

Popular Democratic Republic of Algeria
Ministry Of High Education and Scientific Research
Abbes Laghrou University, Khenchela
Faculty of Natural and Life Sciences
Department Of Ecology and Environment



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة عباس لغرور خنشلة
كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم البيئة والمحيط

Mémoire MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Écosystèmes

Présenté par :

Laacisse Zehour

Bouzou Nour El Houda

Thème

Étude de la qualité des eaux épurées par la STEP de Kais (Wilaya de Khenchela) et possibilité de leur recyclage en irrigation des terres agricoles

Devant le jury :

Président :	Dr. HALIMI S.	MCA. Université de Khenchela
Encadreur :	Dr. ABABSA N.	MCA. Université de Khenchela
Examineur :	Dr. OUANES M.	MCB. Université de Khenchela

Année 2021/2022

Remerciements

Au nom d'Allah le tout miséricordieux, le très miséricordieux, Bénédiction et salut soient sur notre prophète Mohammed, au terme de ce projet, fruit de nos années de labeur, Nous tenons, avant tout, à remercier « DIEU » qui a illuminé notre chemin et qui nous armé de courage et la volonté pour achever nos études.

Nos vifs remerciements à notre encadrante Dr. **Ababsa N.**, qui a accepté de diriger ce mémoire et qui a contribué par son savoir-faire et son sérieux à l'enrichissement du présent travail. Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements aux égards des membres de jury **Dr.**

Halimi S. et Dr. Ouanes M., de nous faire l'honneur de lire et d'évaluer ce travail.

Nous voudrions remercier également tout le personnel de la station d'épuration de Kais et le personnel de l'ONA pour leurs collaborations en mettant à notre disposition toutes les données nécessaires.

Toute la gratitude à nos professeurs et enseignants qui nous ont supervisés tout au long de notre carrière universitaire.

Finalement nous tenons à remercier nos familles, tous les amis et les collègues, toute personne ayant contribué, de près ou de loin afin de réaliser ce travail.

Merci à tous

DEDICACES

Avant tous, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mon grand-père Bouaaziz Laacisse. Qui n'a pas été présent dans tous les grands moments de ma carrière d'étude, mais sa présence dans mon cœur est éternelle et joyau de ma vie, à la femme qui a fait de moi ce que je suis maintenant, ma mère Nafissa Abbed. La miséricorde de Dieu sur eux.

À mon père Sebti Laacisse, la personne la plus digne de mon estime et mon respect, que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie.

À mes chers frères Ahmed, Ammar et ma belle-sœur Fouzia, Karima, Hamida. Pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

À mon mari Faris, mon compagnon de vie, pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé.

À mon chère proche ami et ami d'enfance Zohra, Pour partager avec vous toute ma vie de dévouement, de soutien et d'amour sincère

Aux oiseaux et à la joie de la famille Sara Rimas Hibet Erahman Taha Al-Amin Siraj, Mohammed et Sahand et Princesse Attendu Ayla.

Ma grande famille: Laacisse et Abbed

À l'enseignement: Ben ghanem M.

À mon cher binôme: Bouzou Nor El Houda

À toute la promotion master protection des écosystèmes.

Zehour

DEDICACES

Je remercie tout d'abord Dieu tout puissant qui m'a donné
Force et courage pour mener à bien ce travail.
Je dédie ce modeste travail aux deux personnes que j'aime le plus dans la vie.
Ma raison de vivre qui mérite tout le respect du monde.
Mon père, BouzouSabti, est l'homme parfait du monde,
Mon grand modèle et le secret de ma réussite.
Pour ma mère, est une source de miséricorde et de tendresse,
Leur patience et leur sacrifice sont la raison de mon existence et le soutien de ma vie.
Que Dieu les protège et les garde pour une longue et pleine vie
Le bonheur et la santé. A mes frères : Mokhtar. Amine, Ali.
A mes soeurs : Somai, Salsabil
A toute la famille Bouzou et Tili
A mon mari la prunelle de mes yeux
Une dédicace spéciale à mes neveux, Assinat et Kenan
A tous mes professeurs et connaissances.

Nour El Houda

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralité sur les eaux usées.....	1
I. 1. Définitions des eaux usées.....	1
I.1. 2. Origines des eaux usées.....	1
I. 3. Caractéristiques des eaux usées.....	2
I. 3. 1. Paramètres physiques.....	2
I. 3. 2. Paramètres chimiques.....	3
I. 3. 3. L'état biologique des eaux usées.....	4
II. 1. Traitement des eaux usées.....	5
II. 2. Le rôle principal de station de traitement des eaux usées (STEP).....	5
II. 3. Les procédés d'épuration des eaux usées.....	5
II. 3. 1. Le prétraitement.....	5
II. 3. 2. Le traitement primaire.....	6
II. 3. 3. Le traitement secondaire (biologique).....	6
II. 3. 4. Le traitement tertiaire.....	7
II. 3. 5. Le traitement des boues.....	7
III. La réutilisation des eaux épurées en agriculture.....	9
III. 1. Domaine de la réutilisation.....	9
III. 2. Cadre juridique d'usage des eaux usées épurées.....	9
III. 3. Situation de la réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation agricoles en Algérie.....	10
III. 4. Les effets bénéfiques de l'irrigation par les eaux épurées.....	10
III. 4. Impact de l'irrigation avec les eaux épurées sur la qualité du sol.....	11
PARTIE II : MATÉRIEL ET MÉTHODE	
I. Présentation du site d'étude.....	12
I. 1. Situation géographique de la ville et localisation de la STEP de Kais.....	12
I. 2. Le principe de fonctionnement des installations de la STEP.....	13
II. Présentation de la filière de traitement de la STEP.....	13
II. 1. La filière de traitement des eaux usées.....	13
II .1.1. Entrée des eaux brutes et prétraitement.....	13
II .1.2. Bassin d'aération (bassin biologique).....	17
II.1.3. Décanteur secondaire (clarificateur).....	18
II .1. 4. Dispositif de la recirculation de boues.....	18

