale et par un renouvellement constant grâce aux apports réguliers de matériaux frais. Localisés au centre des vallées, sur les lits majeurs des rivières et les terrasses récentes, notamment à proximité des oueds. Cette dynamique leur confère une grande importance économique et agricole.

II.6.2. Les vertisols

Les vertisols, présents à Ramdane Djamel sur des argiles du numidien et à Salah Bouchaour et El-Harrouch sur des sols du massylo-maurétanien et/ou de l'oligo-miocène kabyle, ont une température annuelle moyenne supérieure à 8°C. Ils sont riches en argile (40-70%) et pauvres en matière organique (1-2%), ce qui leur donne une structure grossière.

II.6.3. Les sols calcimagnésiques

Ils sont riches en calcaire actif, en magnésium (Mg^{++}) et en calcium (Ca^{++}), et sont répandus dans tout le périmètre, notamment dans les secteurs I et II. Ils entourent la zone centrale des sols peu évolués et favorisent naturellement la croissance de diverses plantes. Leur structure bien aérée et leur bonne capacité de rétention d'eau en font un support idéal pour l'agriculture.

II.6.4. Les sols à sesquioxydes de fer

Ils sont situés au Nord et au centre de la vallée, sur les flancs des montagnes élevées. Au Sud, ils sont souvent recouverts par des dépôts plio-quadernaires.

Ce sont des sols minéraux évolués, ayant une texture argileuse avec environ 40% d'argile, et possédant un horizon argileux ou natrique.

II.6.5. Les sols brunifiés

Ces sols se trouvent principalement dans le secteur IV d'Emdjez Edchiche et le secteur I de Skikda, au sein des régions tempérées humides. Ils se caractérisent par un mull et un horizon B qui est pauvre en matières organiques, coloré en brun à cause des oxydes de fer. Ces sols sont limités en superficie dans les vallées et subissent une évolution principalement climatique.

II.6.6. Les sols hydromorphes

Ce sont des sols des zones humides. Localisés dans le secteur I de Skikda, ils ont un développement pédogénétique peu marqué. Leur formation est due à une saturation continue en eau, créant un déficit en oxygène et provoquant une réduction ou une ségrégation locale du fer. Ils se distinguent par des conditions hydriques particulières qui influencent fortement leur composition et leur évolution.

II.7. Assolements pratiqués au niveau du périmètre Saf-Saf

D'après l'étude agro pédologique réalisée par le bureau d'étude Espagnol INTECSA en 1976, il a été établi la pratique des assolements A.B.C et F par secteur, ils sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II.3. Répartition du périmètre par assolement (INTECSA, 1976)

Secteurs	Assolement				Superficie totale (ha)
	F	A	B	C	
	Arbres fruitiers	Maraichage, Betterave, Coton, Vesce avoine	Luzerne, Maraichage	Mais grain, Luzerne et Maraichage	
Secteur I	724	467	180	349	1720
Secteur II	706	635	190	60	1591
Secteur III	98	691	129	105	1023
Secteur IV	143	792	/	385	1320
S/Total	1671	2585	499	899	5654

Source : (ONID, 2025)

II.7.1. Assolements réalisés et bilan agricole

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des superficies irriguées par culture dans le périmètre durant la période (2016-2024), révélant une diminution continue au cours de la période étudiée, passant de 1 184 ha en 2016 à 478,79 ha en 2024. Cette baisse a concerné toutes les cultures au fil de cette période.

Tableau II.4. L'évolution des superficies irriguées par culture dans le périmètre (2016-2024)

Année	Périmètre	Superficie irriguée par culture (ha)					Total
		Arboriculture	Fourrage	Maraichage	Industrielle	Céréales	
2016	Saf-Saf	257.32	3.25	820.81	66	36.75	1184.13
2017	Saf-Saf	262.63	9	68.95	45.55	0	386.13
2018	Saf-Saf	252.99	1.25	263.15	21.6	1	539.99
2019	Saf-Saf	287.25	0	101.6	0	0	388.85
2020	Saf-Saf	146.5	0	147	0	0	293.5
2021	Saf-Saf	181.03	2.5	112.91	27.5	0	323.94
2022	Saf-Saf	330.54	6.25	292.38	65.24	26.7	721.11
2023	Saf-Saf	271.92	5	195.88	23.65	62.5	558.95
2024	Saf-Saf	258.44	11	137.1	46	26.25	478.79

Source : (Bilan Annuel ONID, 2025)

Tableau II.5. L'évolution des superficies irriguées par culture dans le périmètre en 2024

Secteur	Superficie irriguée par culture (ha)					Total
	Arboriculture	Fourrage	Maraichage	Industrielle	Céréales	
Secteur II	179.06	5	27.75	3.25	2	217.06
Secteur III	0	0	0	0	0	0
Secteur IV	79.38	6	109.35	42.75	24.25	261.73
S/Total	258.44	11	137.1	46	26.25	478.79

Source : (ONID, 2025)

Le tableau au-dessous présente l'évolution des superficies irriguées par culture dans le périmètre en 2024, montre que le secteur IV est le plus irrigué avec 261,73 ha, suivi du secteur II, et les cultures maraîchères et arboricoles dominent.

II.8. Le mode d'irrigation dans le périmètre Saf-Saf

Tableau II.6. Le mode d'irrigation appliquée dans le périmètre Saf-Saf en 2024

Périmètre	Secteurs	Superficie (Ha) / Mode d'irrigation						Total (Ha)
		Gravitaire		Aspersion		Goutte à Goutte		
		Superficie (Ha)	Taux%	Superficie (Ha)	Taux%	Superficie (Ha)	Taux%	
Saf-Saf	Secteur II	63.8	29%	101	47%	52.26	24%	217.06
	Secteur III	0	0%	0	0%	0	0%	0
	Secteur IV	3.25	1%	216.88	83%	41.6	16%	261.73
S/Total		67.05	14%	317.88	66%	93.86	20%	478.79

Source : (ONID, 2025)

En 2024, le périmètre de Saf-Saf est principalement irrigué par le système d'aspersion, qui couvre 317,88 ha soit 66% de la superficie totale. L'irrigation par goutte à goutte vient en deuxième position, tandis que l'irrigation par gravitaire est la moins utilisée.

Le Secteur IV est le plus irrigué avec une superficie totale de 261,73 ha, dominée par l'aspersion (83%). Le Secteur II est équilibré entre les trois types d'irrigation, avec une prédominance de l'aspersion (47%).

II.9. Souscription et irrigation

Tableau II.7. Bilan annuel d'irrigation (2022-2024)

Année	Périmètre	Secteur	Surface irriguée (ha)	Volume distribué (Hm ³)	N° des irrigants
2022	Saf-Saf	Secteur I	/	4.976	/
		Secteur II	358.42		/
		Secteur III	/		/
		Secteur IV	362.69		/
Total 2022			721.11	4.976	/
2023	Saf-Saf	Secteur I	/	3.609	/
		Secteur II	285.93		273
		Secteur III	/		/
		Secteur IV	273.02		233
Total 2023			558.95	3.609	506
2024	Saf-Saf	Secteur I	/	3.285	/
		Secteur II	261.06		226
		Secteur III	/		/
		Secteur IV	261.73		225
Total 2024			478.79	3.285	451

Source : (Bilan annuel ONID, 2025)

Le tableau au-dessous illustre une nette diminution de l'irrigation entre la période (2022-2024) dans le périmètre de Saf-Saf.

En 2022, la superficie totale irriguée était de 721.11 ha avec volume distribué de 4.97 hm³, en 2024, ces chiffres ont considérablement baissé, atteignant 478,79 ha pour la superficie irriguée avec un volume distribué de 3.28 hm³.

II.10. Ressource et Besoins en eau du périmètre Saf-Saf

L'alimentation en eau d'irrigation des secteurs du périmètre est assurée à partir des barrages de Guénitra et de Zerdazas, le volume régularisable à partir de Guénitra est de 47 hm³ et celui de Zerdazas est de 18 hm³.

Ces volumes régularisables sont destinés pour l'irrigation du périmètre et pour l'alimentation en eau potable de la ville de Skikda et de la zone industrielle. Les besoins en eau du périmètre et de l'AEP de Skikda à partir des deux barrages sont donnés suivant le tableau suivant:

Tableau II.8. Ressource et Besoins en eau du périmètre

Barrage	AEP	Irrigation (Hm ³)				Total (Hm ³)
		Secteur I	Secteur II	Secteur III	Secteur IV	
Guénitra	31.5	/	7.5	/	8.15	47
Zerdazas	/	10.5	2.1	5.4	/	18

Source : (Bilan annuel ONID, 2025)

II.11. Réservoirs et stations de pompage**II.11.1. Réservoirs****Tableau II.9. Les réservoirs dans le périmètre Saf-Saf**

Réservoirs	Capacité en (m3)	Secteur à alimenter
Réservoir N° 1	30000	Secteur I : Skikda – Ramdane Djamel
Réservoir N° 2	29000	Secteur II : Sallah Bouchaour
Réservoir N° 3	22000	Secteur III : El Harrouch
Réservoir N° 4	24000	Secteur IV : Emdjez Edchiche

Source : (ONID, 2025)

Le remplissage des réservoirs d'accumulation pour assurer la distribution sur les réseaux du périmètre est donc caractérisée par une gestion mixte entre l'A.E.P de Skikda et l'Irrigation du périmètre soit entre l'ADE et l'ONID.

II.11.2. Stations de pompage**Tableau II.10. Les stations de pompage du périmètre Saf-Saf**

Stations de pompage	Débit (m ³ /s)	Nombre de pompes	Gestion
Guénitra	2,22	4 + 1	Gérée par l'ADE
El Harrouch	0.25	2 + 1	Gérée par l'ONID

Source : (ONID, 2025)

- La gestion mixte de la station de pompage de Guénitra alimente en eau la ville de Skikda et ainsi qu'en eau d'irrigation pour le secteur II et le secteur IV.
- La station de pompage d'El Harrouch alimente la partie haute pression du secteur III d'El Harrouch à partir de barrage Zerdazas.

II.12. Canalisation et équipements du périmètre Saf-Saf

Le tableau ci-dessous présente des données sur le réseau de canalisation et la nature des conduits et les équipements hydromécaniques associés dans différents secteurs du périmètre Saf-Saf.

Tableau II.11. Canalisation et les équipements du périmètre Saf-Saf

Secteur	Linéaire conduite (ML)				Equipements hydromécaniques			
	A-Ciment	Fonte	Béton	Acier	Bornes	Ventouse	Vannes	Vidange
Secteur I	15907	9451	2940	5225	87	52	22	55
Secteur II	20330	10259	6472	5008	111	56	24	52
Secteur III	11385	8861	7339	1256	58	66	22	43
Secteur IV	15166	11449	922	294	101	60	24	60
Adduction Guénitra	/	/	18765	7445	/	41	8	10
Adduction Zerdazas	/	/	2180	6545	/	19	3	19
Total	62788	40020	38618	25773	357	294	103	239

Source : (ONID, 2025)

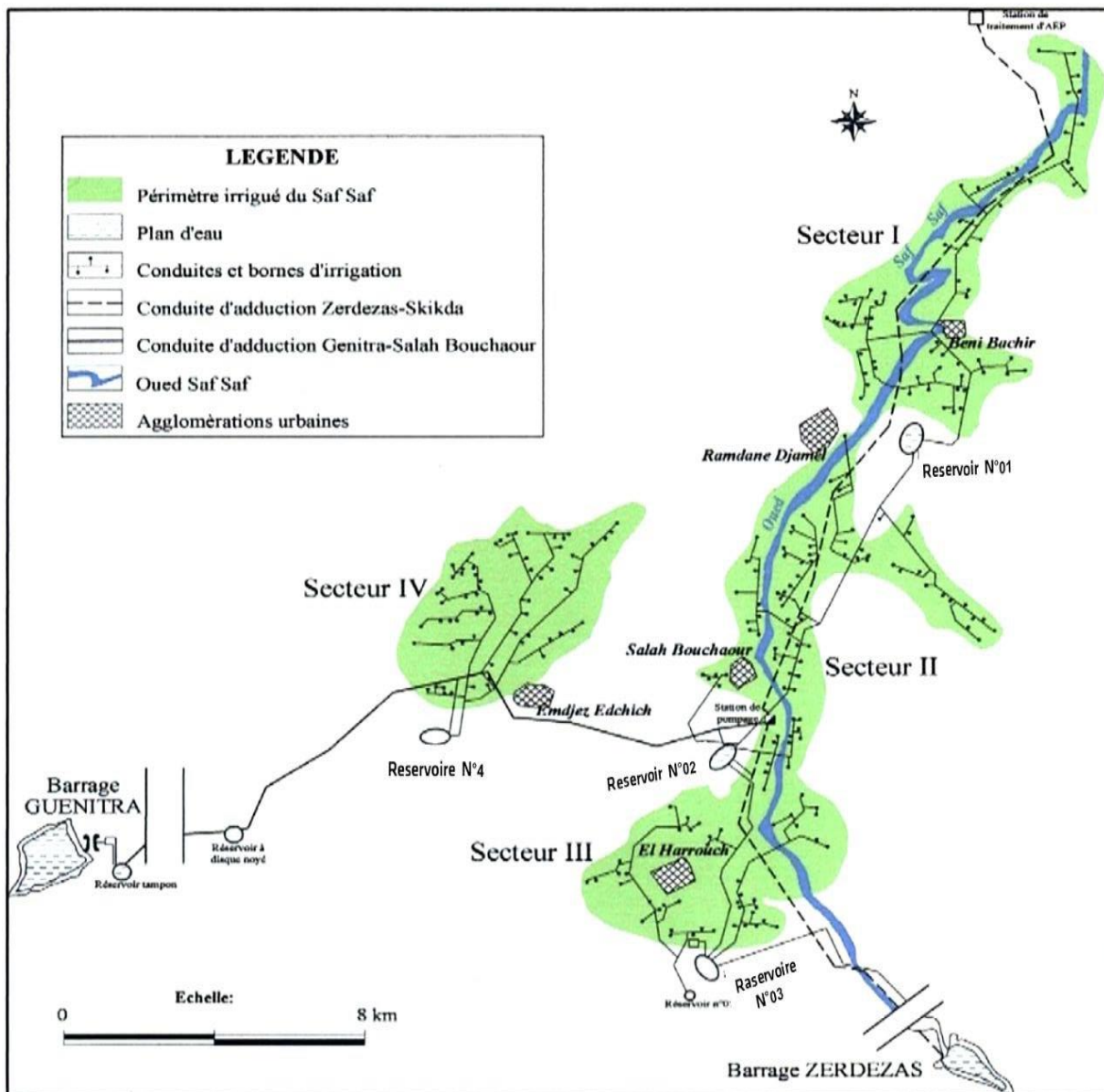


Figure II.9. Répartition et Canalisation du périmètre Saf-Saf

II.13. Les barrages destinés pour l'irrigation dans le périmètre Saf-Saf

Le périmètre d'irrigation Saf-Saf est alimenté en eau à partir des deux barrages : barrage Guénitra et barrage Zerdazas.

II.13.1. Barrage Zerdazas

II.13.1.1. Description du barrage du barrage de Zerdazas

Le barrage de Zerdazas est situé à 350 km à l'Est d'Alger et à 30 km au sud de Skikda, le barrage de Zerdazas assure l'irrigation de 1000 hectares dans la plaine du Saf-Saf et fournit de l'eau potable à Skikda, Zerdazas, El Harrouch, Aïn Bouziane, Emdjez Edchiche, ainsi qu'à la zone industrielle de Skikda, incluant la raffinerie pétrolière (**Barhimi et Fdoul, 2023**).

Le barrage de Zerdazas régule le débit de l'oued Saf-Saf et protège contre les crues violentes, surtout pendant les saisons pluvieuses de l'automne, du printemps et de l'hiver.

Le barrage de Zerdazas, datant de 1926, a une hauteur de 74,2 m depuis la fondation. Sa base mesure 44 m de large, tandis que sa crête a une largeur de 6,50 m et une longueur de 242 m. Le niveau normal de la retenue (NNR) est à 197,30 NGA, et celui des plus hautes eaux (NPHE) est à 199,00 NGA. Le barrage est équipé de quatre vannettes de dévasement de 300 mm de diamètre, installées à la cote 178 m. Cependant, sa capacité est instable au fil du temps, principalement en raison de l'accumulation importante de sédiments dans sa cuvette (**Toumi et Remini**). En effet, selon l'ANBT la dernière capacité levée est : 13.12 hm³ (**ONID, 2025**).

II.13.1.1.1. L'apport d'Oued Saf-Saf pour barrage de Zerdazas

L'Oued Saf-Saf, principal oued du bassin versant de Saf-Saf, parcourt 53,19 km du sud vers le nord, en prenant sa source dans les monts de Constantine. Il reçoit plusieurs affluents majeurs, dont l'Oued Zeramna, l'Oued Haddaratz et l'Oued Ghbel. Ce cours d'eau est situé au centre du terrain d'étude (**Ben Rabeah, 2006**).

Oued Saf-Saf, à l'origine d'inondations répétitives aux lourdes conséquences, ne trouve comme unique protection que le barrage de Zerdazas, malgré la perte d'efficacité de ce dernier (**Brahimi et Fdoul, 2023**).

II.13.2. Barrage Guénitra

II.13.2.1. Description du barrage de Guénitra

Le barrage de Guénitra, construit en 1974, avec une mise en eau en 1984, capte les eaux de sept affluents : les oueds Charfa, Kébir à l'ouest, Mégramène, Sedjane, Fessa et Boulekhraf. Il régularise un volume annuel de 48×10^6 m³, couvrant une superficie de

1000 hectares. Ce barrage garantit l’approvisionnement en eau potable et répond aux besoins des secteurs industriels, agricoles et aquacoles. Sa capacité moyenne de stockage d’eau est estimée à $40 \times 10^6 \text{ m}^3$, pouvant atteindre $125 \times 10^6 \text{ m}^3$ à une altitude de 164 mètres (**Tandjir et Djebar, 2009**). Selon l’A.N.B.T la dernière capacité relevée est de 117.82 hm^3 (**ONID, 2025**).

II.13.2.2. Situation géographique et utilisation

Les coordonnées géographiques du barrage Guénitra sont $36^{\circ}42'51''\text{N}$, $06^{\circ}38'06''\text{E}$. Il est situé à une altitude moyenne de 466 m, à environ 50 km au sud-ouest de la ville de Skikda, près de la localité d’Oum Toub. Il est édifié sur l’oued Fessa, à environ 1,5 km de la confluence des oueds Khenga et Fessa, formant ainsi l’oued Guebli (**Arab, 2021**).

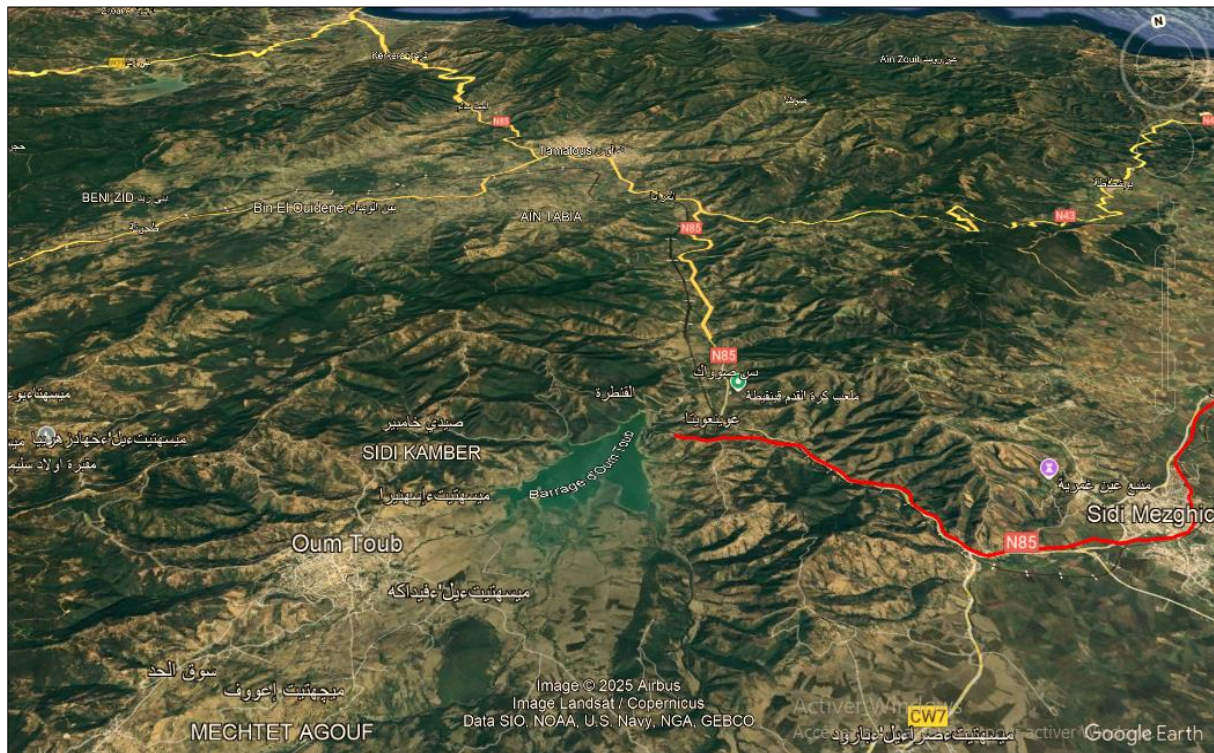


Figure II.10. Image satellitaire représentant le barrage de Guénitra (Google Earth 2025)

II.13.2.3. Géologie du site du barrage du Guénitra

- **Le substratum rocheux :** La structure géologique principale du site est orientée globalement ENE-WSW et présente les caractéristiques suivantes (**Mecibah, 2008**) :
 - Rive gauche: gneiss tectonisés et recristallisés en granulites, en contact par faille ENE avec des gneiss micacés près de l’évacuateur de crue; présence de nombreuses failles.
 - Lit moyen: on observe des schistes et des quartzo-phyllades présentant un feuilletage plus ou moins marqué.

- Rive droite: sous les colluvions, affleurement de conglomérats, marnes bigarrées et grès inclinés.
- **Les terrains de couverture:** À l'exception de la rive gauche, le substratum est couvert par des colluvions sur les versants et des alluvions en fond de vallée. Des vestiges d'anciens glissements de terrain, partiellement stabilisés, sont observés (Mecibah, 2008).

II.13.2.4. Etude des données climatiques du barrage Guénitra

II.13.2.4.1. Etat d'évaporation

Tableau II.12. Variations de l'état d'évaporation mensuelles et annuelles du barrage de Guénitra (2010-2021)

Année / Mois	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/ 2019	2019 /2020	2020/ 2021
septembre	0.76	0.779	0.731	0.587	0.822	0.732	0.531	0.367	0.452	0.54	0.626
octobre	0.505	0.474	0.524	0.484	0.535	0.415	0.365	0.22	0.251	0.413	0.413
Novembre	0.324	0.251	0.262	0.265	0.317	0.229	0.213	0.0098	0.124	0.214	0.216
Décembre	0.233	0.164	0.204	0.254	0.154	0.147	0.129	0.069	0.087	0.23	0.093
janvier	0.169	0.164	0.178	0.231	0.146	0.134	0.125	0.116	0.067	0.202	0.157
Février	0.182	0.156	0.166	0.243	0.177	0.194	0.134	0.068	0.174	0.26	0.248
Mars	0.366	0.414	0.423	0.271	0.42	0.301	0.357	0.203	0.374	0.268	0.311
Avril	0.696	0.632	0.568	0.611	0.695	0.517	0.362	0.315	0.423	0.484	0.411
Mai	0.793	0.901	0.722	0.806	0.887	0.649	0.564	0.351	0.566	0.878	0.706
Juin	1.054	1.215	1.06	1.055	1.065	0.879	0.692	0.656	0.953	1.095	0.878
Juillet	1.372	1.401	1.252	1.327	1.418	1.057	0.717	0.906	1.162	1.258	1.13
Aout	1.554	1.39	1.141	1.145	1.113	0.921	0.627	0.619	1.079	1.132	1.023
Totale / années	7.554	7.941	7.231	7.319	7.749	6.176	4.814	3.991	5.712	6.974	6.23

(Boumaila, Bounab et Bourass, 2022)

Le tableau montre l'évaporation au barrage de Guénitra sur plusieurs années. L'évaporation est plus forte en été (juin, juillet, août) et plus faible en hiver (décembre, janvier, février).

Le total annuel diminue après 2014/2015, avec un minimum en 2017/2018. Depuis 2019/2020, une légère hausse est observée. La baisse peut être due à plus de pluie ou moins de chaleur.

Les variations peuvent être liées au climat, à la gestion du barrage ou à d'autres facteurs naturels. Donc l'évaporation suit les saisons et montre une tendance générale à la baisse ces dernières années.

II.13.2.4.2. Précipitation**Tableau II.13. Variations de la pluie mensuelles et annuelles du barrage de Guénitra (2015-2021)**

Année / Mois	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
	pluie	pluie	pluie	pluie	pluie	pluie
septembre	38.6	17.7	7.1	9.4	94.4	52.3
octobre	54.4	31	19.8	194.6	82.8	41.1
Novembre	84.6	66.2	100.5	30.1	159.4	67.2
Décembre	/	40.6	156.8	27.9	87	156.4
janvier	47.9	162.6	38.3	202.2	26	48
Février	45.5	39.2	76.1	70.2	/	22.7
Mars	112.7	/	110.2	119.8	111.2	56.4
Avril	53.6	39	86.1	24.9	50.5	62.7
Mai	54.2	3.1	85.5	25.7	9.3	27.8
Juin	8	15.2	10.1	2	9.7	11.2
Juillet	/	/	/	2	25	/
Aout	/	/	19.8	7.1	0.5	1.6

(Boumaila, Bounab et Bourass, 2022)

Le tableau présente les variations mensuelles et annuelles des précipitations au barrage de Guénitra entre 2015 et 2021. On y observe une forte variabilité interannuelle, avec des pics de précipitations notables en janvier 2016/2017 (162,6 mm) et en décembre 2018/2019 (202,2 mm). Les années 2018/2019 et 2019/2020 affichent également des niveaux élevés de pluie, Cette variabilité illustre l'irrégularité du régime pluviométrique.

Donc, les précipitations sont irrégulières, avec des périodes très humides et d'autres plus sèches, ce qui pourrait avoir un impact sur la gestion des ressources en eau dans la région.

II.13.2.4.3. Température moyenne

Le tableau ci-dessous indique les températures mensuelles maximales et minimales enregistrées au barrage de Guénitra entre 2015 et 2021. On y observe une certaine régularité saisonnière, avec des températures maximales élevées en été, notamment en juillet et août (atteignant jusqu'à 39°C en juillet 2016/2017), et des températures minimales plus basses en hiver, particulièrement en décembre et janvier. L'année 2020/2021 montre des écarts plus marqués entre les températures maximales et minimales, ce qui pourrait refléter des variations climatiques plus accentuées dans la région.

Tableau II.14. Variations de température moyenne mensuelles et annuelles du barrage de Guénitra (2015-2021)

Années Mois	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
	Max/min	Max/min	Max/min	Max/min	Max/min	Max/min
septembre	28/21	27/20	25/14	26/12	24/16	21.5/11.2
octobre	22/15	23/14	18/09	18/09	23/11	18.6/7.5
Novembre	25/07	18/10	13/05	18/05	16/06	14.5/6.3
Décembre	11/03	14/05	17/03	15/04	17/05	14.6/05
janvier	14/04	12/03	13/04	12/02	13/01	17/01
Février	15/05	14/03	12/02	13/01	14/03	16.3/01
Mars	19/05	15/04	20/05	13/04	14/3.6	19/04
Avril	16/08	18/08	18/06	17/07	17/7.5	16/07
Mai	25/14	25/14	21/11	21/07	21.5/8	22/12
Juin	35/22	33/22	24/17	21/08	26/18	27/19
Juillet	31/06	39/21	28/18	28/18	26.5/21	29/20
Aout	38/22	32/20	25/17	24/17	28.4/20	29.5/19.5

(Boumaila, Bounab et Bourass, 2022)

II.13.2.4.4. Conclusion sur la nature du climat dans le site du barrage Guénitra

D'après l'analyse des trois tableaux, le climat du barrage de Guénitra semble être de type semi-aride à méditerranéen, caractérisé par une forte évaporation estivale, surtout en juillet et août, en raison des températures élevées. Les faibles taux d'évaporation en hiver (décembre à février) indiquent des températures plus fraîches et une humidité relative plus élevée. Les variations annuelles montrent une influence potentielle des fluctuations climatiques, comme les précipitations irrégulières et les changements de température, ce qui confirme une saisonnalité marquée avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

II.13.2.5. L'apport des Oued pour le barrage de Guénitra

L'Oued Fessa, principal cours d'eau d'un réseau hydrographique dense (4,04 km/km²), alimente le barrage de Guénitra, implanté à une altitude de 110 mètres. Ce dernier contrôle un sous-bassin versant d'environ 202 km², renforcé par plusieurs affluents (**Mecibah, 2008**) :

- L'Oued Charfa, qui longe la frontière est du sous-bassin versant.
- Les Oueds Mégramène et Mellouh encadrent le village d'Oum Toub.
- L'Oued Essouk traverse la zone minière de Sidi Kamber, caractérisée par sa pente la plus raide.

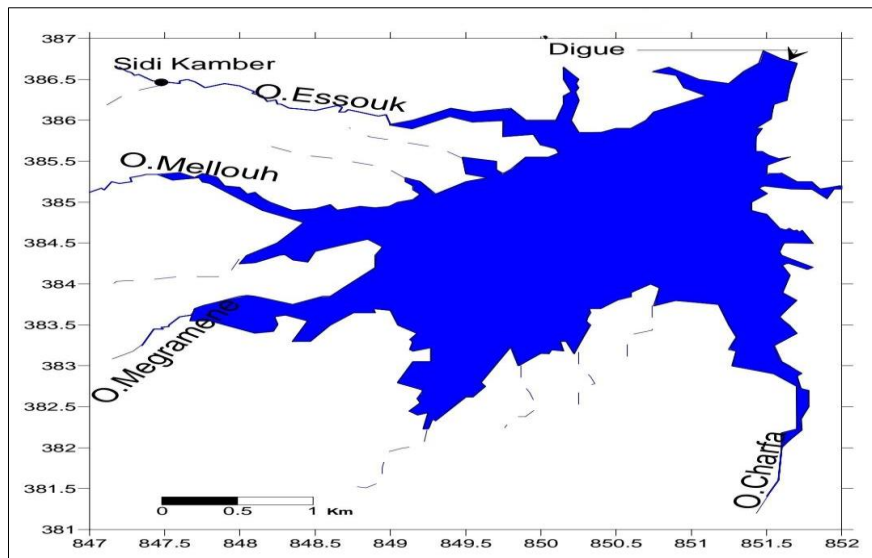


Figure II.11. Carte d'inventaire du barrage Guénitra dans le bassin versant de l'Oued Guebli

Le volume moyen annuel des apports des cours d'eau du sous-bassin est d'environ 37 hm³, ce qui équivaut à un débit de 1,17 m³/s (Mecibah, 2008). Le tableau suivant donne les différents apports en eau de chaque cours d'eau estimé en pourcentage:

Tableau II.15. Pourcentage des apports en eau des principaux cours d'eau alimentant le barrage de Guénitra

Cours d'eau	Superficie en Km ²	Apports en eau (%)
Oued Fessa	77.48	38.24
Oued Charfa	70.33	34.71
Oued Mégramène	21.95	10.83
Oued Mellouh	11.65	5.75
Oued Essouk	12.49	6.16
Autres	8.7	4.29

Source : ANRH Constantine, (Mecibah, 2008)

CHAPITRE III

Diagnostic du système d'adduction en eau du barrage de Guénitra

CHAPITRE III : DIAGNOSTIC DU SYSTEME D'ADDUCTION EN EAU DU BARRAGE DE GUENITRA

III.1. Introduction

Ce chapitre porte sur le diagnostic du réseau d'adduction d'eau du barrage de Guénitra. Il vise à évaluer l'état actuel physique des principales infrastructures du réseau, notamment les conduites principales (dimensions, matériaux et état), les réservoirs de stockage (leur état de fonctionnement, capacité et rôle), les stations de pompage (leur efficacité et capacité). L'analyse s'intéresse aux caractéristiques techniques, à l'état de fonctionnement, et aux principales défaillances observées, telles que, la dégradation physique et les insuffisances en maintenance. Cette analyse présentera des conclusions résumant l'état général du réseau d'adduction d'eau du barrage de Guénitra et les défis auxquels il est confronté.

III.2. Contexte et description du système d'adduction

III.2.1. Historique et origine du réseau d'adduction

En avril 1973, le Ministère de l'Hydraulique confia à INTECSA la réalisation de l'avant-projet pour la mise en valeur de la vallée du Saf-Saf et de la plaine d'Emdjez Edchiche. L'étude comprenait trois phases : études de base (agro-pédologie et plans de culture), schémas d'aménagement, et, à partir de mai 1979, l'intégration de la conduite Guénitra-Bouchaour via un nouveau contrat. Ce dernier prévoyait quatre volets : Modulation et composition de la solution, avant-projet détaillé de la conduite Guénitra–Salah Bouchaour, l'aménagement du périmètre de Ramdane Djamel et le projet d'irrigation de la vallée du Saf-Saf et de la plaine d'Emdjez Edchiche.

En septembre 1980, INTECSA a proposé de déplacer la station de pompage de Sidi Mezghiche à Koudiet Bouheli. Cette option a été approuvée en décembre 1980 par la Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques. À la demande de la DIDEPIA, l'avant-projet a été réalisé en deux étapes : d'abord le tracé de la conduite Guénitra–Salah Bouchaour, puis, après les études de qualité d'eau, la sélection des groupes motopompes.

En octobre 1981, une mise à jour de l'étude a été effectuée en fonction des nouvelles superficies à irriguer. La société INTECSA a pris en charge toutes les études nécessaires concernant la réalisation de l'adduction de Guénitra et a préparé la première base pour sa mise en service et son entrée en fonctionnement.

III.2.2. Objectifs de desserte et couverture des besoins (agricoles, urbains et industriels)

Le projet de développement de la plaine de vallée Saf-Saf et d'Emdjez Edchiche représente une initiative stratégique visant à assurer un développement durable et global de la région. Au cœur de ce développement se trouve la nécessité de garantir des ressources en eau suffisantes et durables pour répondre aux besoins croissants de divers secteurs, notamment l'agriculture, l'expansion urbaine et les futures activités industrielles potentielles.

L'accent mis sur la satisfaction de la diversité des besoins en eau se traduit par une planification rigoureuse, qui comprend des études détaillées de la qualité de l'eau. Comprendre les caractéristiques physiques et chimiques de la source d'eau et déterminer le système de traitement optimal est une étape cruciale pour garantir un approvisionnement en eau de qualité adaptée à divers usages. Que cette eau soit destinée à l'irrigation agricole, à la consommation humaine dans les centres urbains, ou même à des usages industriels exigeant des normes de qualité spécifiques, ces études constituent la base pour garantir l'efficacité et la durabilité du projet à long terme.

Le secteur agricole est l'un des principaux bénéficiaires de ce projet, comme le démontre clairement l'établissement de calendriers détaillés de débit d'irrigation. L'agriculture est souvent la principale activité économique dans ces zones, et garantir un approvisionnement en eau régulier et suffisant est essentiel pour améliorer la productivité agricole, étendre les surfaces cultivées et contribuer ainsi à la sécurité alimentaire et au développement rural. Comprendre les besoins en eau des différents types de cultures et assurer des débits adaptés au moment opportun est un objectif fondamental du projet.

Par ailleurs, l'importance croissante de répondre aux besoins en eau des centres urbains ne peut être négligée. Avec la croissance démographique et l'expansion urbaine, la sécurisation de l'eau potable et des autres usages domestiques devient une priorité absolue. Le projet vise à fournir des infrastructures capables de transporter efficacement l'eau depuis ses sources jusqu'aux centres, garantissant ainsi un accès continu à une eau de qualité à la population. Le projet assure également l'approvisionnement en eau industrielle, en particulier pour le complexe industriel de Skikda, qui requiert des volumes importants pour ses procédés de production.

La conception et la construction de grandes canalisations, telles que les canaux Koudiet Bouheli-Sidi Mezghiche et Sidi Mezghiche-Salah Bouchaour, constituent une concrétisation de l'objectif d'un transport efficace et efficient de l'eau vers les différentes

zones de consommation. Cette infrastructure essentielle garantit la capacité du projet à répondre aux besoins en eau anticipés des secteurs agricole et urbain, tout en tenant compte des besoins industriels futurs potentiels. En conclusion, les principaux objectifs de ce projet sont de garantir un approvisionnement en eau durable et de qualité afin de répondre aux divers besoins de périmètre Saf-Saf (INTECSA, s.d.).

III.3. Étude analytique de l'ingénierie et de la gestion du système de distribution d'eau dans la région de Saf-Saf

Le système de distribution d'eau dans la région de Saf-Saf constitue un modèle avancé d'infrastructure hydraulique à objectifs multiples, combinant l'approvisionnement en eau potable pour la population (AEP) et l'irrigation pour le secteur agricole (Irrigation). Ce système repose sur un réseau intégré comprenant des barrages, des stations de pompage, des canaux principaux et secondaires, ainsi que des réservoirs de régulation, sous la supervision conjointe de l'Algérienne des Eaux (ADE) et de l'Office National d'Irrigation et de Drainage (ONID).

III.3.1. Ressources hydriques et système de collecte

Le système prend sa source au barrage de Guénitra, qui constitue la principale réserve d'eau, avec une capacité de stockage estimée à 48 millions de mètres cubes et un débit de 2,22 m³/s. L'eau est transférée depuis ce barrage vers une station de pompage équipée de quatre pompes principales et d'une pompe de secours, pour être refoulée vers un réservoir initial d'une capacité de 1500 m³. Avant d'atteindre la conduite principale, l'eau passe par une chambre de brise de charge, une structure technique destinée à réduire la pression due à la différence topographique importante, contribuant ainsi à la protection du réseau contre les coups de bélier hydrauliques et à la continuité du flux de manière régulière.

III.3.2. Infrastructure principale d'adduction

La distribution de l'eau repose sur une conduite principale mixte (AEP – Irrigation) de 24 434 Km de long, à partir duquel se ramifient quatre réservoirs de régulation principaux, chacun desservant un secteur géographique spécifique :

III.3.2.1. Secteur I : Skikda – Ramdane Djamel

Le réservoir n°1, d'une capacité de 30 000 m³, est alimenté par gravité à partir du réservoir n°2, via une conduite en béton précontraint de 1500 et 1250 mm de diamètre, complété par une conduite en acier de 1250 et 1500 mm au départ.