II.2.Filière de traitement des Boues.....	19
II.2.1. L'épaississement.....	19
II.2.2.Déshydratation mécanique des boues.....	20
II.2.3.Les lits de séchage.....	21
III. Caractérisation des eaux usées brutes et épurées.....	23
PARTIE III : Résultats et discussion	
I. Caractérisation des eaux usées brutes et traitées.....	23
I.1. Nitrates (N-NO ₃).....	23
I.2. L'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	27
I.3. Les phosphates (P-PO ₄).....	29
I.4. Les Nitrites (N-NO ₂).....	33
I.5. La conductivité électrique (CE).....	36
I.6. La température.....	42
I.7. Le pH.....	48
I.8. Matières en suspension (MES).....	54
I.9. La Demande Biochimique En Oxygène (DBO ₅).....	60
I.10 La demande chimique en oxygène (DCO).....	64
II. Rendement épuratoire des paramètres physico-chimiques mesurés.....	67
III. La possibilité de la réutilisation des eaux traitées.....	68
CONCLUSION	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

Liste des figures

Figure 1: Schéma de STEP à boues activées (Laat, 2018).....	8
Figure 2 : Localisation de la STEP de Kais (images de Google maps 2022).....	12
Figure 3 : Le By-pass.....	13
Figure 4 :Le Panier grossier.....	14
Figure 5 : Dégrillage fin.....	15
Figure 6 :Récupération des déchets de dégrillage fin dans une benne.....	15
Figure 7 : Dessableur–déshuileur.....	16
Figure 8 : Classificatrice à sable.....	17
Figure 9 :Bassin d'aération.....	17
Figure 10 :Décanteur secondaire.....	18
Figure 11 :Bassin de recirculation des boues.....	19
Figure 12 :Epaississeur de la boue.....	19
Figure 13 : Bloc de déshydratation des boues.....	20
Figure 14 :Les Lits de séchage.....	21
Figure 15 : Variation des nitrates (N-NO ₃) des eaux usées brutes (E) et traitées(S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	25
Figure 16 : Variation des nitrates (N-NO ₃) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	26
Figure 17 : Valeurs enregistrées des nitrates (N-NO ₃) des eaux usées brutes (E) et traitées(S) au niveau de la STEP de Kais (janvier 2022).....	27
Figure 18 : Variation du l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	28
Figure 19 : Variation de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) des eaux usées brutes (E) et traitées(S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	29
Figure 20 : Variation des phosphates (P-PO ₄) des eaux usées brutes (E) et traitées(S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	31
Figure 21 : Variation desP-PO ₄ des usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	32
Figure 22 : Variation des P-PO ₄ des usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la.....	33
Figure 23 : Variation des nitrites (N-NO ₂) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	34
Figure 24 :Variation des nitrites (N-NO ₂) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	35
Figure 25 : Variation de la conductivité électrique (CE) des eaux usées brutes (E) et traitées	

(S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	38
Figure 26 : Variation de la conductivité électrique (CE) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	40
Figure 27 : Variation de la conductivité électrique (CE) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2022).....	41
Figure 28 : Variation de la température des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	44
Figure 29 : Variation de la température des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	46
Figure 30 : Variation de la température des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2022).....	47
Figure 31 : Variation de pH des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	50
Figure 32 : Variation de pH des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	52
Figure 33 : Variation de PH des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2022).....	53
Figure 34 : Variation des matières en suspension (MES) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	56
Figure 35 : Variation des matières en suspension (MES) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	58
Figure 36 : Variation des matières en suspension (MES) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2022).....	59
Figure 37 : Variation de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	61
Figure 38 : Variation de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	63
Figure 39 : Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).....	65
Figure 40 : Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).....	66

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les principaux paramètres analysés au niveau de la STEP de Kais.....	22
Tableau 2 : Normes de rejets de la STEP.....	22
Tableau 3 : Normes internationales des rejets de l'OMS (Brahmi et Madoui (2020).....	23
Tableau 4 : Les variations annuelles des rendements épuratoire (%) au niveau de la STEP de Kais (2020-2022).....	67

Liste des abréviations

C°: Degré Celsius

CE: Conductivité électrique

DCO: Demande chimique en oxygène

DBO5: Demande biochimique en Oxygène

E: Entré

FAO: Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

MES: Matières en suspension

MVS: Matière Volatils en Suspension

N-NH4: Ammonium

N-N03: Nitrates

N-N02: Nitrites

ONA: Office National d'Assainissement

OMS: Organisation Mondiale de Santé

P-P04: Ortho phosphates

pH: Le potentiel hydrogène

STEP: Station de traitement des eaux polluées

S: Sortie

T: La température

µs/cm: Micro siemens par centimètre

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est un bien précieux, elle a un double visage, un visage utile pour une utilisation humaine dans ses diverses activités quotidiennes, et l'autre visage qui est après utilisation, ses propriétés changent et deviennent des eaux usées rejetées dans les milieux naturels (Bounane, 2020).

L'Algérie est classée dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques, au regard du seuil de rareté fixé par la banque mondiale à 1000 m³/hab/an (Benyoucef, 2021). Les ressources actuelles sont affectées par plusieurs facteurs comme ; le changement climatique, la demande croissante de la population, le manque des ouvrages d'immobilisation des ressources hydrique ainsi que le phénomène de pollution des eaux souterraines et superficielles par différentes activités humaines (Benyoucef, 2021).

Les eaux utilisées pour les besoins des activités humaines, domestiques et professionnelles sont appelées des eaux résiduaires ou eaux usées (Bordet, 2007). Les eaux usées peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de la santé publique (Bouziani, 2000). Le traitement des eaux usées constitue un ensemble de procédés qui permettent de réduire les quantités des charges polluantes engendrées par les déchets solides, les produits liquides et les gaz contenus dans les eaux usées (Bouziani, 2000).

La réutilisation des eaux usées traitées figure parmi les options de la stratégie nationale de mobilisation des ressources en eaux (Louaguenoun, 2017).

L'objectif de notre travail consiste à étudier la qualité des eaux épurées par la STEP de Kais (wilaya de Khenchela) pour possibilité de leur recyclage en irrigation des terres agricoles, nous avons adopté la méthodologie suivante :

- La première partie est une revue bibliographique sur les eaux usées et leurs traitements;
- La deuxième partie porte sur la présentation de la station de traitement des eaux usées de Kais ainsi que le matériel et les méthodes;
- La troisième partie est consacrée à la présentation des résultats.

Partie I: Revue bibliographique

I. Généralité sur les eaux usées

I. 1. Définitions des eaux usées

Une eau usée est une eau chargée de substances minérales ou biologiques, issues de l'activité humaine provoquant, sous une concentration anormale, une dégradation de la qualité de l'eau naturelle du milieu récepteur (Ghettas, 2009). Généralement sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine (Rejsek, 2002).

I.1. 2. Origines des eaux usées

Il existe quatre types des eaux usées divisés selon leurs origines, il s'agit des :

I.1. 2. 1. Eaux de ruissellement ou pluviales

L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air, puis, emporte en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (Zidi, 2021).

I.1. 2. 2. Eaux domestiques

Les eaux domestiques sont des eaux consommées au niveau des ménages ou des administrations, ces eaux sont divisées en deux types: i) eaux grises, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, et ii) eaux de vannes, chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux, constituant un substrat équilibré pour le développement des bactéries (Zidi, 2021).

I. 1. 2. 3. Eaux industrielles

L'industrie rejette un bon nombre de substances minérales et organique qui peuvent polluer les rivières, parfois même d'une manière dont on ne connaît pas les effets à long terme (Zidi, 2021). Leurs caractéristiques dépendent du type d'industrie et du niveau de traitement que les eaux usées subissent avant leur rejet (Belaid, 2010).

I. 1. 2. 4. Effluents agricoles

Pour assurer un bon rendement, les agriculteurs utilisent des produits chimiques sous formes d'engrais et de pesticides, dans ces pratiques, et de façon quasi inévitable, une partie des

produits utilisés diffusent vers l'atmosphère, les plans d'eau ou les nappes (Dorioz et *al.*, 1998).

I. 3. Caractéristiques des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leurs origines, elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, chimiques, biologiques et des micro-organismes, en fonction de leurs caractéristiques et du danger sanitaire qu'elles représentent (Laabassi, 2016). Plusieurs paramètres sont utilisés pour caractériser les eaux usées, généralement sont classés en paramètres : physiques, chimiques et biologiques.

I. 3. 1. Paramètres physiques

a) La température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux, son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique), elle joue un rôle important dans la dénitrification (Merair et Salmi, 2014).

b) La matière en suspension (MES)

Les matières en suspension (**MES**) sont des particules de grande taille, non dissoutes et mise en suspension dans l'eau en cas de mouvement (Rejsek, 2002). Elles interviennent dans la composition de l'eau par ses effets d'échange d'ions ou d'absorption d'oligo-éléments, ainsi que sur les micro-organismes (Barat et al., 2005). Baumont et al., (2014) ont rapporté que les MES donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur.

Lorsque l'eau est traitée, divers virus et bactéries peuvent s'attacher et migrer avec les particules solides ; l'élimination des matières en suspension est liée à l'élimination des germes (EPA., 2012).

c) La turbidité

Dans le domaine du contrôle de la qualité des eaux, la mesure de la turbidité s'avère un paramètre probant (N'Diaye et al., 2013), elle constitue en elle-même un indicateur de pollution (Ruban et al., 2001). Un niveau élevé de turbidité peut réduire la perméabilité du sol et polluer à son tour la surface du sol par écoulement de surface (Vieira et al., 2012).

I. 3. 2. Paramètres chimiques

a) pH

Le rôle du pH est crucial pour la croissance des micro-organismes et est un paramètre important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des stations d'épuration. En revanche, une élévation de température, diminuant le pH, participe à l'acidification ou à l'alcalinisation du milieu (Hadji et al., 2020).

b) La conductivité électrique (CE)

L'objectif des mesures de la CE est de contrôler la qualité des eaux usées ; il reflète le degré de minéralisation globale et nous renseigne sur la salinité de l'eau (Rasheed et Hama Karim, 2017).

c) La charge organique

La charge organique est représentée par deux paramètres très importants, il s'agit de la demande biologique en oxygène (DBO5) et la demande chimique en oxygène (DCO). Les analyses de la demande biologique en oxygène (DBO5) et/ou de la demande chimique en oxygène (DCO) sont largement utilisées comme paramètres de qualité de l'eau pour évaluer les polluants organiques dans les masses d'eau ainsi que l'efficacité des stations d'épuration (Lee et al., 2015). La DBO5 est directement corrélée à la matière organique dans les eaux usées brutes (Gafny et al., 2000) alors que la DCO permet d'évaluer la concentration des matières organiques ou inorganiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau, à travers la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale (Fathallah et al., 2014).