III.3.2.2. Secteur II : Salah Bouchaour

Le réservoir n°2, de 29 000 m³ de capacité, est alimenté à partir de trois sources principales :

- Une conduite de refoulement en acier de 700 mm, directement connecté à la conduite principale depuis le barrage de Guénitra, au niveau de l'intersection de Salah Bouchaour.
- Une conduite en béton précontraint de 1250 mm de diamètre et de 6525 mètres de longueur, amenant l'eau par gravité depuis le réservoir n°3.
- Une conduite en acier de 600 mm, connecté à la conduite d'adduction d'eau potable depuis le barrage de Zerdazas.

Ce système d'alimentation tripartite offre une autonomie au secteur II et assure également une alimentation de secours au secteur I.

III.3.2.3. Secteur III : El Harrouch

Le réservoir n°3, d'une capacité de 22 000 m³, est alimenté par gravité depuis le barrage de Zerdazas et le barrage de Guénitra, via une conduite de 8740 mètres, composé de

conduites en acier de 1100 et 1500 mm, ainsi que de conduites en béton précontraint de 1500 mm.

Étant donné que le niveau de ce réservoir est inférieur au niveau d'exploitation minimale du barrage de Zerdazas, une station de pompage a été proposée, composée de deux pompes principales et d'une pompe de secours, pour refouler un débit maximal de 414 l/s vers un réservoir secondaire n°5 de 500 m³.

Cette opération vise à assurer une pression suffisante pour alimenter une zone haute de 570 hectares, tandis qu'une zone basse de 453 hectares est directement alimentée depuis le réservoir n°3.

III.3.2.4. Secteur IV : Emdjez Edchiche

Le réservoir n°4, de 24 000 m³ de capacité, est alimenté à partir de dérivations de la conduite mixte issue directement de la conduite principale. Une chambre de brise de charge a été installée en amont pour réguler la pression interne et protéger les installations situées en aval.

III.3.3. Mécanismes de régulation de l'adduction

La gestion du réseau est assurée par des vannes et des dispositifs de régulation situés aux points stratégiques, notamment à l'entrée des réservoirs et à l'intersection de Salah Bouchaour.

Le système prend en compte les variations topographiques, ce qui nécessite une combinaison de distribution par gravité pour les zones basses et par pompage pour les zones hautes, garantissant un équilibre de pression et une efficacité hydraulique optimale.

III.3.4. Organisation institutionnelle et coordination

L'ADE est responsable de la gestion du réseau d'eau potable, tandis que l'ONID supervise les composantes liées à l'irrigation.

Cette coordination institutionnelle permet une gestion intégrée et efficace des ressources hydriques, assurant la durabilité du service et la satisfaction des besoins croissants de la population et des agriculteurs.

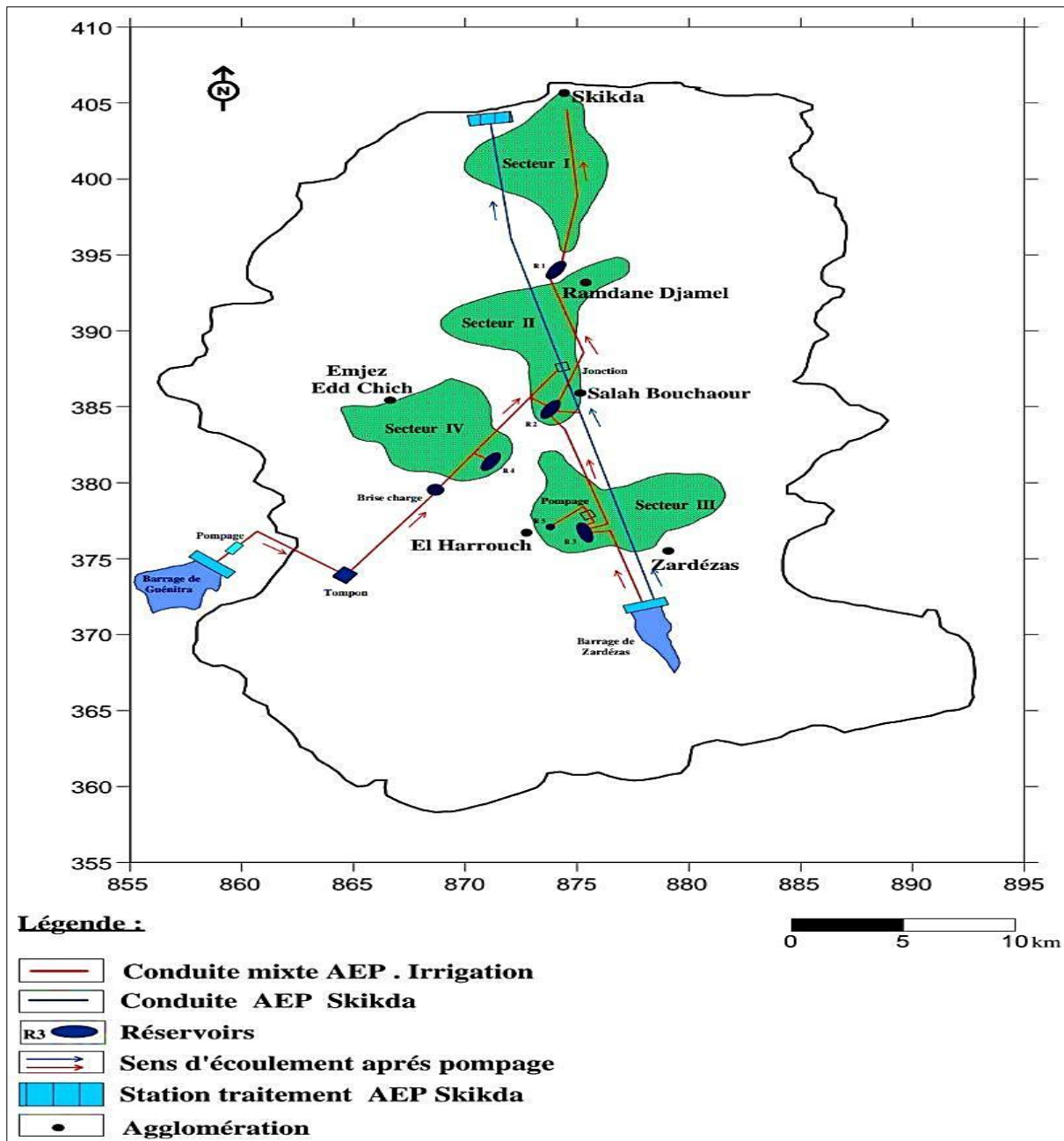


Figure III.2. Schéma du réseau de Distribution d'eau potable et d'irrigation dans le périmètre Saf-Saf (Khelfaoui, 2008)

III.4. Diagnostic du système hydraulique d'irrigation

III.4.1. État de la conduite d'adduction à partir du barrage Guénitra

L'adduction d'eau est le transport de l'eau depuis la source jusqu'aux usagers ou stations de traitement, à travers des conduites. On distingue deux types ; adduction gravitaire (l'eau circule naturellement grâce à la pente) et adduction par refoulement (l'eau est acheminée à l'aide de pompes) (Zenidi, A. Et Zenidi, F., 2019).

La conduite d'adduction du barrage de Guénitra constitue un élément essentiel du réseau de distribution hydraulique du périmètre Saf-Saf – Skikda. Elle s'étend sur une longueur totale de 26 210 ML, répartis entre des conduites en béton (18 765 m) et en acier (7 445 m), assurant ainsi robustesse et résistance à la pression. Cette adduction est équipée de plusieurs dispositifs hydromécaniques, notamment 41 ventouses pour l'évacuation de l'air, 08 vannes de régulation de débit, et 10 vidanges permettant la purge et l'entretien du réseau (ONID, 2025).



Figure III.3. Borne d'irrigation du réseau

III.4.1.1. Contraintes liées à la conduite d'adduction du barrage de Guénitra

La conduite d'adduction du barrage de Guénitra souffre de plusieurs contraintes techniques, logistiques et financières qui affectent directement sa performance et sa durabilité. Au cours de l'année 2024, 15 fuites ont été enregistrées le long de la conduite, 10 fuites sur des conduites en béton précontraint (BP), et 05 fuites sur des conduites en acier (AC).



Figure III.4. Fuite détectée au niveau d'adduction Guénitra en 2020 (ONID, 2025)

La répartition de ces fuites montre clairement que les conduites en BP présentent une fragilité notable, ce qui en fait la principale source de défaillance par rapport aux conduites en acier. Ce type de conduite s'avère également moins fiable à long terme que les conduites en PEHD, reconnues pour leur résistance et leur souplesse.

Ces défaillances traduisent une détérioration significative de l'infrastructure, probablement due au vieillissement des matériaux utilisés ou à des défauts structurels. Elles ont entraîné des pertes en eau dépassant 37 000 m³, ce qui représente une pression importante sur les ressources hydriques et affaiblit l'efficacité du système de distribution.

Les travaux de réparation ont nécessité des moyens logistiques importants, incluant des matériaux de construction (ciment, fer, sable, béton armé, électrodes de soudure) ainsi que des équipements lourds (camions, tracteurs, pompes).

Ces interventions ont été réalisées par des équipes relevant de l'Office National d'Irrigation et de Drainage – Unité de Skikda, comprenant des chefs de secteur, des techniciens, des ouvriers, des conducteurs d'engins et des agents de sécurité, ce qui a accru la complexité organisationnelle et humaine des opérations.

De plus, la méthode de réparation elle-même constitue une contrainte, où, dans certains cas, il est impossible d'intervenir directement sur la section endommagée en raison de la haute pression et du flux continu de l'eau. Il est donc nécessaire de découper la partie défectueuse et de la remplacer par ce qu'on appelle un « tube clé », un tuyau de rechange préparé à l'avance, avec les mêmes dimensions (longueur, diamètre) et en matériau identique (BP ou AC). Cette opération exige la disponibilité de ces tubes en stock ainsi que des moyens de fixation ou de soudure adaptés. En l'absence de cette préparation préalable, cela représente un défi logistique et technique, allongeant les délais d'intervention et perturbant la continuité du service.

Par ailleurs, la coexistence de deux types de conduites (BP et AC) implique des méthodes de réparation et des équipements spécifiques à chaque matériau, ce qui complique davantage les interventions et en augmente les coûts.

Tous ces facteurs se traduisent par des coûts financiers élevés, qu'il s'agisse des matériaux, de la main-d'œuvre ou des pertes en eau, ce qui rend indispensable l'adoption d'un plan d'entretien préventif ou de rénovation de l'infrastructure afin d'assurer la pérennité de cet ouvrage essentiel (ONID, 2025).



Figure III.5. Fuite détectée sur une conduite d'eau d'irrigation dans le secteur I de Ramdane Djamel (ONID, 2025)

III.4.2. Évaluation de la station de pompage de Guénitra

La station de pompage désigne une infrastructure technique équipée d'un système de pompes dont la fonction est d'élever la pression de l'eau afin de la transporter sur de longues distances ou à des altitudes plus élevées, lorsque cela s'avère nécessaire. Elle est localisée à proximité immédiate de barrage. Sa fonction principale est d'assurer la transmission de l'eau depuis la source vers les différents composants du système d'irrigation (**Benzidane et Boutit, 2024**).

Une station de pompage est composée de plusieurs équipements qui jouent un rôle essentiel dans le bon fonctionnement et les performances de l'installation. On cite notamment les pompes, le clapet anti-retour et les vannes (**Hebal, 2024**).

La station de pompage de Guénitra est une installation essentielle du réseau d'irrigation, conçue pour assurer l'acheminement de l'eau depuis la source vers les zones agricoles. Elle est équipée de quatre pompes principales en fonctionnement, appuyées par une pompe de secours pour garantir la continuité du service en cas de défaillance.

La station offre un débit de 2,22 m³/s et fonctionne sous une hauteur manométrique totale de 60 mètres, permettant ainsi de transporter efficacement de grands volumes d'eau à travers le réseau. Grâce à sa puissance et à sa conception fiable, la station de Guénitra joue un rôle crucial dans la régularité et la stabilité de l'approvisionnement en eau pour l'irrigation et un maillon stratégique dans l'optimisation de la gestion des ressources hydriques. Son bon fonctionnement conditionne non seulement la performance du système d'irrigation, mais aussi la durabilité des pratiques agricoles (**ONID, 2025**).



Figure III.6. Pompe horizontale à la station de pompage de Guénitra

III.4.2.1. Les contraintes de gestion de la station de pompage Guénitra

La station de pompage d'eau d'irrigation à partir du barrage Guénitra souffre de plusieurs problèmes persistants depuis longtemps. Le principal souci est le fonctionnement à basse pression, ce qui entraîne une faible distribution d'eau vers les terres agricoles et affecte négativement l'efficacité du système d'irrigation. Cette défaillance a un impact direct sur la productivité des agriculteurs, qui ne reçoivent pas suffisamment d'eau pendant les périodes critiques de la saison agricole.

La station est également confrontée à des coupures fréquentes d'électricité, ce qui provoque l'arrêt récurrent du pompage. Cette instabilité dans l'alimentation perturbe le programme de distribution de l'eau et engendre un déséquilibre dans le calendrier d'irrigation, mettant les agriculteurs en difficulté et retardant les opérations agricoles.

Par ailleurs, la station connaît parfois un arrêt complet en raison de pannes techniques ou d'une mauvaise gestion, ce qui empêche une alimentation continue et régulière en eau. Cette situation compromet le rendement des cultures et la rentabilité des investissements agricoles.

L'un des cas les plus flagrants de mauvaise gestion est la construction d'une maison privée sur le canal de pompage, ce qui a causé, depuis trois ans, la privation de quatre hectares de terres agricoles de l'eau d'irrigation, malgré leur emplacement dans une zone fertile. À ce jour, les autorités concernées n'ont trouvé aucune solution efficace à ce problème (**El Fadjr, 2015**).

S'ajoute aux problèmes techniques une problématique de gestion partagée entre les organismes concernés. En effet, la station de pompage est gérée par l'ADE (Algérienne des

Eaux), tandis que les réservoirs d'eau sont sous la responsabilité de l'ONID (Office National de l'Irrigation et du Drainage).

Cette répartition des compétences engendre des difficultés lorsque le niveau d'eau dans les réservoirs baisse, car l'ONID ne peut pas procéder directement au remplissage sans une coordination administrative préalable avec l'ADE.

Cette situation entraîne des retards dans l'approvisionnement en eau, perturbant ainsi la continuité du service d'irrigation, notamment durant les périodes critiques de la saison agricole. Ce manque de coordination entre les institutions constitue un obstacle supplémentaire qui réduit l'efficacité de la station de pompage (ONID, 2025).

III.4.2.2. Dysfonctionnements de certains équipements de la station de pompage

- **Les pompes :** La pompe est un dispositif qui convertit l'énergie mécanique en énergie de pression pour déplacer un fluide d'un point bas vers un point haut. Son fonctionnement dépend des propriétés du fluide, des conditions d'écoulement et des caractéristiques de l'installation. On distingue deux types principaux : les pompes centrifuges (rotatives) et les pompes volumétriques (cycliques) (Benahmed et Benbakir, 2022). À la station de pompage de Guénitra, seulement deux pompes de refoulement sur cinq sont en service. Très probablement, cette mise hors service est due au dysfonctionnement des clapets anti-retour. Cette situation compromet sérieusement le fonctionnement de la station, réduit la capacité de pompage, entraîne une perte de pression dans le réseau et augmente le risque de déséquilibre dans l'alimentation en eau (ONID, 2025).
- **Clapet anti-retour :** Le clapet anti-retour est un dispositif installé sur une canalisation permettant au fluide de s'écouler dans un seul sens. Placé en aspiration, il empêche le retour de l'eau vers la source lorsque la pompe s'arrête, notamment si le clapet de refoulement ne se ferme pas correctement (Hebal, 2024). À la station de pompage de Guénitra, tous les clapets anti-retours sont défectueux, à l'exception d'un seul. Cette situation a engendré de nombreux problèmes techniques graves, tels que le retour d'eau vers les pompes, entraînant la détérioration de certaines d'entre elles, une perte de pression dans le réseau, ainsi qu'un risque potentiel de contamination de l'eau en raison du refoulement. De plus, cela peut causer une surconsommation d'énergie due à la baisse de rendement (ONID, 2025).
- **Les vannes :** Une vanne de réglage est un dispositif hydraulique permettant de contrôler le débit d'un fluide en modifiant la perte de charge dans le réseau. En agissant sur la

résistance hydraulique, elle permet d'ajuster le point de fonctionnement du système. Elle peut être montée en série ou en parallèle pour réguler efficacement le débit et la puissance consommée (Hebal, 2024). À la station de pompage de Guénitra, les vannes, tout comme les autres équipements, sont anciennes et peuvent tomber en panne à tout moment, notamment en raison du manque d'entretien préventif. Cette situation augmente le risque de défaillances soudaines (ONID, 2025).

III.4.3. Diagnostic actuel des réservoirs de stockage d'eau d'irrigation

Le réservoir désigne un espace naturel ou aménagé destiné à stocker, réguler et gérer les ressources en eau (Organisation Mondiale Météorologique & UNESCO, 2012). Les réservoirs jouent un rôle clé dans les réseaux d'eau potable et d'irrigation. Ils assurent le stockage, la régulation des débits, la stabilité des pompes, la pression dans le réseau, et garantissent une alimentation continue tout en protégeant l'eau des contaminations et variations thermiques (Zenidi, A. et Zenidi, F., 2019).

Le périmètre de Saf-Saf comprend quatre réservoirs intégrés dans son réseau principal. Nous disposons également d'un réservoir tampon (ONID, 2025) :

- Le Réservoir N°01, situé dans le secteur de Skikda – Ramdane Djamel, a une capacité de 30 000 m³ et est alimenté par gravité depuis le Réservoir N°02.
- Le Réservoir N°02, dans le secteur de Salah Bouchaour, a une capacité de 29 000 m³ et reçoit l'eau par refoulement depuis Guénitra ainsi que par gravité depuis le Réservoir N°03.
- Le Réservoir N°03, situé à El Harrouch, a une capacité de 20 000 m³. Il dessert directement la zone basse, tandis qu'une station de pompage a été prévue pour refouler l'eau vers un réservoir supplémentaire, le Réservoir N°05, d'une capacité de 500 m³, destiné uniquement à la zone haute.
- Le Réservoir N°04, desservant le secteur d'Emdjez-Edchiche, a une capacité de 24 000 m³ et est alimenté par refoulement depuis Guénitra.
- Le réservoir tampon, situé à Sidi Mezghiche, caractérisé par une base carrée dont les dimensions intérieures sont de 12 x 12 m, et une hauteur de 4,50 m. Sa mission est de régulariser le fonctionnement de la station de pompage.

III.4.3.1. Problèmes des réservoirs du périmètre Saf-Saf

Les réservoirs du périmètre Saf-Saf connaissent plusieurs problèmes qui entravent leur bon fonctionnement (ONID, 2025) :

III.4.3.1.1. Impact humain négatif sur les réservoirs

Le réservoir d'eau situé dans le secteur III de la commune de El Harrouch (wilaya de Skikda) a subi une dégradation structurelle importante ayant conduit à sa mise hors service totale. Cette détérioration est principalement due à des pratiques non réglementées de la part de certains agriculteurs, qui ont installé des motopompes de grande puissance directement sur les parois ou à proximité immédiate du réservoir. Les vibrations répétées générées par le fonctionnement de ces équipements ont provoqué des fissures ainsi que des déformations (gonflements) au niveau de la structure en béton, compromettant la stabilité des parois. Cela a entraîné des fuites importantes d'eau vers le sol environnant, réduisant progressivement la capacité de stockage du réservoir jusqu'à son inutilisabilité.

Une tentative de réparation des parties endommagées, notamment les gradins ou les murs de soutènement du réservoir, a été entreprise ultérieurement. Cependant, cette intervention n'a pas été réussie, car elle n'a pas été réalisée selon les normes d'ingénierie en vigueur, notamment en l'absence de respect du « linéogramme », qui est un schéma ou guide technique définissant en détail les modalités d'exécution des travaux dans ce type d'ouvrage, en termes de matériaux, de dimensions, d'étapes de mise en œuvre et de méthodes de réhabilitation.

Étant donné que cette exigence technique n'a pas été respectée, les travaux réalisés étaient superficiels et techniquement faibles, ce qui a entraîné la persistance, voire l'aggravation du problème. Les fuites ont continué et les fissures n'ont pas été réparées de manière efficace. Au lieu de restaurer la structure à son état initial, son état s'est détérioré davantage avec le temps.



Figure III.7. Déformations (gonflements) et fissures au niveau de la structure en béton de Réservoir N°03 d'EL Harrouch (ONID, 2025)

III.4.3.1.2. Dégradation des joints de dilatation entre les gradins des réservoirs

Le goudron est utilisé comme matériau de remplissage dans les joints de dilatation des réservoirs en béton relevant du périmètre de Saf-Saf, afin d'assurer une certaine souplesse structurelle et d'éviter les infiltrations d'eau entre les gradins. Cependant, ce matériau n'a fait l'objet d'aucune opération d'entretien ou de renouvellement depuis de nombreuses années, ce qui a conduit à une dégradation progressive de ses propriétés physiques, notamment son élasticité et son adhérence.

Cette détérioration est principalement due à une exposition prolongée aux rayons solaires et aux conditions climatiques, en particulier lors des périodes où les réservoirs sont vidés.

En conséquence, des fissurations et un effritement des joints sont apparus, compromettant ainsi l'efficacité de l'étanchéité structurelle des réservoirs.



Figure III.8. Les joints de dilatation entre les gradins des réservoirs du périmètre Saf-Saf (ONID, 2025)

III.4.3.1.3. État des équipements et de l'infrastructure

Concernant les réservoirs en béton du périmètre de Saf-Saf, il a été constaté une panne persistante du flotteur chargé de réguler l'écoulement de l'eau vers le réseau de distribution. Cette défaillance, qui dure depuis plusieurs années, n'a fait l'objet d'aucune intervention de maintenance visant à rétablir le fonctionnement automatique du système. Par conséquent, l'opération de distribution se fait manuellement, ce qui compromet la régulation autonome du niveau d'eau et expose le système à des déséquilibres de pression ainsi qu'à des pertes d'eau importantes. Ce dysfonctionnement témoigne d'une faiblesse au niveau de la gestion et de l'entretien des infrastructures hydrauliques dans ce périmètre.

Sur le plan du génie civil, le Réservoir N°4 est globalement en bon état et ne présente pas de dégradations majeures. Toutefois, certains équipements techniques, tels que le clapet abattant et la conne (élargissement-réduction), sont d'ancienne génération et en état moyen, avec des signes visibles de corrosion. Cela pourrait compromettre l'efficacité hydraulique du système. Il est donc recommandé d'envisager des travaux de maintenance ou de remplacement partiel de ces éléments pour assurer un fonctionnement fiable et durable.



Figure III.9. Chambre de vanne et ses équipements

III.4.3.1.4. Envaseement des réservoirs

Le phénomène de l'envaseement (boue et sédiments solides) dans les réservoirs en béton du périmètre Saf-Saf constitue l'un des problèmes opérationnels affectant leur efficacité. Ce phénomène résulte de l'entrée d'eaux chargées d'impuretés et de l'absence d'un système de filtration primaire efficace, ce qui entraîne une dégradation progressive des performances du réservoir et de sa capacité d'exploitation, nécessitant ainsi une intervention technique régulière pour y remédier.



Figure III.10. Problème d'envaseement des réservoirs (le Réservoir N°3 de secteur d'EL Harrouch) (ONID, 2025)

Le Réservoir relevant du Secteur IV d'Emdjez-Edchiche présente un niveau de pollution notable dû à l'accumulation de déchets au fond, en raison de l'absence d'opérations régulières de nettoyage. Cette situation risque d'altérer la qualité de l'eau destinée à l'irrigation et favorise le développement des algues et des micro-organismes. Une intervention rapide de nettoyage est donc nécessaire pour rétablir des conditions d'exploitation optimales.



Figure III.11. Contamination des déchets au fond de Réservoir N°4 d'Emdjez-Edchiche

III.5. Impacts induits et risques systémiques

Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2021), les perturbations affectant les systèmes d'adduction en eau, en particulier dans le contexte d'infrastructures vétustes ou mal entretenues, peuvent engendrer des conséquences en cascade sur la sécurité alimentaire, la stabilité sociale et les équilibres environnementaux.

Dans la région d'Oum Toub, les lacunes constatées dans la distribution de l'eau en provenance du barrage de Guénitra compromettent la régularité des cultures irriguées. Celles-ci se retrouvent alors au cœur de tensions intercommunales exacerbées par la rareté de la ressource.

Ces tensions renforcent, à leur tour, la vulnérabilité des populations rurales face aux aléas climatiques. Une telle complexité d'impacts appelle à une gouvernance plus intégrée ainsi qu'à des investissements ciblés visant à renforcer la résilience des infrastructures hydrauliques (FAO, 2021).

III.5.1. Impact sur l'agriculture et les populations rurales

Dans les zones rurales où l'irrigation gravitaire constitue la principale source d'eau pour l'agriculture, toute irrégularité dans la distribution hydraulique perturbe les cycles de production, diminue les rendements et affaiblit les économies locales. Selon le rapport du

Ministère des Ressources en Eau, de nombreuses exploitations agricoles dans la wilaya de Skikda ont dû adapter leurs pratiques culturales en réponse aux pénuries récurrentes d'eau issues du barrage de Guénitra (MRE, 2020).

III.5.2. Risque de détérioration des infrastructures hydrauliques

La vétusté des équipements hydrauliques, notamment les stations de pompage et les réseaux de canalisations principaux et secondaires, constitue une menace réelle pour la durabilité des ressources en eau. L'augmentation des pannes de ces installations et des fuites d'eau exacerbe le problème des pertes hydriques. Dans ce contexte, une étude menée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques a révélé que le réseau de distribution d'eau dans la région de Guénitra enregistre un taux de pertes techniques dépassant 25%, un indicateur qui annonce un danger réel face aux pressions croissantes sur les ressources en eau (ANRH, 2022).

III.5.3. Impacts environnementaux résultant d'une perturbation du réseau

La perturbation du débit naturel de l'eau libérée par le barrage entraîne des impacts environnementaux négatifs tout au long du cours d'eau. Ce changement provoque un déséquilibre dans l'équilibre délicat des écosystèmes fluviaux, en particulier les zones humides et les affluents secondaires qui dépendent de la stabilité du niveau d'eau pour soutenir leur biodiversité. L'Observatoire Méditerranéen de l'Eau a documenté comment la gestion non coordonnée des barrages en Algérie a, dans certains cas, conduit à la disparition progressive d'environnements naturels sensibles (OME, 2019).

III.6. Conclusion

À travers ce chapitre, nous avons procédé à un diagnostic approfondi de l'état des infrastructures de transport et de distribution d'eau liées au barrage de Guénitra. Il en ressort que l'ensemble des composantes du système (conduite d'adduction, réseau de distribution, stations de pompage et réservoirs) présentent diverses défaillances techniques et structurelles qui affectent gravement la performance globale du réseau. Ces dysfonctionnements se traduisent par des pertes importantes d'eau, une baisse de pression, une irrégularité dans l'approvisionnement, ainsi que des difficultés de gestion et de maintenance.

Les infrastructures en place, largement marquées par l'usure du temps et souvent inadaptées aux exigences actuelles, ne permettent plus de garantir une distribution fiable et efficace de l'eau. Leur état de dégradation avancée compromet non seulement la pérennité du système, mais aussi la sécurité de l'approvisionnement en eau destiné à l'irrigation.

L'analyse du système de distribution existant nous oblige ainsi à proposer d'autres solutions pour assurer une distribution et un transport efficaces de l'eau dans le périmètre Saf-Saf.

CHAPITRE IV

Étude hydraulique et simulation du réseau d'adduction

CHAPITRE IV : ÉTUDE HYDRAULIQUE ET SIMULATION DU RESEAU D'ADDUCTION

IV.1. Introduction

Dans le cadre de la recherche de solutions durables aux problèmes d'alimentation en eau, une étude hydraulique complète a été réalisée pour la zone concernée. Elle vise à améliorer l'efficacité de la distribution tout en garantissant un approvisionnement continu et conforme aux exigences techniques. Ce chapitre présente une étude hydraulique complète, tout en proposant des solutions durables aux problèmes d'approvisionnement en eau de la zone étudiée. L'étude a débuté par un calcul précis des besoins en eau, étape fondamentale pour déterminer le débit à fournir au réseau. Sur cette base, la phase de conception des pompes a été avancée afin d'assurer un fonctionnement optimal du système. L'étude comprenait également le dimensionnement des réservoirs et l'estimation des volumes nécessaires pour sécuriser le stockage stratégique et assurer un approvisionnement continu. Enfin, une simulation hydraulique de la nouvelle conduite a été réalisée à l'aide du logiciel EPANET. L'objectif était de déterminer la pertinence de cette nouvelle conduite comme solution efficace pour améliorer la distribution de l'eau.

IV.2. Analyse des besoins en eau pour l'irrigation

IV.2.1. Calcule des besoins en eau d'irrigation et les débits mensuels pour les secteurs

Dans le cadre de l'étude des besoins en eau pour les différentes cultures au niveau des secteurs II et IV du périmètre Saf-Saf (secteurs alimentés à partir du barrage Guénitra), des données techniques ont été utilisées pour exprimer la demande en eau (en m³/ha) selon les mois de l'année. Le tableau suivant présente ces besoins pour chaque type de culture.

Tableau IV.1. Les besoins en eau des cultures (en m³/ha/mois)

Mois	Arbre fruitiers F	Maraichage A	Luzerne B	Grain/Mais/Luzerne C
Avril	0	900	900	1500
Mai	1200	2700	2500	2500
Juin	2280	3100	2700	2700
Juillet	2600	2300	2400	2400
Aout	2300	2000	0	0
Septembre	1300	1700	0	0
Octobre	1600	1600	0	0
Novembre	1500	1200	0	0

Afin d'évaluer avec précision la demande totale en eau d'irrigation au sein des secteurs II et IV du périmètre Saf-Saf, il est également nécessaire de prendre en compte les superficies cultivées pour chaque type de culture dans ces deux zones. Le tableau ci-dessous présente la répartition des superficies par type de culture selon les données fournies par l'étude INTECSA.

Tableau IV.2. Répartition des superficies cultivées (Ha) dans les secteurs II et IV (INTECSA)

Secteurs	Assolement				Superficie totale (Ha)
	F	A	B	C	
Secteur II	706	635	190	60	1591
Secteur IV	143	792	0	385	1330

À partir des besoins mensuels en eau (m³/ha/mois) et des superficies cultivées (ha) dans les secteurs II et IV du périmètre Saf-Saf, il est possible de calculer les volumes d'eau requis pour chaque mois et par culture. L'estimation de ces volumes permet ensuite de déterminer les besoins totaux en eau d'irrigation mensuels pour chaque secteur, à l'aide de la formule suivante :

$$Q = \frac{V}{(T \times 3600)} \quad \text{(IV.1)}$$

Avec :

- Q : le débit d'irrigation mensuel (m³/s).
- V : le volume d'eau requis pour le mois donné (m³).
- T : la durée d'irrigation dans le mois considéré (en heures).

Ce calcul est appliqué séparément pour chaque secteur et pour chaque mois, afin de déterminer l'évolution du débit nécessaire au cours de l'année en fonction du calendrier cultural.

Tableau IV.3. Les besoins en eau d'irrigation et les débits mensuels pour le secteur II

Mois	F	A	B	C	Totale (m ³)	Débit mensuel (L/s)
Avril	0	571500	171000	90000	832500	310.82
Mai	847200	1714500	475000	150000	3186700	1189.78
Juin	1609680	1968500	513000	162000	4253180	1587.96
Juillet	1835600	1460500	456000	144000	3896100	1454.64
Aout	1623800	1270000	0	0	2893800	1080.42
Septembre	917800	1079500	0	0	1997300	745.71
Octobre	1129600	1016000	0	0	2145600	801.06
Novembre	1059000	762000	0	0	1821000	679.88
Novembre	1059000	762000	0	0	1821000	679.88

Tableau IV.4. Les besoins en eau d'irrigation et les débits mensuels pour le secteur IV

Mois	F	A	B	C	Totale (m ³)	Débit mensuel (L/s)
Avril	0	712800	0	577500	1290300	481.74
Mai	171600	2138400	0	962500	3272500	1221.81
Juin	326040	2455200	0	1039500	3820740	1426.50
Juillet	371800	1821600	0	924000	3117400	1163.90
Aout	328900	1584000	0	0	1912900	714.20
Septembre	185900	1346400	0	0	1532300	572.10
Octobre	228800	1267200	0	0	1496000	558.54
Novembre	214500	950400	0	0	1164900	434.92

IV.2.2. Calcul du débit maximal adéquat pour l'irrigation des superficies des secteurs

Le débit maximal correspond au mois où la demande en eau est la plus élevée, dans notre cas c'est le mois de juin :

- Secteur II – Juin : Volume de 4 253 180 m³ avec un débit de 1587.96 L/s.
- Secteur IV – Juin : Volume de 3 820 740 m³ avec un débit de 1426.50 L/s.

Donc, le débit maximal d'irrigation des secteurs II et IV est :

$$1587.96 + 1426.50 = 3\,014,46 \text{ L/s.}$$

Tandis que, le débit total maximal en tête de la conduite d'adduction, c-à-d à partir du barrage de Guénitra est de :

$3014.46 + 444 = 3459 \text{ L/s}$ (en rajoutant 444 L/s débit qui alimente la station de traitement de Hamadi Krouma, et qui représente le débit destiné à l'AEP de la ville de Skikda et ses environs).

Ce débit représente la capacité maximale que le système d'irrigation doit pouvoir assurer pour répondre à la demande en eau pendant le mois le plus exigeant (juin).

IV.3. Dimensionnement des infrastructures hydrauliques

IV.3.1. Vérification hydraulique de la conduite de refoulement

Dans le cadre de l'étude de l'adduction par refoulement, et après le choix de la conduite de refoulement en fonction des caractéristiques techniques et fonctionnelles requises, il est indispensable d'effectuer une vérification hydraulique afin de s'assurer de l'efficacité de cette conduite à transporter le débit en toute sécurité. Cette vérification permet d'analyser le comportement de l'écoulement à travers des calculs relatifs à la vitesse, au régime

d'écoulement, ainsi qu'aux pertes de charge linéaires et singulières, garantissant ainsi une performance optimale et la prévention des pertes de pression dans le réseau.

IV.3.1.1. Calcul de la vitesse (V) de l'écoulement

La formule utilisée est :

$$V = \frac{Q}{S}, \text{ avec } S = \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{IV.3})$$

Il y a deux conduites de refoulement, C'est-à-dire :

$$Q_1 = Q_2 = \frac{Q}{2} = \frac{3,4585}{2} = 1,72925 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Avec : (D = 1 m), Donc, la surface de la conduite est :

$$S = \frac{\pi(1)^2}{4} = 0,78 \text{ m}^2, \text{ et la vitesse est : } V = \frac{Q}{S} = \frac{1,72}{0,78} = 2,20 \text{ m/s}$$

IV.3.1.2. Calcul du nombre de Reynolds (Re)

La formule utilisée est :

$$Re = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \quad (\text{IV.4})$$

Avec : ($\rho = 998 \text{ kg/m}^3$, à 20°C), Donc :

$$Re = \frac{998 \times 2,20 \times 1}{1,005 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^6, \text{ ce qui montre que le régime est turbulent.}$$

IV.3.1.3. La détermination du coefficient de frottement " λ "

À partir du diagramme de Moody, la valeur du coefficient de frottement " λ " est :

$$\lambda = 0,012$$

IV.3.1.4. Calcul des pertes de charge

- Les pertes de charge linéaire

$$\Delta h_l = \frac{\lambda \times (L/D) \times V^2}{2g} \quad (\text{IV.5})$$

Avec : L = 600 m, Donc :

$$\Delta h_l = 1,47 \text{ m}$$

- Les pertes de charge singulières

$$\Delta h_s = 0,1 \times \Delta h_l \quad (\text{IV.6})$$

$$\text{Donc, } \Delta h_s = 0,1 \times 2,6 = 0,15 \text{ m}$$

▪ **Les pertes de charge totale de chaque conduite**

$$\Delta h_t = \Delta h_s + \Delta h_l \quad (\text{IV.7})$$

Donc, $\Delta h_t = 1,47 + 0,15 = 1,62 \text{ m}$

La perte de charge totale obtenue (1.62 m) est modérée, ce qui reflète une bonne performance hydraulique de la conduite de refoulement et un écoulement maîtrisé.

IV.3.1.5. Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT)

$$\text{HMT} = H_g + H_{\text{pertes}} \quad (\text{IV.8})$$

Avec : $H_g = 140 \text{ m}$, Donc : $\text{HMT} = 140 + 1,62 = 141,62 \text{ m}$

IV.3.2. Détermination de la capacité des réservoirs

Dans le cadre de la conception des infrastructures hydrauliques destinées à l'irrigation, il est essentiel de déterminer avec précision la capacité des réservoirs. Cette capacité dépend principalement du débit journalier destiné à chaque secteur d'irrigation, ainsi que du pourcentage du volume journalier à stocker afin d'assurer une alimentation en eau continue et fiable. Le tableau suivant présente les données hydrauliques disponibles pour les secteurs concernés :

Tableau IV.5. Données hydrauliques disponibles pour les secteurs II et IV

Secteur	Débit (L/s)	Débit (m ³ /s)	Volume journalier (m ³)	Volume du réservoir (%)
Secteur N°4	1588	1.588	137203.2	30
Secteur N°2	1426.5	1.4265	123249.6	

Dans le cadre de la gestion des ressources hydriques, le barrage ne consacre qu'une fraction de l'eau disponible à l'irrigation. Cette limitation doit être rigoureusement prise en compte dans le dimensionnement des volumes nécessaires pour chaque secteur :

- La capacité du Réservoir N°2 est : $V = 123\,249.6 \times 0.3$, alors : $V = 36\,975 \text{ m}^3$.
- La capacité du Réservoir N°4 est : $V = 137\,203.2 \times 0.3$, alors : $V = 41\,161 \text{ m}^3$.

Conformément aux normes de dimensionnement hydraulique, les volumes journaliers calculés ont été arrondis aux capacités normalisées. Par conséquent, le réservoir du secteur N°2 est fixé à une capacité de 35 000 m³, tandis que celui du secteur N°4 est dimensionné à 40 000 m³, assurant ainsi une couverture fiable des besoins en irrigation avec une marge de sécurité adéquate.

IV.3.3. Choix et dimensionnement des pompes de la station de pompage de Guénitra

IV.3.3.1. Données techniques de la station de pompage

- Débit par pompe : 0,631 m³/s.
- Hauteur Manométrique Totale (HMT) : 141,6 m.
- Rendement (η) : 0,7.
- Nombre de pompes installées : 4 en fonctionnement + 1 en secours.