Le rapport DCO/DBO5 est un indice très important qui indique la biodégradable présente dans l'effluent. Cet indice de biodégradabilité est également très utile pour suivre l'efficacité des traitements biologiques (Rodier et al., 2009). D'après ces auteurs, les règles suivantes sont généralement utilisées :

- $DCO/DBO5 < 3$: effluent facilement biodégradable ;
- $3 < DCO/DBO5 < 5$: effluent moyennement biodégradable ;
- $DCO/DBO5 > 5$: effluent n'est pas facilement biodégradable voire non biodégradable.

d) Azote total

L'azote présent dans les eaux usées urbaines provient principalement des déchets humains. Les urines contribuent largement à cet apport notamment sous forme d'urée, d'acide urique et d'ammoniac (Hadji et al., 2020). De plus, les eaux de cuisine véhiculent des protéines contenant des acides aminés et certains tensioactifs (détergents, adoucissants) qui incluent dans leurs molécules des radicaux azotés (Da Silva, 2008).

e) Phosphore total et ortho-phosphates

Le phosphore total est présent dans un échantillon sous forme de phosphates ou de composés organiques du phosphore. Dans les eaux usées, le phosphore peut provenir du métabolisme humain, des produits de lavage et de nettoyage, et les ortho phosphates de l'hydrolyse du phosphate inorganique (Hadji et al., 2020). Le rejet de phosphore des eaux usées dans les cours d'eau peut provoquer des effets indésirables, tels que l'eutrophisation (Roy, 2017).

f) Les micropolluants

Margot (2014) a rapporté que les micropolluants sont des composés traces présents dans les eaux à des concentrations très faibles (de l'ordre du microgramme ou du nano gramme par litre), même en concentrations infimes, ces substances peuvent exercer un effet nocif sur les organismes aquatiques, il s'agit généralement de (1) Pesticides, (2) Médicaments, (3) Produits de soin corporel, (4) Produits chimiques domestiques et (5) les métaux lourds.

I. 3. 3. L'état biologique des eaux usées

Tous les micro-organismes des matières fécales sont concentrés dans les eaux usées, cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Baumont et al., 2004).

II. 1. Traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées est une activité très importante pour protéger la vie aquatique des milieux récepteurs et la qualité des ressources en eaux. Il consiste à combiner judicieusement plusieurs étapes pour traiter les eaux usées et les rejeter dans le milieu récepteur (Rejsek, 2002). Il se pratique dans une station de traitement des eaux usées (STEP). Cette dernière reste un outil fondamental pour la protection des milieux naturels (Berland et al., 2002). Elles sont construites pour traiter les eaux usées, produites lors des activités domestiques (toilettes, salles de bains, cuisines.) avant rejet vers le milieu récepteur de surface (Mosseri et al., 2015).

II. 2. Le rôle principal de station de traitement des eaux usées (STEP)

La STEP est importante en raison de son rôle actif dans la protection de l'environnement et de la santé humaine, elle a plusieurs rôles, parmi les principaux rôles nous pouvons citer :

- La protection de la nappe phréatique ;
- La protéger le milieu récepteur ;
- Préserver la santé de la population contre les maladies à transmission hydriques ;
- Réutiliser les eaux épurées pour l'irrigation ;
- La réutilisation des boues issues des traitements des eaux usées pour l'agriculture.

II. 3. Les procédés d'épuration des eaux usées

L'épuration des eaux usées suit les étapes suivantes :

II. 3. 1. Le prétraitement

Le prétraitement vise à éliminer les matières les plus grossières et volumineuses et les éléments susceptibles de gêner les autres étapes du traitement. Le prétraitement peut subdiviser en trois étapes successives liées les unes aux autres. Elles sont respectivement les suivantes (Lemita, 2021).

a) Le dégrillage

A leur arrivée à la STEP, l'eau usée en provenance des égouts passe entre des barreaux métalliques d'une grille (ou d'un tamis) qui retiennent les déchets volumineux (papiers,

feuilles, matières plastiques, objets divers...) et l'effluent est relevé jusqu'au niveau de l'usine à l'aide de vis d'Archimède ou de pompes (Causs et al., 2004). Il existe deux types :

-Dégrillage grossier : l'eau brute passe à travers une première grille qui permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 50mm (Bouarissa, 2020).

- Dégrillage fine : après le relevage de l'eau par des pompes, elle passe par deux grilles à câble composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux est de 20mm, la vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s (Bouarissa, 2020).

b) Le dessablage

Cette étape débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage (Gérard, 2003).

c) Le déshuilage

Le déshuilage et le dégraissage séparent les huiles et graisses libres qui ont normalement tendance à remonter à la surface des eaux usées et les transporte vers des déversoirs pour les évacuer (Bouziani, 2000).

II. 3. 2. Le traitement primaire

Après les prétraitements, les effluents conservent une charge polluante dissoute et des matières en suspension. Les procédés de traitement primaire sont physiques, comme la décantation, ou physico-chimique. Ces traitements éliminent 50 à 60% des matières en suspension (Maref, 2020).

II. 3. 3. Le traitement secondaire (biologique)

L'élimination des matières organiques implique le recours des traitements biologiques qui font intervenir des organismes vivants, essentiellement des bactéries, ces procédés biologiques, le plus souvent aérobies, reposent sur la biodégradation des matières organiques en présence d'oxygène par des microorganismes hétérotrophes (Rejsek, 2002). Ces procédés reproduisent les phénomènes naturels d'autoépuration qui se réalisent dans le milieu naturel (Rejsek, 2002). On retrouve deux groupes de procédés :

- Les procédés à culture fixée où la biomasse épuratrice est fixée sur des supports. L'eau à traiter coule au contact de ces supports. Les microorganismes fixent donc la pollution organique et la dégradent (biofiltration par exemple) (Rejsek, 2002).

-Les procédés à culture libre où la biomasse est en suspension dans l'eau à traiter. Les microorganismes fixent la pollution et se développent sous forme de floes biologique que l'on peut séparer de l'eau traitée par clarification (boues activées par exemple) (Rejsek, 2002).

II. 3. 4. Le traitement tertiaire

Cette étape désigne le traitement de l'azote et/ou du phosphore et/ou de tout autre polluant se répercutant sur la qualité de l'eau ou sur la possibilité de l'affecter à un usage particulier (pollution microbiologique, coloration, etc.) (Upton, 2016). Des systèmes de filtration, de désinfection chimique ou de traitement par UV peuvent être installés, afin de diminuer la concentration des micro-organismes dans l'eau rejetée dans le milieu naturel (Werlé et al., 2013).

Les stations d'épuration produisent des rejets "déchets" (les produits restent dedans) dégrillage, produits de nettoyage, dessablage, déshuilage... et des boues qui doivent subir un traitement spécifique (Slimani, 2019).

II. 3. 5. Le traitement des boues

Le traitement des boues est d'abord et avant tout la réduction de sa teneur en eau et de sa charge contaminée et fermentée, avec des boues contenant environ 95-99% d'eau, cela se présente généralement sous deux formes: (1) eau libre faiblement absorbée, peut être éliminée par déshydratation mécanique, (2) eau liée associée à des bactéries ou d'autres molécules, amovible par séchage thermique ($> 105^{\circ}\text{C}$) (Amorce, 2012).

a) L'épaississement

C'est la première étape pour réduire le volume de boues et en augmenter la concentration pour permettre la déshydratation, le concentrateur statique présente deux phases de fonctionnement, la clarification permet d'obtenir un surnageant pauvre en MES, l'épaississeur est alors considéré comme un décanteur, puis sous l'action de pesanteur, la teneur des boues en matière sèche progresse (Cardot, 2010).

b) La stabilisation

Ce processus limite les fermentations en vue de permettre la valorisation agricole des boues, il existe deux types les stabilisations chimiques et les stabilisations biologiques, pour ce dernier

cas, les phénomènes peuvent être anaérobies. Il s'agit alors de l'étape de digestion des boues (Cardot, 2010).

c) Déshydratation

Le processus de déshydratation mécanique a pour but de faire passer les boues d'un état liquide à une consistance plus ou moins solide, qui doit évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie, une floculation doit être effectuée au préalable pour déstabiliser la suspension et augmenter la granulométrie (Cardot, 2010).

d) Le séchage

Le séchage est une opération unitaire du traitement des boues consistant à évaporer de l'eau libre et liée. Plusieurs techniques de séchage sont envisageables (Amorce, 2012).

1- Lit de séchage

Les lits de séchage peuvent être :1) solaire, 2) lits de sable, 3) lagune de séchage ou 4) lit planté de macrophytes (Amorce, 2012).

2- Séchage thermique

Le séchage thermique vient obligatoirement après une étape de déshydratation mécanique, il peut être direct ou indirect (Amorce, 2012).

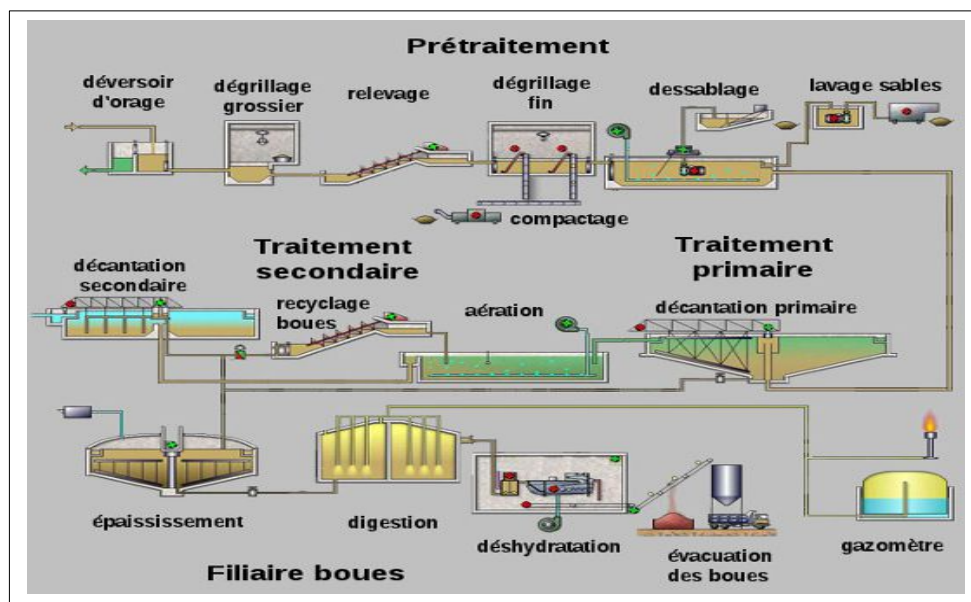


Figure 1 : Schéma de STEP à boues activées (Laat, 2018).

III. La réutilisation des eaux épurées en agriculture

III. 1. Domaine de la réutilisation

La réutilisation des eaux usées épurées est une action planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages (Ayers et Wescot, 2018).

En termes de réutilisation, l'agriculture conserve la première place de point de vue quantité d'eau traitée réutilisée, mais d'autres alternatives gagnent en importance, comme les utilisations urbaines ou industrielles (Salgot et Folch, 2018).

La réutilisation de ces eaux présente de nombreux avantages, leurs matières organiques contribuent à l'enrichissement de la couche fertilisante du sol (Ounaies et al., 1989).

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : sociale économique et environnementale (Chenini et al., 2018).