IV.3.3.2. Calcul de la puissance par pompe

- Puissance hydraulique (P_h) : $P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$,

$$P_h = 1000 \times 9,81 \times 0,631 \times 141,6 = 876519,576 \text{ W} = 876,5 \text{ kW}.$$

- Puissance électrique (P_e) : $P_e = P_h / \eta$, $P_e = 876,5 / 0,7 = 1252,2 \text{ kW/pompe}.$

IV.3.3.3. Débit total requis

- Secteur II : 1,588 m³/s
- Secteur IV : 1,4265 m³/s
- Partie supplémentaire jusqu'à la station de traitement : 0,444 m³/s

Donc, le débit total est : $Q_{\text{total}} = 1,588 + 1,4265 + 0,444 = 3,4585 \text{ m}^3/\text{s}.$

IV.3.3.4. Calcul du nombre de pompes nécessaires

Chaque pompe à un débit de 0,631 m³/s : $N = 3,4585 / 0,631 = 5,5$. Donc 6 pompes sont nécessaires pour assurer le refoulement de l'ensemble du débit, sans surcharge, et une pompe supplémentaire en réserve.

Cela donne une puissance électrique totale prescrite de :

$$1252,2 \times 6 = 9151,2 \text{ Kw}.$$

Ce qui nous exige de proposer un transformateur de 10000 Kva.

IV.3.3.5. Etude du coup de bélier

Le coup de bélier est un phénomène hydraulique transitoire qui survient lors d'un changement rapide des conditions d'écoulement dans une conduite. Il se manifeste par une variation brutale de pression, souvent due à l'arrêt soudain d'un fluide en mouvement, tel que l'eau. Ce phénomène, assimilé à une onde de choc, peut être particulièrement dangereux pour les réseaux de tuyauterie. Les causes principales incluent la fermeture rapide des vannes, l'arrêt ou le démarrage brutal des pompes, ou encore la perte soudaine d'alimentation

électrique dans les stations de pompage. Une gestion inadéquate des équipements de protection peut également accentuer ses effets (Belkacemi, 2019).

IV.3.3.5.1. Les risques associés au coup de bélier

Le coup de bélier est un phénomène dangereux qui résulte de variations brusques de pression ou de débit dans les conduites en charge. Ses effets deviennent plus graves avec l'augmentation de l'intensité des variations (Belkacemi, 2019) :

- **Surpression** : Elle survient suite à la fermeture rapide d'une vanne ou à l'arrêt soudain d'une pompe, provoquant une forte élévation de pression. Si cette pression dépasse la limite de résistance des conduites, cela peut entraîner leur rupture ou le déboîtement des joints d'étanchéité.
- **Dépression** : Elle se produit lors de l'ouverture soudaine d'une vanne ou de l'arrêt brutal d'une pompe, causant une pression négative. Si la pression descend en dessous de 10 m.c.e, une cavitation peut apparaître, ce qui risque d'endommager la canalisation, voire de l'écraser si elle est déformable, et d'abîmer la couche intérieure du tuyau.

IV.3.3.5.2. Célérité de propagation d'onde (a)

La célérité est la vitesse de propagation de la variation de pression dans la conduite. Elle dépend du fluide et des caractéristiques du tuyau (matériau, diamètre, épaisseur). Dans notre cas, avec des conduites en acier de 8,8 mm d'épaisseur, la célérité est estimée à 940.51 m/s.

IV.3.3.5.3. Calcul de la valeur maximale du coup de bélier (B)

La formule utilisée est :

$$B = (a \times V_0) / g \quad (\text{IV.9})$$

Avec :

- $a = 940.51$ m/s (célérité de l'onde)
- $V_0 = 2,20$ m/s (vitesse d'écoulement)
- $g = 9,81$ m/s² (accélération gravitationnelle)

Donc, $B = (940.51 \times 2,20) / 9,81 = 211$ mCE

IV.3.3.5.4. Calcul de la surpression et de la dépression

- **Surpression** : $H_{\max} = H_g + B = 140 + 211 = 351$ mCE
- **Dépression** : $H_{\min} = H_g - B = 140 - 211 = -71$ mCE

La valeur négative indique un risque élevé de cavitation.

IV.3.3.5.5. Résultats globaux de calcul du coup de bélier

L'étude suivante présente une simulation du coup de bélier afin d'évaluer les risques potentiels sur l'intégrité de la conduite.

Simulation
Epure de BERGERON
Oscillogramme
Profil des pressions
Quitter

Données de l'Adduction

Diametre m
 Débit m³/s
 H géomet m
 Long. Cond m
 coef. K
 Epaisseur e m
 C Haz Will

Résultats des variations du volume d'air

Umax m³
 Umin m³

Résultats

Vitesse m/s
 Section m²
 Célérité a m/s
 B m
 Hmax m
 Hmin m
 periode θ s
 Ho m
 PDC δ m
 a/g s

Données du Réservoir d'air

Volume U₀ m³
 K PDC entr Vf²
 K PDC sort Vf²
 Exposant

Pression de l'air

pres. air Z /U^α

Résultats des pressions

Surpression m
 Dépression m

temps	ΔU	U	Z	Δh1 ; Δh2	Z-Δh ; Z+Δh	δ	Z ↔ Δh ↔ δ	Vf graph	Vm	Vf choisie	f
0	0	3	152.150168	0	152.150168	2.15016815	150	2.20382166	0	0	
1.2759	1.911826	4.911826	84.2027684	5.20869479	78.9940736	1.20738796	77.7866857	1.45060317	1.90881036	1.61379906	-0.163196
2.5518	0.9901974	5.902023	67.5486741	0.2642236	67.2844505	0.07636627	67.2080842	-0.16617354	0.98863546	0.36347187	-0.529645
3.82769	-0.0786328	5.823391	68.6446715	40.636368	109.28104	0.14849243	109.429532	-1.45290064	-0.07850872	-0.52048931	-0.932411
5.10359	-0.5867216	5.236669	77.9743541	63.5902465	141.564601	0.22479609	141.789397	-1.96170992	-0.5857961	-0.65110289	-1.310607
6.37949	-0.6029522	4.633717	90.3030765	45.8546453	136.157722	0.16606959	136.323791	-2.18999956	-0.6020011	-0.5528993	-1.6371
7.65539	-0.5301999	4.103517	104.47935	38.379279	142.858629	0.14083895	142.999468	-2.40566759	-0.5293636	-0.5058279	-1.89984
8.93129	-0.4632368	3.64028	120.630234	26.3573207	146.987554	0.09944975	147.087004	-2.50907031	-0.46250609	-0.41918429	-2.089886
10.2072	-0.3681372	3.272143	137.094241	14.9716391	152.06588	0.05890451	152.124785	-2.51729172	-0.36755648	-0.31592867	-2.201363
11.4831	-0.2526803	3.019463	150.97406	5.33745948	156.31152	0.02266527	156.334185	-2.42906073	-0.2522817	-0.18863473	-2.240426
12.759	-0.1168529	2.90261	158.296589	0.29974701	158.596336	0.00157516	158.597911	-2.27331202	-0.11666862	-0.0447025	-2.22861
14.0349	0.0224031	2.925013	156.842802	0.01599835	156.826804	0.00569023	156.821114	-2.11248441	0.02236781	0.08943811	-2.201923
15.3108	0.1199867	3.045	149.455964	0.04509409	149.41087	0.01485493	149.396015	-2.04763686	0.11979742	0.15015674	-2.197794
16.5867	0.1229059	3.167906	142.525075	0.01815172	142.506924	0.00639608	142.500527	-2.13215969	0.12271202	0.09526731	-2.227427
17.8626	0.0337448	3.20165	140.724356	0.11662927	140.840985	0.00065722	140.841643	-2.30590861	0.03369155	-0.0278842	-2.278024

Figure IV.1. Résultats de la simulation du coup de bélier

La simulation hydraulique du coup de bélier met en évidence un risque important lié à ce phénomène, avec une pression maximale de 351,28 m et une pression minimale de 71,28 m, traduisant de fortes variations en seulement 1,275 s. La dépression de 71,28 m suggère un risque de cavitation pouvant endommager la conduite. De plus, la variation du volume d'air dans le réservoir (de 2,90 à 5,90 m³) reflète une instabilité nécessitant une révision de son dimensionnement et des pertes de charge.

De ce fait, on suggère un réservoir d'air d'un volume de 6 000 l.

IV.3.3.5.6. Epure de BERGERON

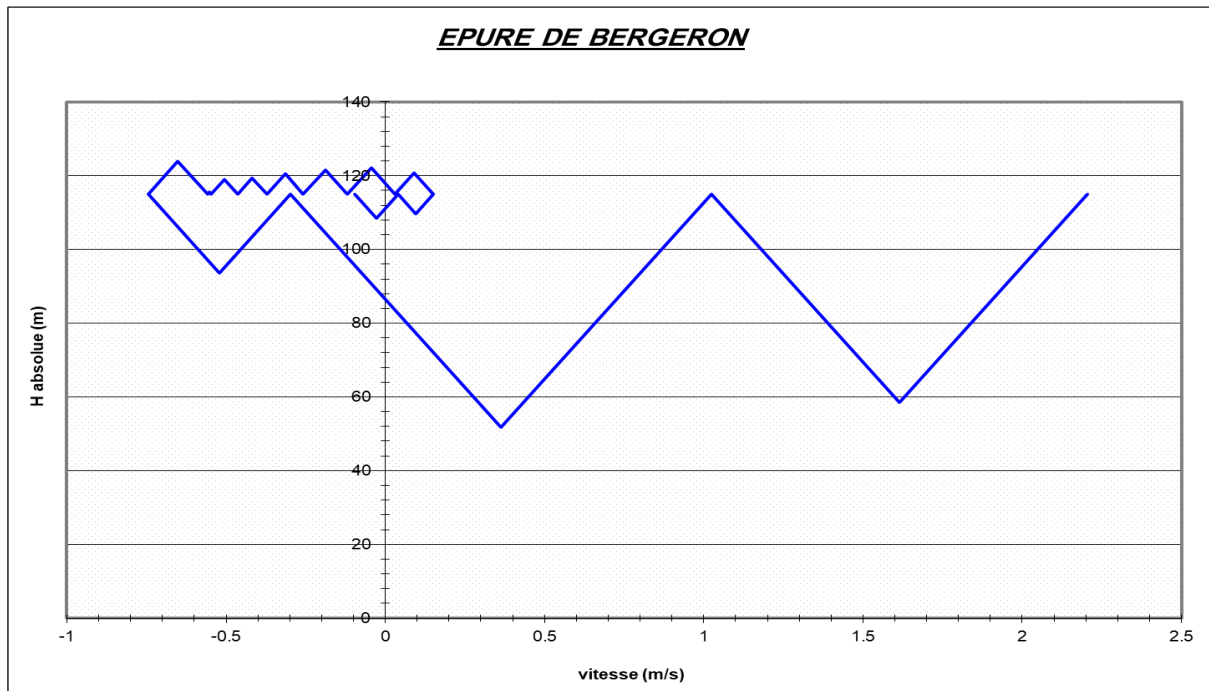


Figure IV.2. Variation de la vitesse en fonction de la hauteur absolue - Epure de Bergeron

Ce graphique montre une Epure de Bergeron illustrant la propagation et la réflexion des ondes de pression dans une conduite fermée après un changement brusque, comme l'arrêt brusque d'une pompe ou la fermeture d'une vanne. Il permet d'analyser visuellement le phénomène de coup de bélier.

IV.3.3.5.7. Variation de la pression absolue en fonction du temps

Afin d'approfondir l'analyse de ces comportements transitoires, la figure suivante illustre l'évolution de la pression absolue en fonction du temps, permettant d'observer les effets dynamiques liés aux variations de régime dans le réseau.

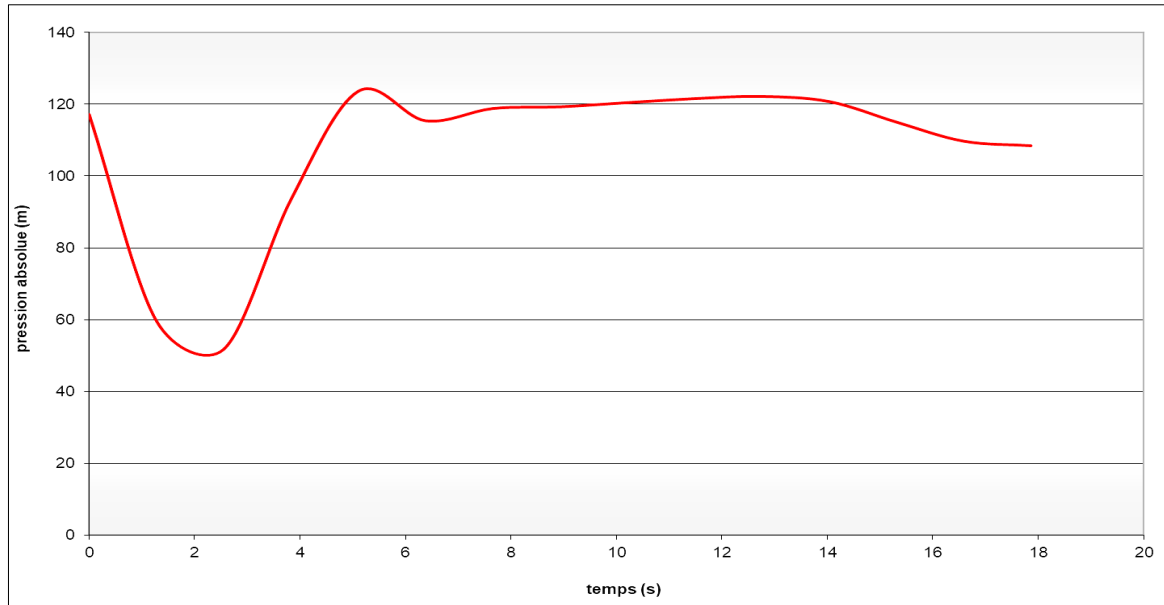


Figure IV.3. Variation de la pression absolue en fonction du temps

Le graphique de la pression absolue met en évidence un comportement transitoire instable, typique d'un coup de bélier. Une chute rapide de pression est suivie d'un pic de surpression, avant un retour progressif à l'équilibre. Cette réponse hydraulique souligne la sensibilité du réseau aux variations soudaines d'exploitation.

IV.4. Modélisation et simulation hydraulique sous EPANET

IV.4.1. Présentation du logiciel EPANET

EPANET est un logiciel de simulation qui permet d'analyser le comportement hydraulique et la qualité de l'eau dans les réseaux d'eau. Dans ce logiciel, un réseau est représenté par des tuyaux (appelés tronçons), des nœuds (points d'intersection entre deux tuyaux ou extrémités d'antenne), ainsi que divers équipements comme les réservoirs, pompes, clapets et vannes de différents types. Ce logiciel permet de simuler les débits dans chaque tronçon du réseau, d'évaluer les pressions aux différents nœuds, ainsi que de suivre l'évolution du niveau d'eau à tout moment de la journée et en toute saison.

EPANET peut traiter des réseaux de taille illimitée. Il propose plusieurs formules pour le calcul des pertes de charge (incluant les pertes singulières) et permet la modélisation de pompes à vitesse fixe ou variable (Azzedine et Stita, 2019).

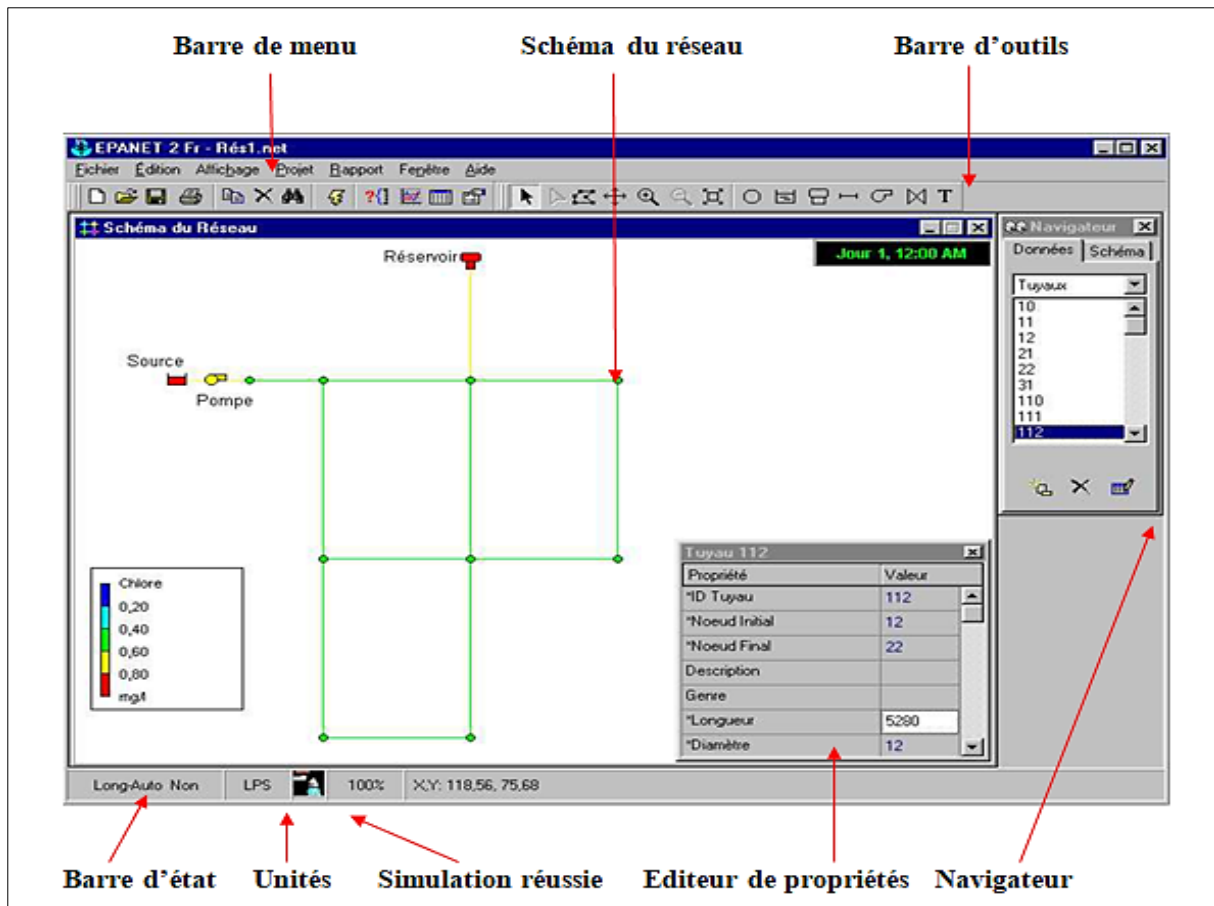


Figure IV.4. Présentation de l'écran du logiciel EPANET

IV.4.2. Potentialités du logiciel

L'interface utilisateur d'EPANET comprend un éditeur graphique qui facilite la modélisation des réseaux de canalisations et la gestion de leurs propriétés. Elle offre divers outils de visualisation pour interpréter les résultats, tels que des cartes colorées, des tableaux de données, des graphiques, des indicateurs de consommation énergétique et des profils hydrauliques.

EPANET intègre un moteur de calcul hydraulique avancé qui offrant de nombreuses fonctionnalités :

- Prise en charge des demandes dépendantes de la pression dans les analyses hydrauliques.
- Calcule les pertes de charge selon Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning.
- Estime la consommation énergétique et le coût de pompage.
- Permet la définition de réservoirs de formes variées avec diamètre variable selon la hauteur.
- Gère plusieurs catégories de demande par nœud, chacune avec un profil temporel propre.

- Modélise les débits sortants par orifices (ex. : têtes d'arrosage).
- Fournit des résultats fiables même dans des conditions hydrauliques complexes ou à faible débit (EPA, 2024).

IV.4.3. Présentation de la simulation hydraulique

IV.4.3.1. Objectif de la simulation

Dans le cadre de cette étude, une simulation hydraulique a été réalisée dans le but d'analyser la faisabilité d'une conduite mixte d'adduction d'eau, destiné à satisfaire simultanément :

- Les besoins en irrigation d'une zone agricole étendue,
- Et, les besoins en eau potable du groupement urbain de la ville de Skikda.

La source principale d'alimentation est la station de pompage située à la sortie du barrage de Guénitra, d'où l'eau est dirigée vers différents secteurs via une infrastructure de transport composée de conduites principales, de réservoirs, et de points de distribution, tel qu'il est représenté sur le schéma suivant.

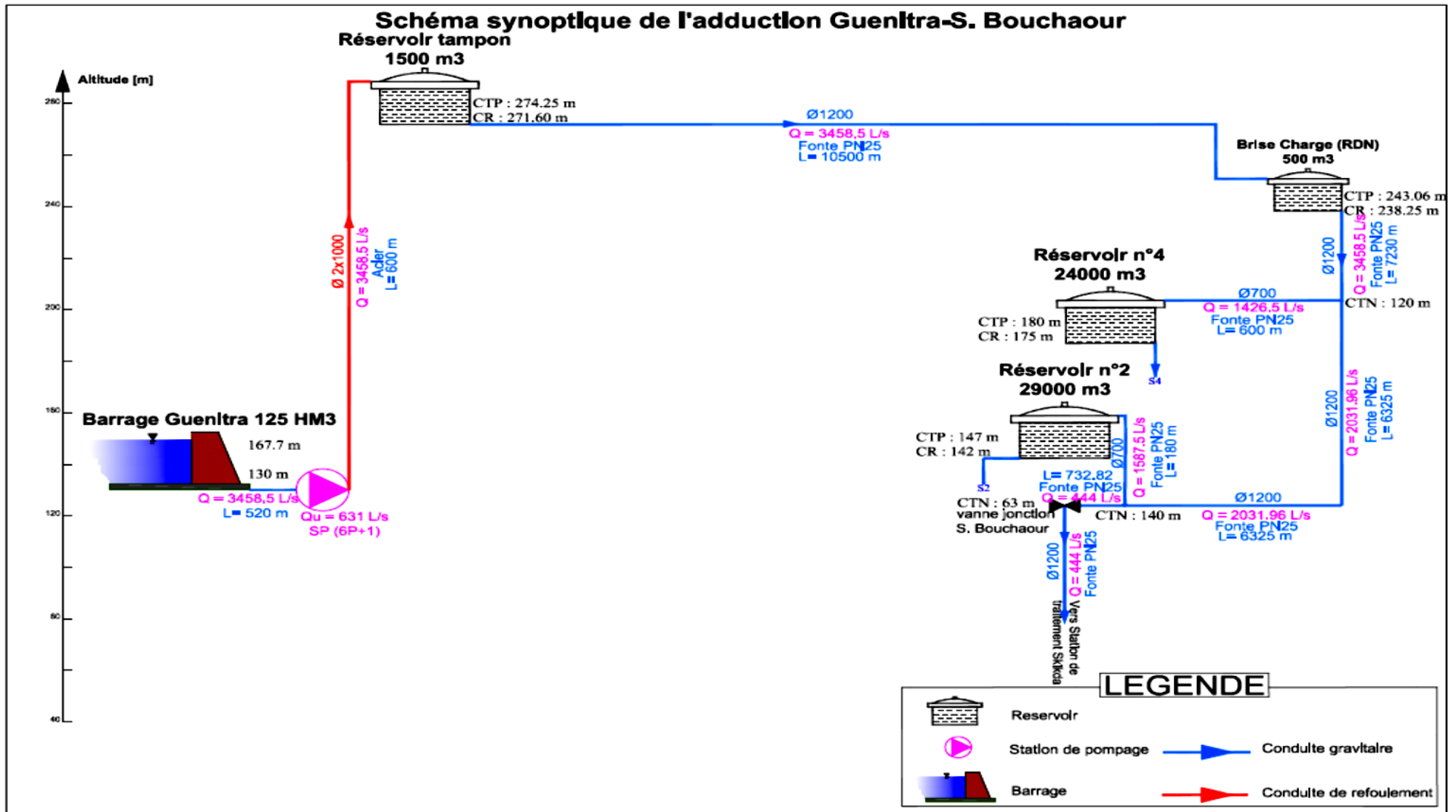


Figure IV.5. Schéma synoptique de la conduite d'adduction Guénitra-S. Bouchaour

IV.4.3.2. Description du modèle hydraulique

La modélisation a été effectuée à l'aide d'un logiciel spécialisé en hydraulique des réseaux sous pression (EPANET). Les éléments suivants composent le réseau simulé :

- Une station de pompage principale (STP) à l'aval du barrage.
- Des branches de distribution destinées à l'irrigation, et une à l'eau potable (nœud 10).
- Plusieurs réservoirs implantés en amont des zones à alimenter.
- Plus de 14 conduites de transport et de dérivation, de diamètres variés.

Les données d'entrée incluent :

- Les hauteurs géométriques des nœuds.
- Les longueurs et diamètres des tuyaux, ainsi que les coefficients de rugosités des matériaux utilisés.
- Les demandes en débit pour chaque Nœuds.
- Les caractéristiques de la pompe (débit/hauteur).

Après la configuration de notre projet ainsi que les options hydrauliques convenables pour le réseau, On représente le réseau d'adduction étudié par un tracé dans EPANET. Ce tracé comprend les volumes des réservoirs, la numérotation des conduites ainsi que celle des nœuds.

IV.4.3.3. Exécution de la simulation

Après avoir saisis toutes les données ainsi que les options hydrauliques du projet, on passe à l'exécution de la simulation hydraulique. Cette dernière nous permet de vérifier les résultats de calcul ainsi que la fiabilité de notre dimensionnement dans l'utilisation quotidienne réelle. Une simulation du réseau d'adduction a été réalisée afin d'assurer à la fois l'alimentation en eau potable et la satisfaction des besoins en eau pour l'irrigation.

IV.4.4. Résultats de la simulation et analyse technique

IV.4.4.1. Répartition des débits et des vitesses (État des Arcs du Réseau)

Les tableaux de résultats extraits de la simulation hydraulique permettent d'évaluer les performances physiques de la conduite et la faisabilité technique du réseau dans sa configuration mixte. Ils présentent les principales grandeurs hydrauliques à savoir : le débit (Q), la vitesse (V), la pression (P) et la perte de charge (Hf), qui sont intimement liées entre elles et conditionnent le bon fonctionnement de tout réseau de transport d'eau.

L'analyse des vitesses dans les conduites montre que l'augmentation du débit entraîne une hausse significative de la vitesse, en particulier dans les sections de petit diamètre. Dans ces tronçons, la surface de passage étant réduite, toute augmentation du volume d'eau se traduit directement par une élévation de la vitesse d'écoulement. Lorsque cette vitesse dépasse certaines limites (généralement fixées à 2.5 m/s comme valeur maximale recommandée), des pertes de charge importantes apparaissent en raison des frottements, entraînant des pertes d'énergie perceptibles sous forme de chute progressive de la pression le long du réseau.

Tableau IV.6. Les paramètres dans l'état des Arcs du Réseau (Simulation I)

ID Arc	Longueur	Diamètre	Rugosité	Débit	Vitesse	Pert. Charge	Facteur
	m	mm	mm	LPS	m/s	Unit. m/km	Friction /
Tuyau 02	600	1000	0,1	1729	2,2	3,17	0,013
Tuyau 12	6325	1200	0,1	2032	1,8	1,72	0,013
Tuyau 13	120	1200	0,1	444	0,39	0,09	0,014
Tuyau 14	10500	1200	0,1	3458	3,06	4,84	0,012
Tuyau 15	130	2000	0,1	3458	1,1	0,36	0,012
Tuyau 01	180	700	0,1	1588	4,13	16,57	0,013
Tuyau 04	7230	1200	0,1	3458	3,06	4,84	0,012
Tuyau 05	600	1000	0,1	1729	2,2	3,17	0,013
Tuyau 07	600	700	0,1	1427	3,71	13,43	0,013
Pompe 06	Sans Valeur	Sans Valeur	Sans Valeur	3458	0	-142,01	0
Vanne 03	Sans Valeur	1200	Sans Valeur	3458	3,06	0	0

IV.4.4.2. Pression observée aux nœuds critiques (État des Nœuds du Réseau)

Les résultats de pression révèlent un déséquilibre hydraulique manifeste entre les différentes zones du réseau.

La pression au niveau du point de sortie de la station de pompage (Nœud STP) atteint environ 142.97 mètres, ce qui semble à première vue suffisant pour alimenter le réseau.

Toutefois, cette pression chute brutalement à mesure que l'on s'éloigne de la station, en particulier vers les secteurs d'alimentation en eau potable.

En particulier, le nœud 3, qui représente le point de la prise en charge de l'alimentation en eau potable (AEP), affiche une pression négative de -16.03 mètres. Ce résultat est extrêmement préoccupant, car il indique l'impossibilité physique de capter l'eau à ce niveau pour l'acheminer vers le réseau de distribution d'eau potable.

Ce déficit en pression s'explique principalement par une orientation excessive des débits vers les branches d'irrigation, qui accaparent une grande partie des volumes disponible.

Tableau IV.7. État des Nœuds du Réseau (Simulation I)

ID Nœud	Demande	Charge	Pression
	LPS	m	m
Nœud STP	0	274,97	142,97
Nœud V1	0	187,2	67,2
Nœud V3	0	176,34	37,34
Nœud 10	444	176,33	118,33
Nœud 11	0	132,95	0,95
Nœud 01	1587,5	173,36	31,36
Nœud 03	0	222,22	-16,03
Nœud 04	0	273,07	1,47
Nœud 05	0	222,21	-16,04
Nœud 06	1426,5	179,14	4,14
Bâche BR	-3458	133	0

Le tableau IV.7 présente les valeurs de charge et de pression aux différents nœuds du réseau, mettant en évidence certaines irrégularités hydrauliques.

IV.4.4.3. Résultats de la simulation du réseau d'irrigation + AEP

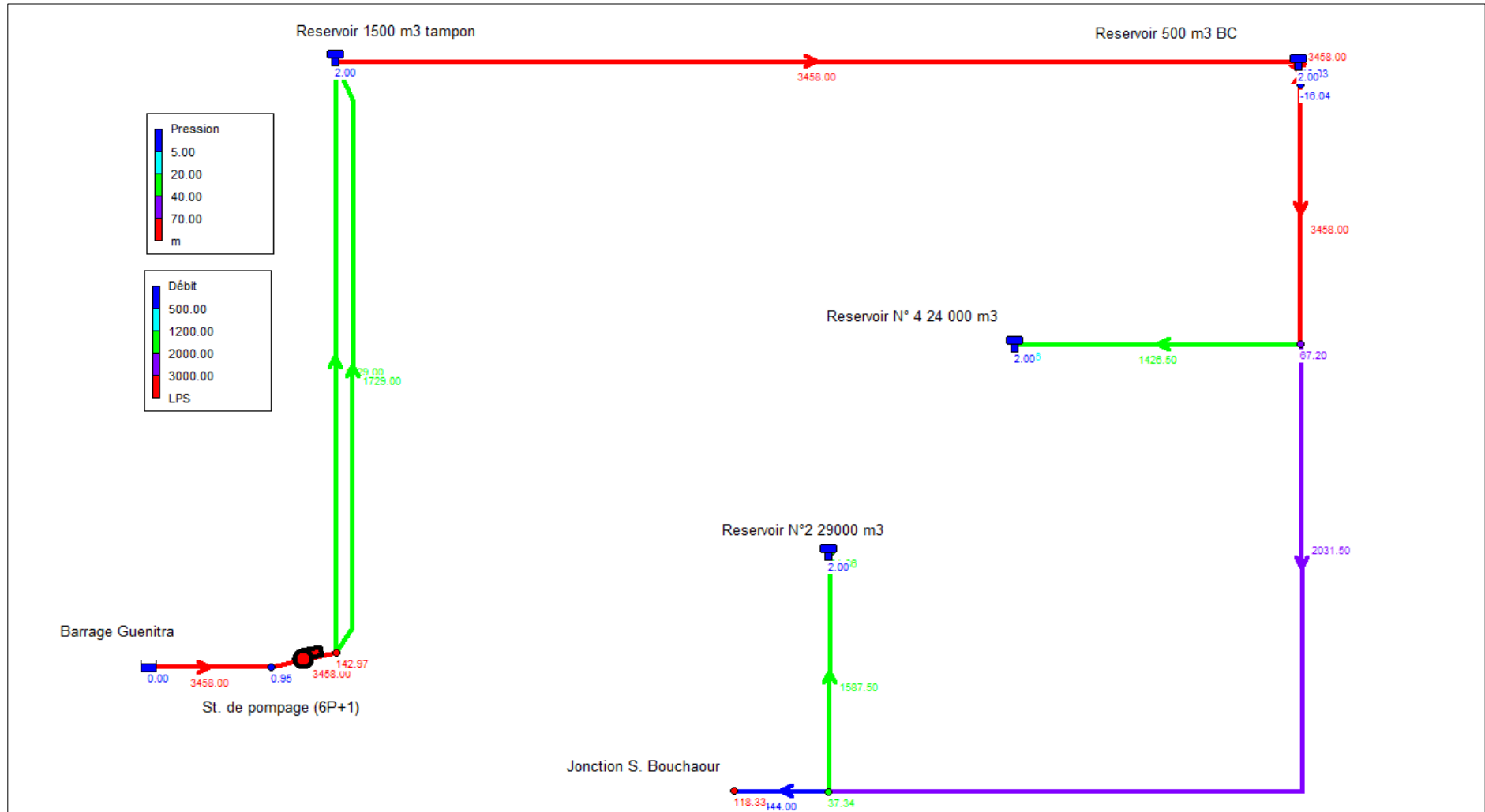


Figure IV.7. Résultats de la simulation du réseau d'irrigation + AEP (Débit)

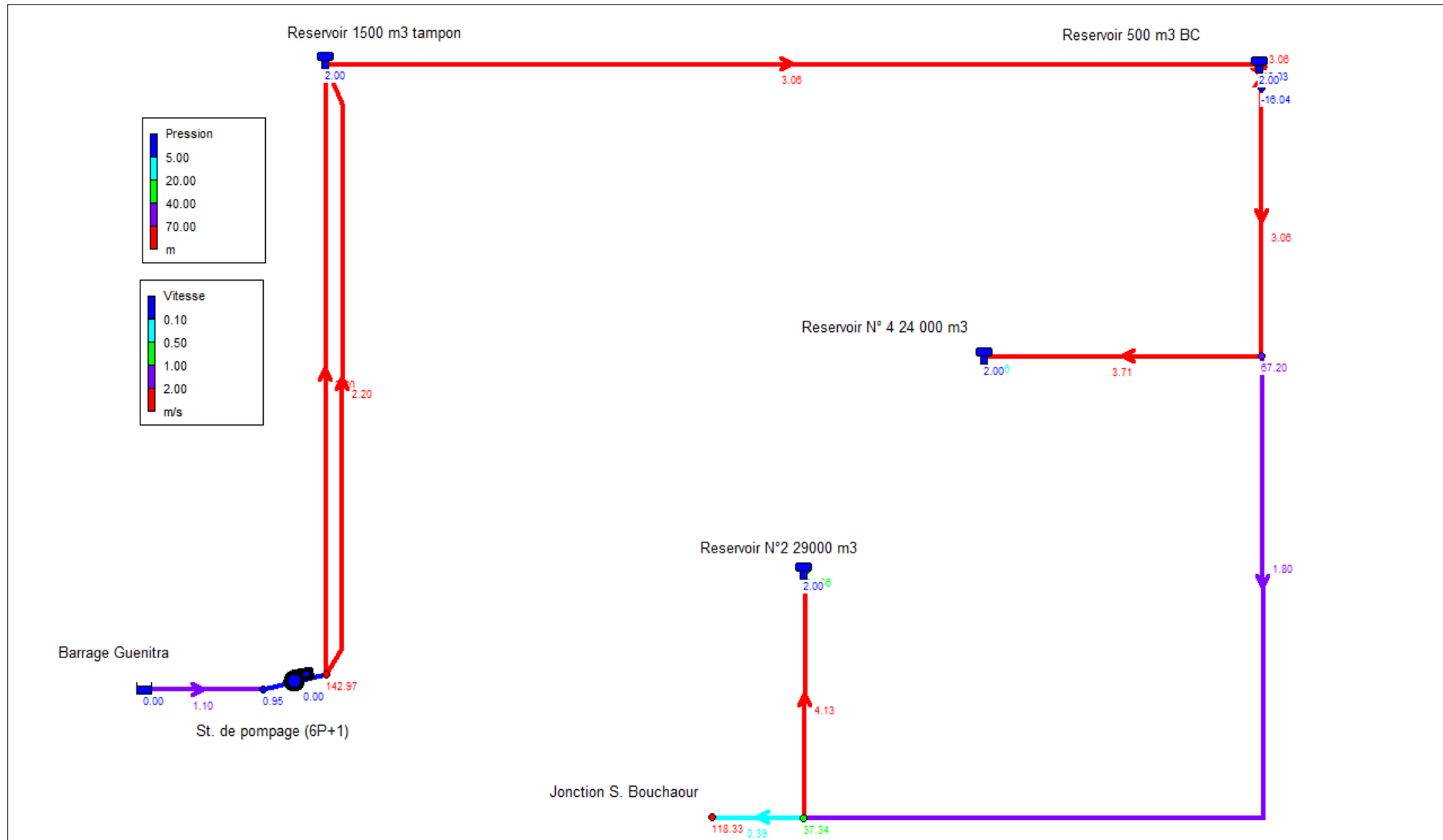


Figure IV.8. Résultat de la simulation du réseau d'irrigation + AEP (Vitesse)

IV.4.4.4. Conclusion sur les résultats de la simulation (réseau mixte Irrigation+AEP)

L'évaluation globale de la simulation du réseau mixte (Irrigation + AEP) met en lumière une série de dysfonctionnements structurels majeurs qui compromettent la viabilité d'un tel système combiné.

Le résultat le plus alarmant concerne la pression négative enregistrée au nœud 3, qui atteint -16,03 m. Ce nœud joue un rôle central dans la distribution vers la branche AEP, et une telle pression invalide tout transfert d'eau dans cette direction.

En effet, la pression constitue un paramètre clé dans la dynamique du débit : sans une pression suffisante, même un débit théorique élevé demeure inopérant en pratique.

En termes d'ingénierie, cette simulation met en évidence une incompatibilité hydraulique entre les besoins en irrigation (exigeant pression et débit élevés sur de longues distances) et ceux de l'AEP (nécessitant une pression stable, maîtrisée et constante pour garantir la sécurité sanitaire et la continuité du service).

IV.4.5. Proposition d'un schéma alternatif optimisé

Suite aux résultats précédemment analysés, il est clair que le schéma initial présente plusieurs limites structurelles qui empêchent d'assurer une distribution efficace de l'eau pour les deux usages (irrigation et eau potable).

En suivant les mêmes étapes que précédemment, nous avons proposé un schéma alternatif pour surmonter les contraintes citées en haut. Ce dernier basé sur l'élimination du quota alloué pour l'AEP, et on garde uniquement les quotas destinés à l'irrigation pour décharger la conduite d'adduction, et par conséquent réduire les vitesses ce qui augmente la pression résiduelle au niveau de différents nœuds.