Pour assurer la réutilisation des eaux traitées, il devient nécessaire que les stations de traitement fonctionnent avec une efficacité totale qui ne peut être atteinte que si chaque composant du système utilisé dans les stations de traitement des eaux usées fonctionne avec une fiabilité élevée et des stratégies de maintenance appropriées sont exécutées (Goyal et al., 2019).

III. 2. Cadre juridique d'usage des eaux usées épurées

La législation algérienne a bien encadrées l'utilisation des eaux usées e agriculture parmi les lois les décrets et les arrêtés on peut citer :

- La loi n° 05-12 du 04 août 2005 relative à l'eau a institué à travers ses articles 76 et 78 la concession des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO N°60 de l'année 2005).
- Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007 fixe les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges y afférent (JON° 35 de l'année 2007).
- Arrêté interministériel portant spécification des eaux usées épurées.

- Arrêté interministériel portant la liste des cultures à irriguées avec les eaux usées épurées.

III. 3. Situation de la réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation agricoles en Algérie

La réutilisation des eaux usées en agriculture est une pratique qui date des temps anciens. Selon le MRE, dès les années 1990, des programmes de réalisation et de modernisation d'ouvrages de traitement destinés à la réutilisation des eaux usées en irrigation ont été mis en œuvre (Larab, 2019). Le ratio entre la réutilisation des eaux usées et l'affectation des ressources permet d'estimer la contribution de la réutilisation des eaux usées en irrigation. Cette contribution est de 13.37% dans le cas de la région hydrographique Chelif Zahrez, de 21.4% dans la région hydrographique Constantine- Seybousse-Mellegue, et de 34.92 % dans la région hydrographique Oranie-Chott-Chergui. Cette dernière est nettement déficitaire en pluviométrie par rapport aux autres régions du Nord algérien (400 mm/an environ). La composante réutilisation des eaux usées en irrigation devient même prépondérante avec un ratio de 45%, voire 100% dans le cas du périmètre de Mléta dans la région de l'Oranie à l'Ouest algérien (Larab, 2019).

Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 1062 million de m³ et dépassera 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020 seul 365 millions de m³ sont épurées, donc il faut prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration (Jalali, 2018).

III. 4. Les effets bénéfiques de l'irrigation par les eaux épurées

Les eaux usées constituent souvent une source d'eau fiable tout le long de l'année et contiennent les nutriments nécessaires à la croissance des végétaux, la valeur de ces eaux est reconnue depuis longtemps par les agriculteurs du monde entier et leur utilisation en agriculture représente une forme de recyclage de l'eau et des nutriments (OMS, 2012)

De nombreuses études ont confirmés l'impact positif des nutriments contenus dans les eaux usées sur les rendements des cultures irriguées (Wang et Huang, 2008), les effets bénéfiques tels que l'amélioration des rendements des cultures sont plus aisément appréciables à une échelle de temps relativement courte (Papadopoulos et al., 2009).

III. 5. Impact de l'irrigation avec les eaux épurées sur la qualité du sol

Tamrabet (2011) a rapporté que la réutilisation des eaux traitées en agriculture présente des risques d'ordres microbiologique, d'ordre chimique et d'ordre environnemental.

En effet les eaux usées sont différentes des eaux conventionnelles par leur teneur en matières en suspension et en sels, les matières en suspension influencent le colmatage des sols elles peuvent obstruer les pores et provoquer une imperméabilisation rendant le sol inutilisable (Ayres et Wescot, 1985) et autres problèmes de la salinisation et de l'alcalinisation et réduction de la perméabilité du sol et l'accumulation d'éléments potentiellement toxique (Mefalopulos, 2003).

L'arrivée des matières organiques et non organiques dans les sols peut affecter les propriétés physique et chimique de ces sols, ainsi que la dégradation des propriétés hydro dynamiques des sols (Mamdov et al., 2000). Il est clair aussi que la plus grande complication dans l'épandage des eaux usées sur les terres agricoles est le problème des sels (Ababsa, 2016). Buechler et Devi Gayathri (2006), rapportent dans leur étude une accumulation importante de Cu, Zn et P dans les sols irrigués à l'eau traitée.

Partie II: Matériel et méthodes

I. Présentation du site d'étude

I. 1. Situation géographique de la ville et localisation de la STEP de Kais

La ville de Kais se situe à la wilaya de Khenchela au nord-est de l'Algérie entre les altitudes (35.3° nord et 6.5°sud) ; à 22 km à l'ouest du chef-lieu de la wilaya de Khenchela.

Le site de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Kais (STEP Kais) est étalé sur une superficie de : 9,5 hectares. Les coordonnées de la localisation géographique selon le GPS sont : 35°31'07"N et 6°54'15"E avec une altitude : 879m (Fig. 2).