IV.4.5.1. Répartition des débits et des vitesses (État des Arcs du Réseau)

L'analyse du tableau des arcs du réseau montre une variation des débits, vitesses et pertes de charge selon les tuyaux.

Les débits les plus élevés (jusqu'à 3014 L/S) concernent les conduites principales, tandis que les vitesses varient en fonction du débit et du diamètre.

Les pertes de charge unitaires varient également, indiquant des différences de performance hydraulique.

Globalement, plusieurs sections du réseau présentent une bonne efficacité hydraulique grâce à des débits élevés et des pertes de charge modérées.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau IV.8. Résultats aux Arcs du Réseau

ID Arc	Longueur	Diamètre	Rugosité	Débit	Vitesse	Pert. Charge Unit.	Facteur Friction
	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	/
Tuyau 02	600.00	1000	0.1	1507.00	1.92	2.42	0.013
Tuyau 12	6325.00	1200	0.1	1587.50	1.40	1.07	0.013
Tuyau 13	120	1200	0.1	0.00	0.00	0.00	0.000
Tuyau 14	10500.00	1200	0.1	3014.00	2.66	3.70	0.012
Tuyau 15	130	2000	0.1	3014.00	0.96	0.28	0.012
Tuyau 01	180	1000	0.1	1587.50	2.02	2.68	0.013
Tuyau 04	7230	1200	0.1	3014.00	2.66	3.70	0.012
Tuyau 05	600	1000	0.1	1507.00	1.92	2.42	0.013
Tuyau 07	600	1000	0.1	1426.50	1.82	2.18	0.013
Pompe 06	Sans Valeur	Sans Valeur	Sans Valeur	3014.00	0.00	-153.39	0.000
Vanne 03	Sans Valeur	1200	Sans Valeur	3014.00	2.66	7.78	0.000

IV.4.5.2. Pression observée aux nœuds critiques (État des Nœuds du Réseau)

Les résultats présentés dans le tableau montrent l'état des nœuds du réseau en termes de demande, de charge et de pression. Il est important de noter que la pression est positive dans tous les nœuds du réseau, ce qui signifie qu'il y a une énergie suffisante pour permettre l'acheminement de l'eau vers les différents points du système pour l'irrigation.

Les valeurs de charge élevées dans certains nœuds, comme le nœud STP (286,35 m) ou le nœud 4 (284,89 m), confirment également la disponibilité d'une énergie suffisante pour le transport de l'eau à travers le réseau. Par conséquent, il est possible de distribuer efficacement l'eau dans le réseau sans risque de sous-pression.

Tableau IV.9. État des Nœuds du Réseau

ID Nœud	Demande	Charge	Pression
	L/S	m	m
Nœud STP	0	286.35	154.35
Nœud V1	0	211.49	91.49
Nœud V3	0	204.75	65.75
Nœud 10	0	204.75	146.75
Nœud 11	0	132.96	0.96
Nœud 01	1587,5	204.27	62.27

ID Nœud	Demande	Charge	Pression
	L/S	m	m
Nœud 03	0	246.03	7.78
Nœud 04	0	284.89	13.29
Nœud 05	0	238.25	0.00
Nœud 06	1426,5	210.18	35.18
Bâche BR	-3014	133.00	0.00

IV.4.5.3. Résultat de la simulation du réseau d'irrigation

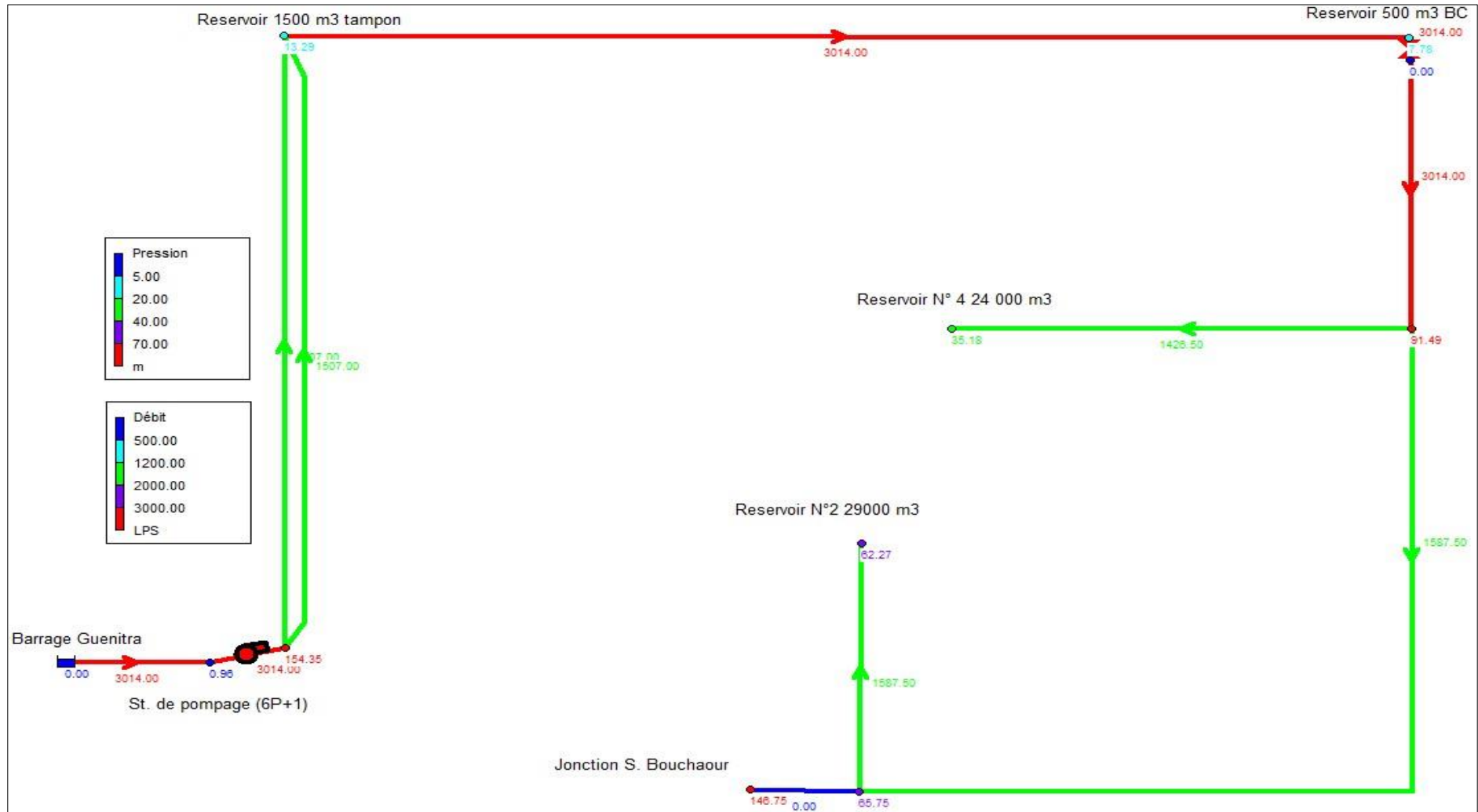


Figure IV.9. Résultats de la simulation d'Irrigation (Débit)

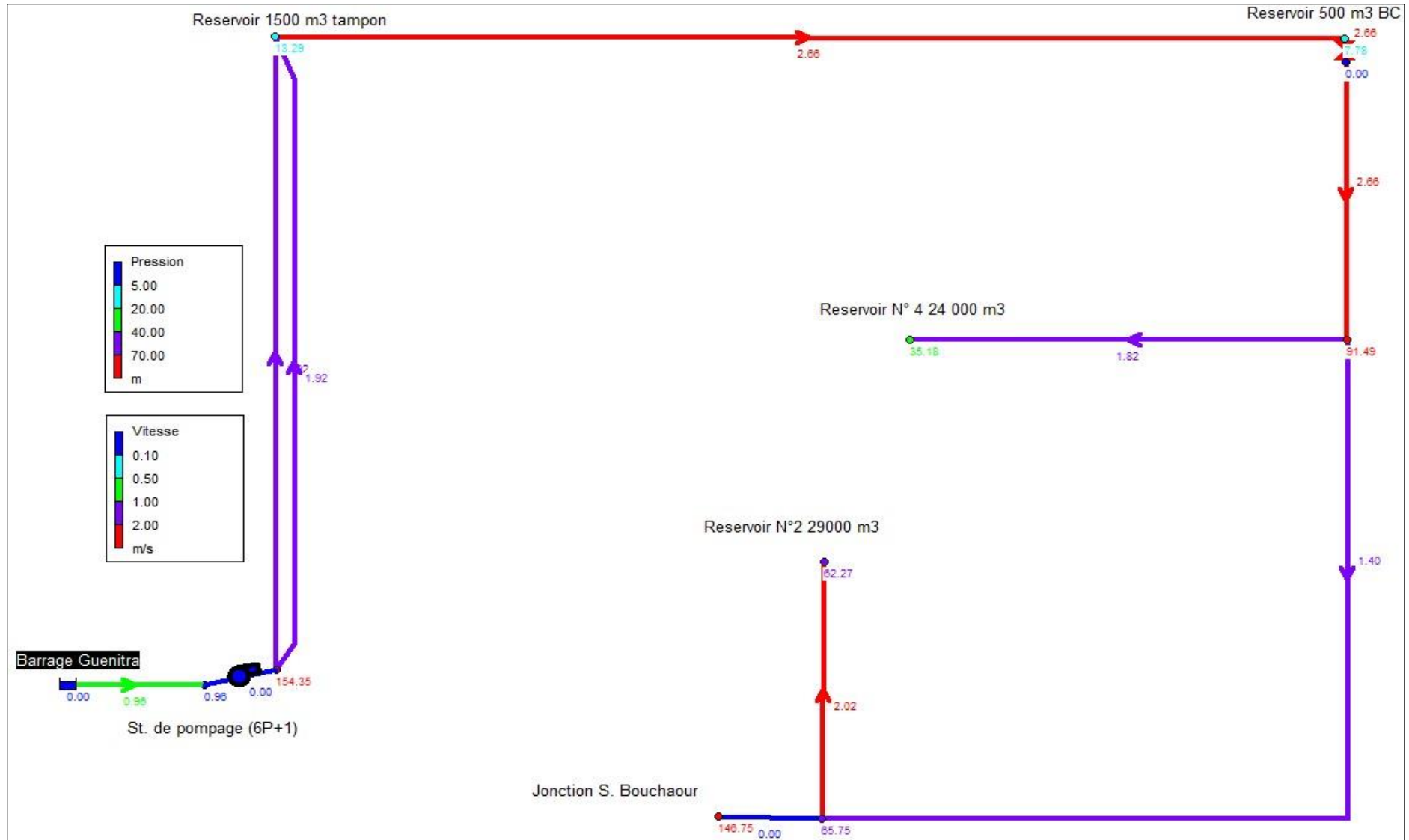


Figure IV.10. Résultats de la simulation d'Irrigation (Vitesse)

IV.4.5.4. Conclusion sur les résultats de la simulation (Réseau d'Irrigation)

La simulation du réseau d'irrigation réalisée, a permis d'évaluer avec précision les performances du réseau d'adduction proposé. Les résultats obtenus montrent des pressions positives dans l'ensemble des nœuds, ainsi que des débits, vitesses et pertes de charge cohérente avec les exigences d'un réseau fonctionnel. Ces indicateurs traduisent une bonne conception hydraulique du système.

Ainsi, il ressort clairement que le réseau modélisé est techniquement faisable et apte à assurer un approvisionnement efficace en eau, notamment pour les besoins en irrigation. Cette simulation confirme donc la viabilité du projet et sa capacité à répondre durablement aux attentes en matière de gestion intégrée des ressources en eau dans les zones agricoles ciblées.

La solution proposée consiste à réaffecter l'actuelle conduite (réalisée récemment par l'ADE projet) issue du barrage de Guénitra pour l'irrigation uniquement, en considérant qu'elle satisfait suffisamment les besoins agricoles tant en débit qu'en pression. Les résultats de la deuxième simulation (irrigation seule) confirment en effet la viabilité hydraulique de cette option.

En parallèle, il est recommandé de réaliser une nouvelle conduite indépendante dédiée exclusivement à l'alimentation en eau potable (AEP), reliant directement le barrage de Guénitra à la station de traitement de Hammadi Krouma. Cette séparation entre les deux usages permettra une meilleure maîtrise des pressions, une gestion ciblée des débits, et une sécurisation de la desserte en eau potable, notamment en périodes de pointe ou de sécheresse.

Ce choix d'un réseau dissocié représente une solution rationnelle et durable, compatible avec les exigences de performance, de continuité de service, et de gestion intégrée des ressources hydriques.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Le présent mémoire s'inscrit dans le cadre d'une étude hydraulique approfondie visant à évaluer et optimiser le fonctionnement du réseau d'adduction d'eau alimenté à partir du barrage de Guénitra, afin de répondre efficacement aux besoins agricoles du périmètre irrigué de Saf-Saf (secteurs II et IV), ainsi qu'à l'alimentation en eau potable de la station de traitement de Hammadi Kerouma.

La méthodologie adoptée repose sur une démarche scientifique rigoureuse, articulée autour de plusieurs étapes complémentaires : une analyse bibliographique permettant de cerner l'état de l'art et le cadre contextuel ; une collecte minutieuse de données de terrain (débits, pressions, fuites, diamètres, caractéristiques des infrastructures ...etc) ; des calculs hydrauliques afin d'estimer les besoins réels et les capacités théoriques ; enfin, des simulations numériques à l'aide du logiciel EPANET pour modéliser le comportement hydraulique du réseau et identifier ses points faibles.

Les résultats obtenus ont révélé plusieurs constats majeurs : d'une part, l'incapacité du réseau existant à répondre simultanément aux besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable, en raison notamment de chutes de pression critiques et de pertes de charge importantes dus aux fortes vitesses enregistrées ; d'autre part, le potentiel d'amélioration considérable en adoptant une solution de séparation des usages, consistant à réserver le réseau actuel à l'irrigation et à créer une conduite indépendante dédiée à l'AEP.

Au-delà des solutions techniques proposées, ce travail met en exergue l'importance de la modélisation hydraulique comme outil d'aide à la décision. Il démontre également que la réussite de tout projet d'aménagement hydraulique, repose non seulement sur des choix d'ingénierie pertinents (dimensionnement, matériaux, équipements), mais aussi sur une vision intégrée tenant compte des enjeux socio-économiques, environnementaux et institutionnels.

En conclusion, cette étude confirme que la modernisation et l'optimisation des réseaux hydrauliques nécessitent :

- Une planification rationnelle basée sur des données actualisées ;
- L'utilisation systématique d'outils numériques pour anticiper les dysfonctionnements ;
- Et une gouvernance concertée entre les différents acteurs pour assurer une gestion durable des ressources.

Enfin, il est fortement recommandé de mettre en œuvre une approche intégrée combinant la réhabilitation des infrastructures existantes, l'investissement dans de nouvelles installations adaptées, le renforcement des dispositifs de protection hydraulique, ainsi que l'adoption de solutions innovantes de gestion et de simulation, afin d'optimiser les performances du réseau, réduire les risques, et garantir la durabilité des services hydriques au profit des générations futures.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- **Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT). (2013).** Rapport. Alger, 22p.
- **Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT). (2024).** Capacité dernier levé du barrage Guénitra et Zardezas.
- **Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. (2022).** État technique des réseaux hydrauliques stratégiques. Alger, Algérie : ANRH.
- **Allouche, M. (2015).** Le modèle DPSIR pour la gestion d'un périmètre irrigué dans le bassin du Saf-Saf Skikda (Nord-Est Algérien) (Mémoire de Magister). Université Badji Mokhtar-Annaba.
- **Amiour, A. (2005).** Les zones préférentielles de la mondialisation en Algérie : Exemple de Skikda (Mémoire de Magister). Université Mentouri Constantine, 165p
- **Arab, I. Y. (2021).** Statut écologique du Cyprinidé invasif *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) en Algérie : Caractérisation phénotypique et biologie dans trois lacs de barrage (Thèse de Doctorat). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, p9.
- **Azzedine, C., et Stita, D. (2019).** Simulation D'un Réseau d'Alimentation En Eau Potable (AEP) Par Epanet Et Water CAD Avec Son Implantation Sur Arc GIS (Mémoire de Master).l'Université 08 Mai 1945 de Guelma.
- **Belabed, B. (2010).** La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba : Sources de contamination des écosystèmes aquatiques (Thèse de Doctorat). Université Badji Mokhtar, Annaba, 43p.
- **Belaïdi, S., et Benmehaia, A. M. (2023).** Rebound effect of irrigation subsidy programs in Algeria. *AGROFOR International Journal*, 8(2), 32-40.
- **Belkacemi, R. (2019).** Étude d'adduction en eau potable des communes : Mansoura, Ouled Sidi Brahim, Ben Daoud, Harraza et El'Mhir (W. Bordj Bou Arreridj) à partir de transfert de barrage Tilsdit (W. Bouira) [Mémoire de fin d'études, Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira, Institut de Technologie].
- **Ben Rabah, S. (2006).** État actuel des ressources en eau dans la wilaya de Skikda : Bilan, gestion et perspective (Mémoire de Magistère). Université Badji Mokhtar, Annaba.
- **Benahmed, I. et Benbakir, O. (2022).** Étude théorique des performances d'une station de pompage d'eau traitée. (Mémoire de fin d'étude de master 2). Université Kasdi Merbah Ouargla.

- **Benamira, F. (2017).** Étude diachronique de l'évolution de la végétation forestière par télédétection : cas de la wilaya de Skikda (Mémoire de master). Université des Frères Mentouri Constantine 1.
- **Benrabah, S., Bousnoubra, H., Kherici, N., et Cote, M. (2013).** Caractérisation de la qualité des eaux de l'oued Kebir Ouest (Nord Est algérien). *Revue des Sciences et de la Technologie*, V26, 30-39p.
- **Benseghir, A. (2006).** Contribution à l'étude de l'état nutritionnel par la méthode du diagnostic foliaire de trois variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) en zone aride (commune de Doucen – w. Biskra) (Thèse de Doctorat). Université de Biskra.
- **Benzidane, M., et Boutit, A. (2024).** Gestion d'un système d'irrigation avec une carte électronique intelligente (Mémoire de fin de cycle de master). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Bessaoud, O., Pellissier, J.P., Rolland, J.P., et Khechimi, W. (2019).** Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie.
- **Boucenna, N. (2007).** Impact de la décharge publique sur la qualité des eaux souterraines : Cas de Zef-Zef (Skikda) (Mémoire de Magister). Université Badji Mokhtar, Annaba, p47.
- **Boufedji, R. R., et Khelifa, B. (2021).** Identification et évaluation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Saf-Saf (Nord-Est algérien) (Mémoire d'ingénieur d'État). École nationale polytechnique, Département d'hydraulique, p 33.
- **Bouketta, A., et Belaib, I. (2020).** Contribution à la prévision de la demande en eau en Algérie (application sur la ville de Mila) (Mémoire de Master). Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila.
- **Boulahia, A. (2016).** L'eau de l'irrigation en Algérie (Mémoire de Master). Université des Frères Mentouri Constantine.
- **Boumaila, S., Bounab, C., et Bourass, I. (2022).** Étude dendrométrique des boisements du barrage Guenitra, Skikda (Algérie) (Mémoire de Master II en Sciences d'Agronomie). Université 20 Août 1955, Skikda, p45-p46.
- **Boumaraf, W. (2010).** Cartographie et impact de la qualité des eaux du lac Oubeïra sur la relation sol-végétation (Parc National d'El Kala) (Mémoire de Magistère). Université Badji Mokhtar, Annaba, 24p.
- **Bousekaa, A., et Laouar, N. (2021).** Caractérisation hydrogéologique en utilisant le Système d'information géographique : Cas du bassin versant du Saf-Saf (Wilaya de Skikda), (Mémoire de Master), p43, p10.