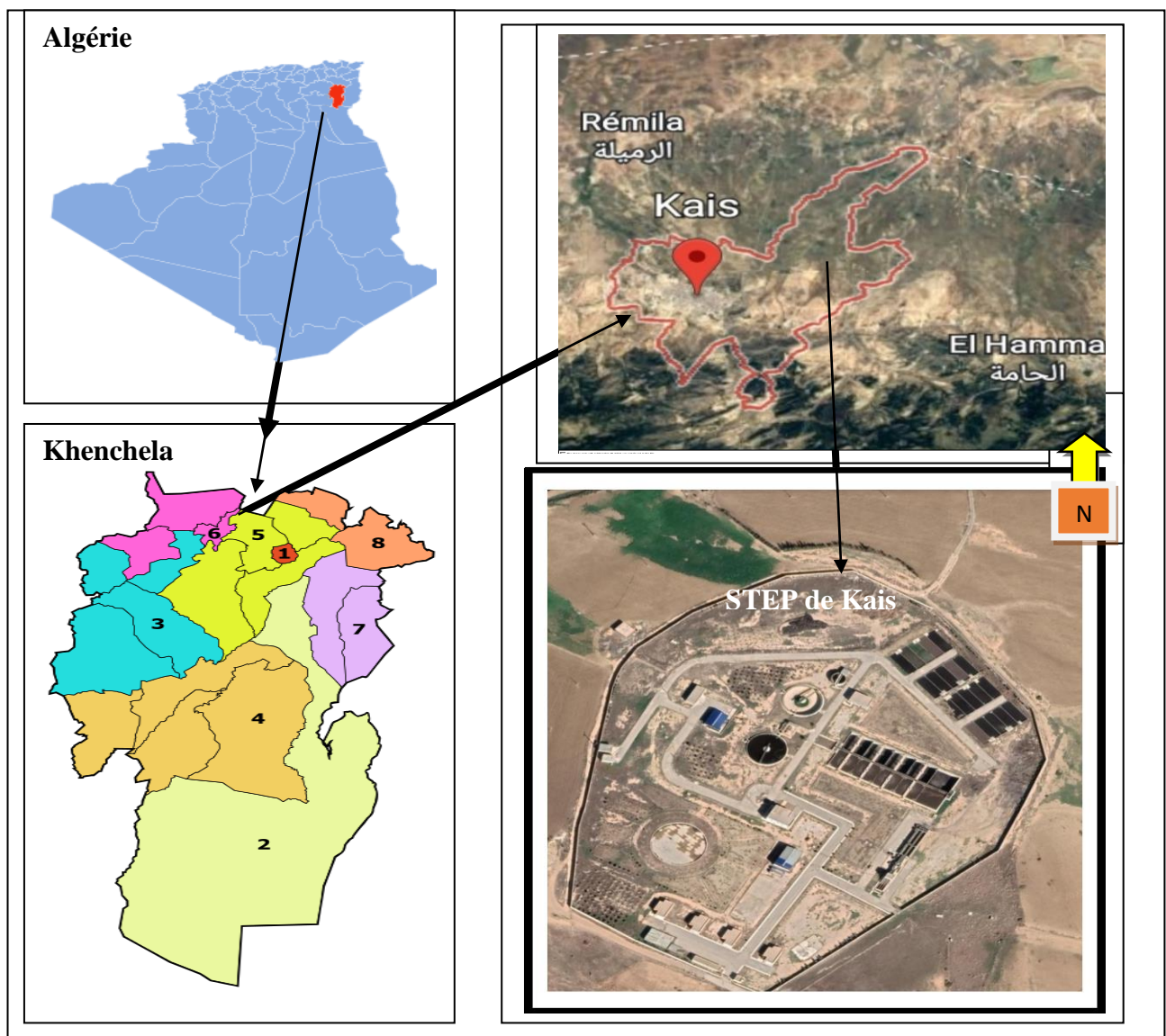


Figure 2 : Localisation de la STEP de Kais (Image satellitaire de Google Earth 2022).

I. 2. Le principe de fonctionnement des installations de la STEP

La station est conçue pour traiter les eaux usées urbaines des deux villes de Kais et Remila, à une capacité actuelle de 60.000 équivalent habitant pour traiter les eaux usées d'un débit de 7200 m³/jour qui est projeté d'être élevé à 100.000 équivalent habitant à l'horizon 2035 pour traiter un débit de 12.000 m³/jour. Elle est de type Boues activées à faible charge. Le milieu récepteur des eaux traitées est Oued Laadjardia. Cette STEP est conçue pour répondre à quatre objectifs :

- a) Élimination des risques de pollution de la nappe des eaux souterraines de Remila, qui alimente les villes de Khenchela et Kais en eau potable ;
- b) Réutilisation des eaux épurées de:
 - 2.6 millions de m³ à l'irrigation de 100 has à l'horizon 2025
 - 4.4 millions m³ à l'irrigation de 300 has à l'horizon 2035
- c) Protection de l'environnement ;
- d) Réutiliser les boues issues de l'épuration à des fins agricoles.

II. Présentation de la filière de traitement de la STEP

II. 1. La filière de traitement des eaux usées

II .1.1. Entrée des eaux brutes et prétraitement

a) By-pass

Un by-pass est construit afin d'évacuer les eaux en excès directement vers la fin de la station, pour les cas d'urgence ou de maintenance de la STEP (Fig. 3).

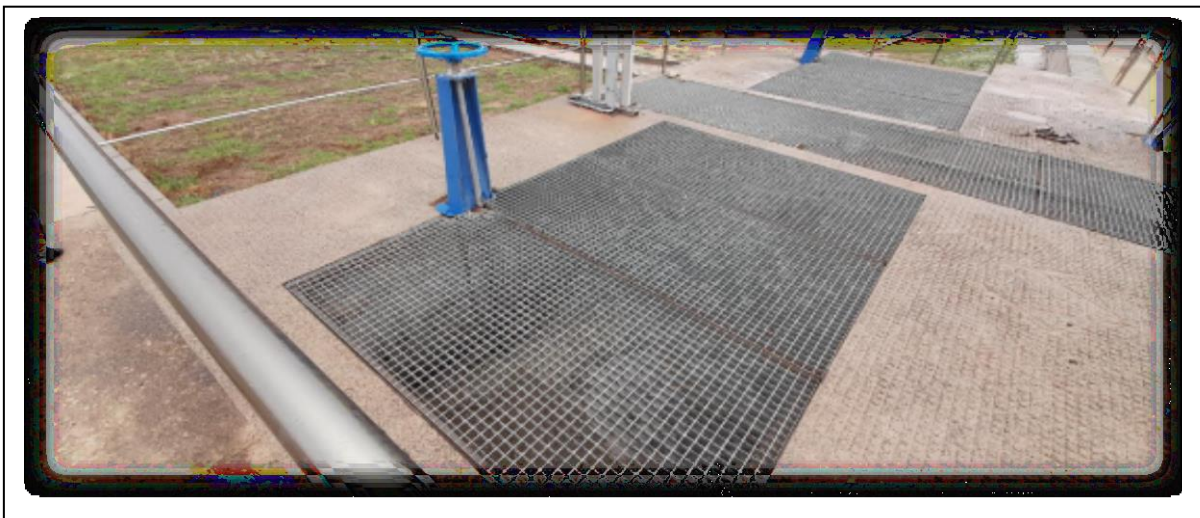


Figure3 : Le By-pass.