- **Bouzeghaya, F., et Chergui, R. (2016).** Étude de la dispersion du Goéland leucophée (*Larus michahellis*) (Mémoire de Master). Université 08 Mai 1945, Guelma, 32p.
- **Brahimi, M., et Fdoul, D. (2023).** Taux d'envasement et capacité de rétention du barrage: Cas du barrage de Zardezas, Skikda (Mémoire de Master en Sciences Agronomiques et Vétérinaires). Université Zian Achour, Djelfa, pp 28-30.
- **Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., et Heibloem, M. (1990).** Méthodes d'irrigation. FAO, p45.
- **Charton, P., Boyer, I., Cordier, I., Martun, E., et Terriere, A. (2013).** Les conduites d'un réseau d'irrigation. Ardepi, Maison des Agriculteurs.
- **Chettibi, F. (2014).** Écologie de l'Érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) dans les zones humides de la Numidie algérienne (Thèse de Doctorat). Université Badji Mokhtar, Annaba, 22p.
- **Djaffar, S. (2015).** Simulation Stratégique, Politique des ressources en EAU en Algérie (SISTRAP-Eau) (Mémoire de master). École Nationale Polytechnique.
- **Echikr, K. (2018).** Dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion de pomme de terre, Tipaza (Mémoire de Master). Université de Blida 1.
- **El Fadjr. (2015).** L'irrigation agricole a besoin de réhabilitation à Skikda. Consulté le 8 mai 2025, à l'adresse
- **EPA. (2024).** EPANET, Application for Modeling Drinking Water Distribution Systems. United States Environmental Protection Agency.
- **FAO et UN Water. (2024).** Progrès relatifs aux niveaux de stress hydrique: Résumé visuel – Bilan à mi-parcours de l'indicateur 6.4.2 des ODD et besoins d'accélération.
- **FAO. (2011).** The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.
- **FAO. (2012).** Irrigation water requirement and water withdrawal by country (AQUASTAT Reports).
- **FAO. (2015).** AQUASTAT Profil de Pays - Algérie. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie.
- **FAO. (2024).** World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2024. Rome.
- **Food and Agriculture Organization. (2021).** L'eau, l'agriculture et la sécurité alimentaire en Afrique du Nord. Rome, Italie : FAO.

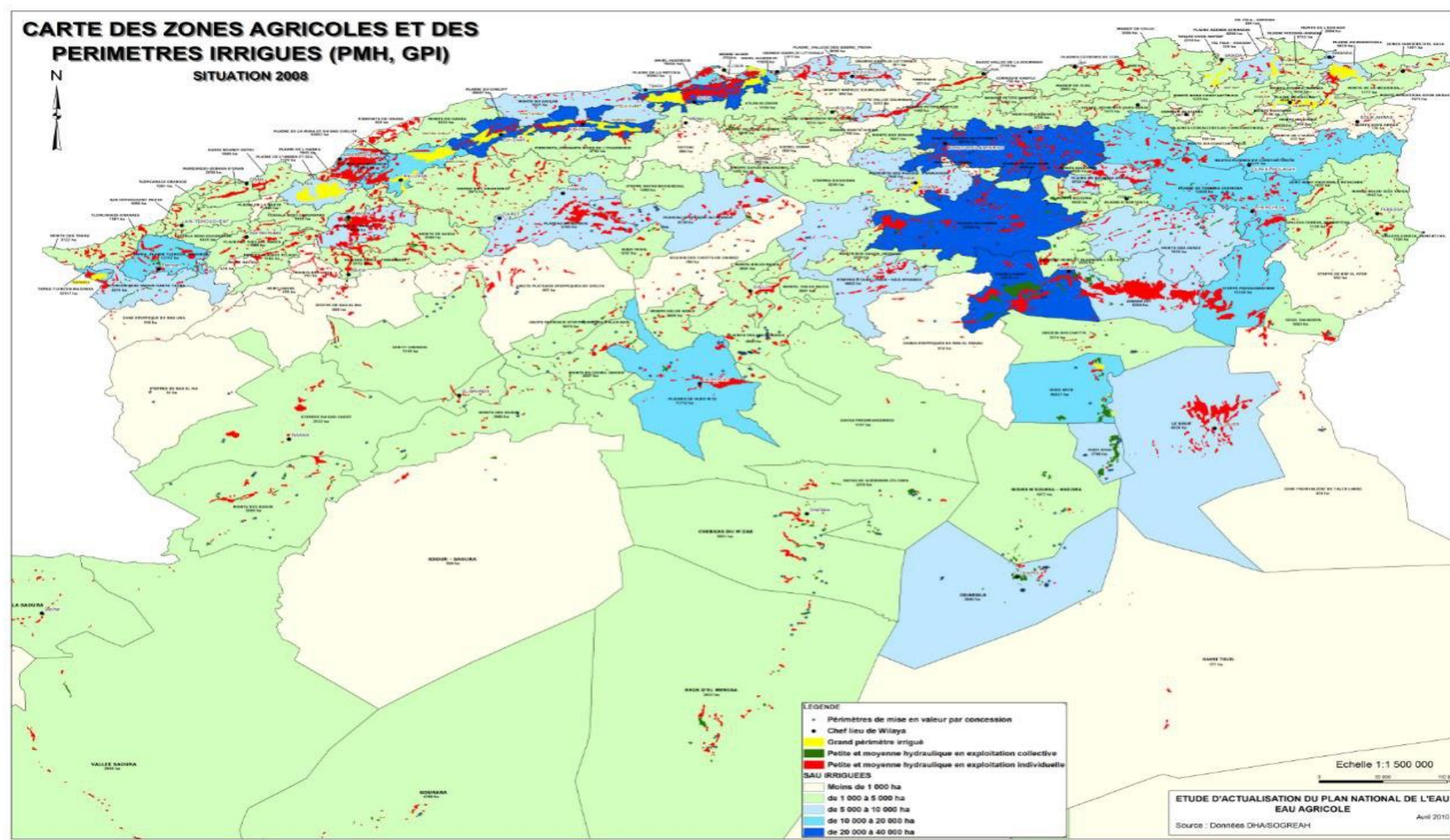
- **Hadim, R., et Ibouainene, H. (2020).** La problématique de l'eau d'irrigation agricole en Algérie : Cas de l'Office National de l'Irrigation et de Drainage (ONID) (Mémoire de Master). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Hebal Aziz. (2024),** cours pompes et stations de pompage, Université du 20 août 1955 de Skikda, page 33 et 36.
- **Hedjal, S. (2019).** Ressources en eau, gestion intégrée et perspectives d'un aménagement durable du complexe des zones humides de Guerbes (Nord Est algérien) (Thèse de doctorat). Université Badji Mokhtar-Annaba.
- **INTECSA. (s.d.).** Avant-projet détaillé conduite Guentira – Salah Bouchaour, pièce n°1 : Mémoire. Ministère de l'Hydraulique, République Algérienne Démocratique et Populaire.
- **Khedimallah, S. E. I. (2015).** Étude de faisabilité d'un barrage sur l'oued de Charchar (Projet de fin d'études). École Nationale Polytechnique.
- **Khelfaoui, F. (2008).** Ressources en eau et gestion intégrée dans le bassin versant du Saf-Saf (nord-est algérien) (Mémoire de Magister). Université Badji Mokhtar, Annaba, pp 19-21.
- **Levintal, E., Kniffin, M. L., Ganot, Y., Marwaha, N., Murphy, N. P., et Dahlke, H. E. (2023).** Agricultural managed aquifer recharge (Ag-MAR) —a method for sustainable groundwater management: A review. *Critical Reviews In Environmental Science And Technology*, V53 (3), 291-314.
- **MADR. (2021).** Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information. Statistique Agricole : Superficie et Production, Série "B" 2019.
- **Maou, A. (2011).** Estimation des crues de référence pour les Plans de Prévention du Risque Inondation : Cas du bassin versant du Saf-Saf, nord-est algérien (Mémoire de Magistère). Université Badji Mokhtar, Annaba.
- **Mecibah, I. (2008).** Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'oued Guebli (nord-est algérien) (Doctoral dissertation). Université Badji Mokhtar, Annaba, p14, p100-p101.
- **Mehta, P., Siebert, S., Kummu, M., Deng, Q., Ali, T., Marston, L., Xie, W., et Davis, K. F. (2024).** Half of twenty-first century global irrigation expansion has been in water-stressed regions. *Nature Water*. <https://doi.org/10.1038/s44221-024-00206-9>
- **Ministère des Ressources en Eau. (2020).** Bilan annuel des infrastructures hydrauliques de la région Est. Alger, Algérie : MRE.

- **Mushtaq, M., Hasnain, A., Raza, A., Maqbool, S., Safdar, M., Mubashir, A., et Sattar, J. (2024).** Precision Irrigation for Sustainable Agricultural Productivity. Dans Practice, progress, and proficiency in sustainability (p. 184–208).
- **Nini, F. (2021).** Du barrage à la parcelle irriguée : Étude sur l'eau et valorisation des grands Périmètres irrigués dans le Nord-Est Algérien (These de Doctorat en Sciences). Université Frères Mentouri Constantine 1.
- **Observatoire Méditerranéen de l'Eau. (2019).** Impact environnemental des grands ouvrages hydrauliques au Maghreb. Marseille, France : OME.
- **Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID). (2025).** Présentation des grands périmètres d'irrigation de la Wilaya de Skikda.
- **Omrani, A. (2018).** Modélisation de la demande en eau par l'utilisation de l'outil d'aide à la décision WEAP, Cas de la wilaya de Skikda (Mémoire de master). Université Ziane Achour - Djelfa.
- **Organisation météorologique mondiale et Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. (2012).** Glossaire international d'hydrologie (OMM-No. 385). Genève, Suisse : OMM.
- **PNE. (2010).** Réalisation de l'étude d'actualisation du plan national de l'eau: Mission 2 – Volet 6 – Tome 1 : La demande en eau agricole [Rapport]. Programme MEDA de l'Union Européenne.
- **Remini, B., et Toumi, A.** Perte de capacité de stockage au barrage des Zardezas, Algérie. Laboratoire de Génie Civil et d'Hydraulique (L.G.C.H), Université 08 Mai 1945, Guelma ; Laboratoire de Recherche d'Hydraulique Souterraine et de Surface (L.A.R.HY.S.S), Université Mohamed Khieder, Biskra.
- **Saheb, A. (2023).** Crise de l'eau potable à Skikda: La station de dessalement hors service depuis 20 jours. Le Provincial.
- **Soltner, D. (1999).** Les bases de la production végétale (Tome 2). Sciences & Techniques Agricoles.
- **Tandjir, L. (2007).** Le renforcement des capacités de stockage : Une gestion à la crise d'eau à Skikda (Est algérien). Université du 20 Août 1955 - Skikda, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Département de Biologie et Écologie.
- **Tandjir, L., et Djebbar, A. B. (2009).** Carpiculture au barrage Guenitra (Skikda, Algérie). Sciences & Technologie C, (29), 30–34. Université Mentouri Constantine,
- **Vilaginès, R. (2010).** Eau, environnement et santé publique (3e éd.). Lavoisier, 9p.

- **Zenidi, A., & Zenidi, F. (2019).** Optimisation de fonctionnement du réseau de l'eau potable de la ville de Tamalous (W. Skikda) [Mémoire de master, Université Badji Mokhtar Annaba].

Annexes

Annexe .1. Carte des zones agricoles et des périmètres irrigués



Annexe .2. Courbe caractéristique de la pompe

COURBE POMPE

[SORTIR](#) [SUIVANT](#)

SPECIFIEZ DEUX POINTS DE LA COURBE :

H= m Q= m³/s

H= m Q= m³/s

LES PARAMETRE DE LA COURBE :

a=

b= m

LE TABLEAU : LE BEDIT DE PROJ m³/s

Q (m ³ /s)	0.28833333	0.346	0.4325	0.57666667	0.865	1.15333	1.73	2.595
H (m)	190.12701	189.75	189.054	187.550838	183.257	177.246	160.0717	121.43

Annexe .3. Courbe du réseau de refoulement

COURBE RESEAU

[RETOUR](#) [SUIVANT](#)

CALCUL DE R: (resistance de la conduite)

LE DIAMETRE CHOISIS : D= m **LE DEBIT DE PROJET :** Q= m³/s

D	V	Re	λ	f	j
1	2.20382166	2203821.66	0.10160184	0.00096196	0.03018121

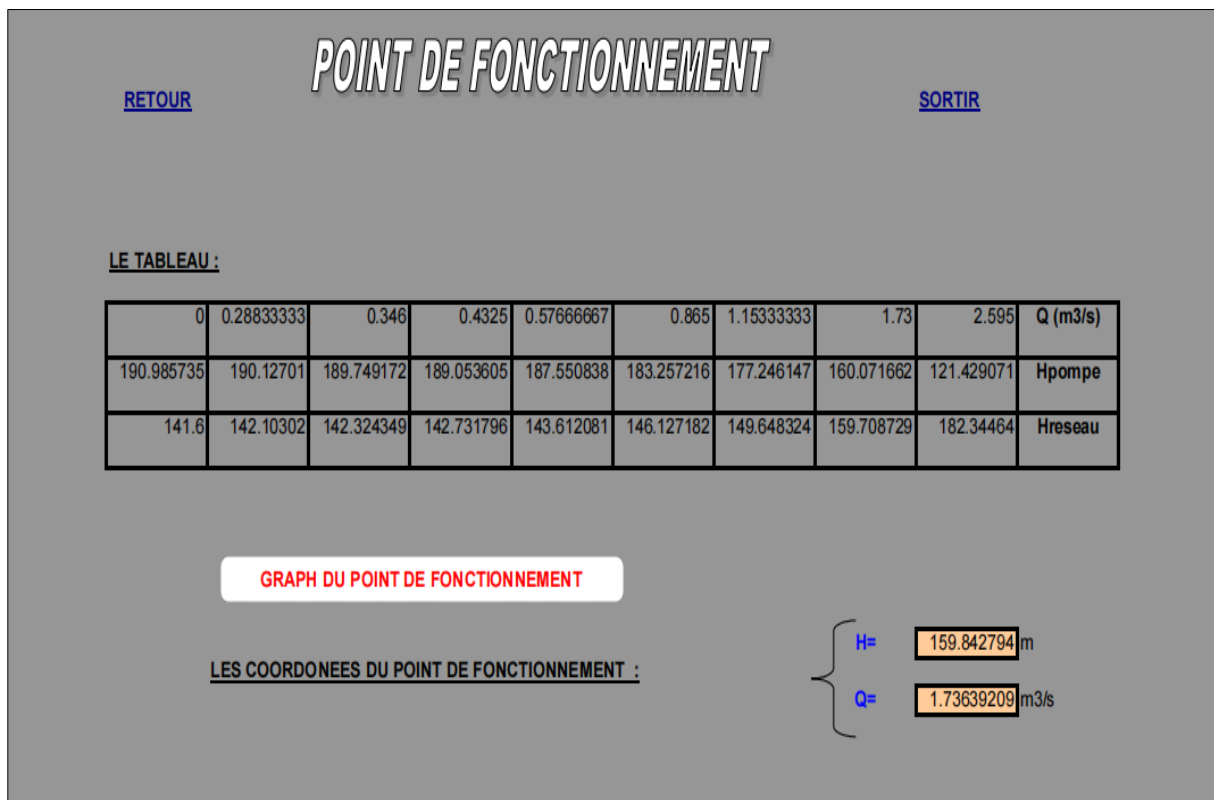
DONC : R=

LE TABLEAU : LA LONGUEUR DE L'ADDUCTION : L= m
LA HAUTEUR GEOMETRIQUE : Hg= m

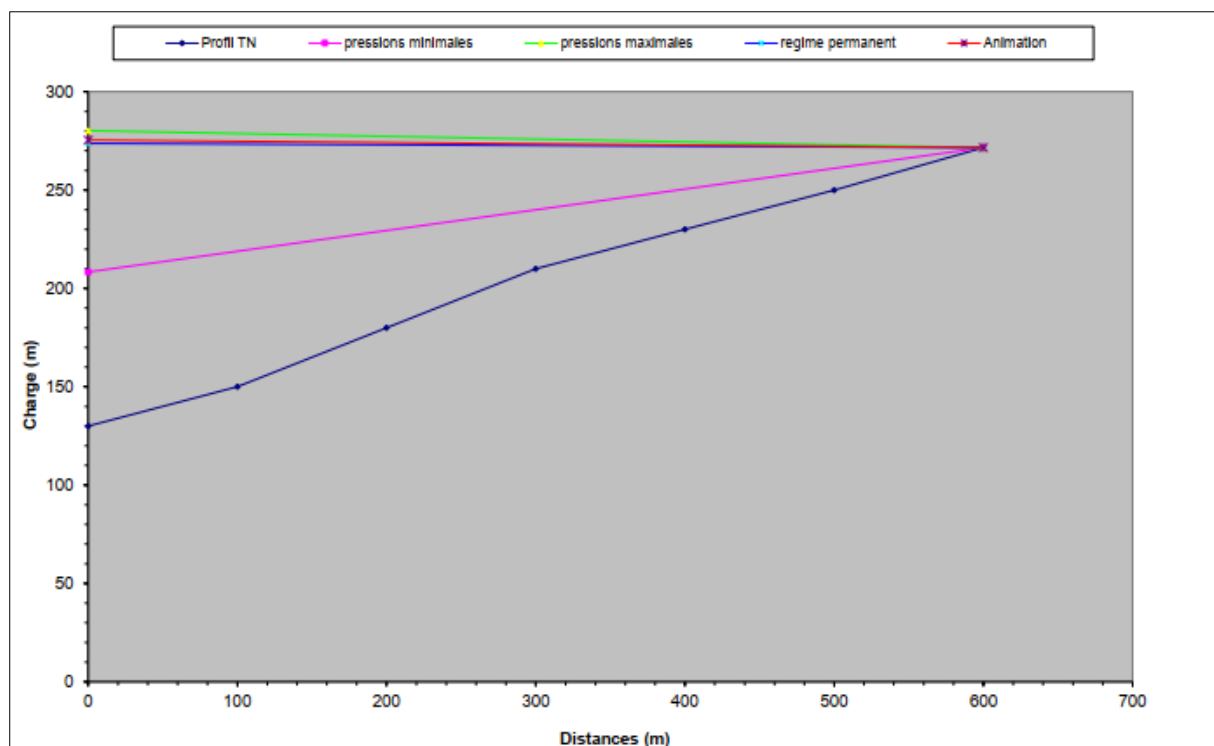
CALCUL

Q (m ³ /s)	0.28833333	0.346	0.4325	0.57666667	0.865	1.15333333	1.73	2.595
H (m)	142.10302	142.324349	142.731796	143.612081	146.127182	149.648324	159.708729	182.34464

Annexe .4. Détermination du point de fonctionnement



Annexe .5. Enveloppes des pressions en régime permanent et transitoire



Annexe .6. Profil en long de la conduite

Inserer sept (7) points marquant le profil en long de la conduite. (le tableau doit etre complet)

Distances cumulées (m)	0	100	200	300	400	500	600
Cotes des points (m)	130	150	180	210	230	250	271.6
Désignation du point	Pompe	1	2	3	4	5	Réservoir

208.349401 275.421731
 280.226833
 273.750168

Le volume maximum de l'air est : m³

La pression maximale au sol est : m

La pression minimale au sol est : m Pression acceptable

Annexe .7. Graph de point de fonctionnement