b) Dégrillage grossier

Les eaux brutes à traiter passent d'abord par un panier grossier manuel a pour rôle de débarrasser les eaux usées des polluants solides (100 mm distance entre les barres) le rôle principal du panier consiste à protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages les différentes unités. Le nettoyage s'effectue manuellement (Fig. 4).

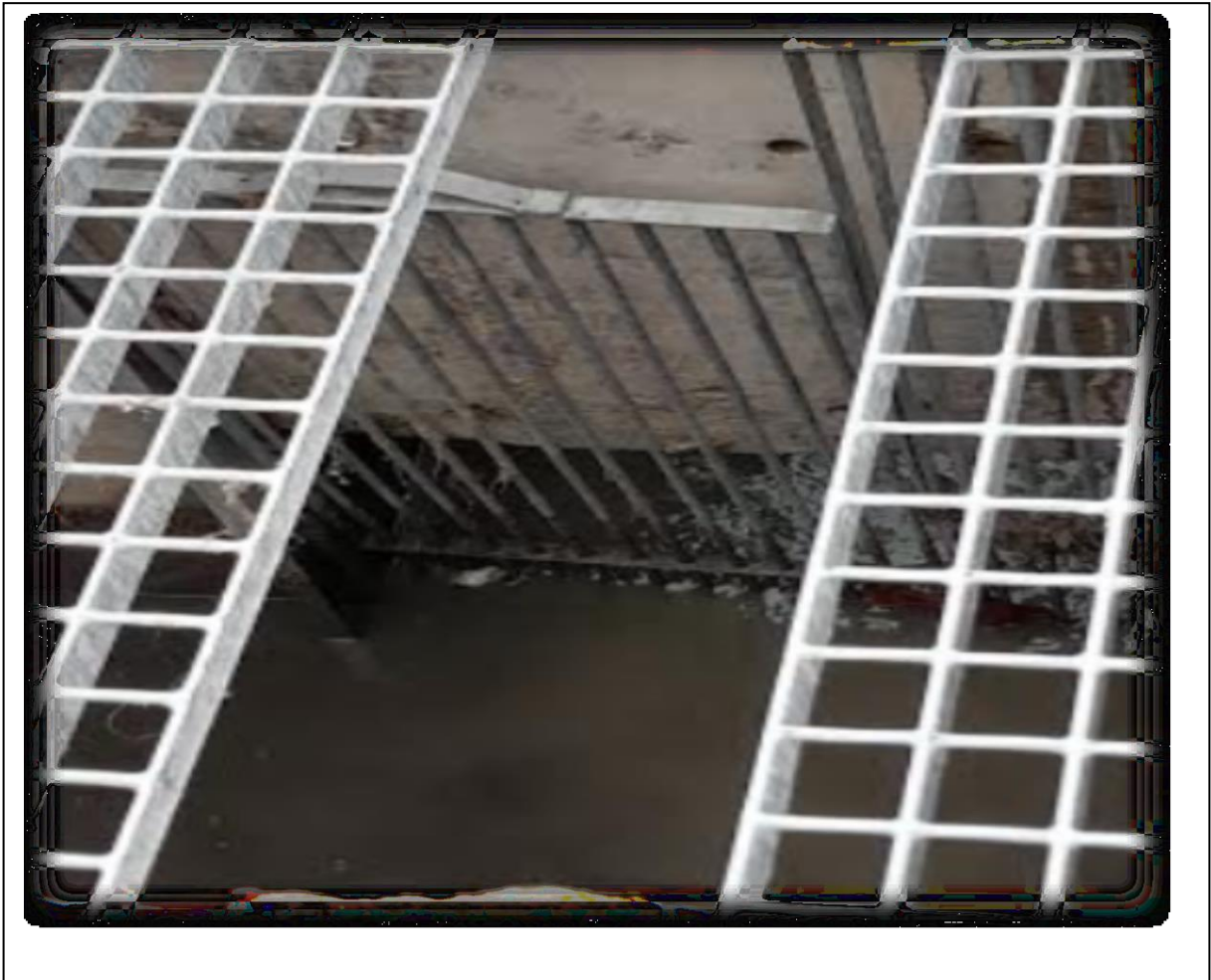


Figure 4 : Le Panier grossier.

c) Dégrillage fin

Après relevage, les eaux brutes passent au travers de grilles fines pour but d'éliminer les matières fines afin d'éviter le bouchage et de dégrader les éléments mécaniques. Il y a deux grilles automatiques inclinées de 60° avec écartement entre barreaux égaux à 6 mm (Fig. 5).



Figure 5 : Dégrillage fin.

Les déchets recueillis du dégrillage fin seront acheminés par une vis sans fin vers une benne (Fig. 6).



Figure 6 : Récupération des déchets de dégrillage fin dans une benne.

d) Le dessableur – déshuileur

Le dessableur – déshuileur est une forme géométrique rectangulaire (Fig. 7). La surface totale de l'ouvrage est 52 m² et le débit max est 30 m³/h, à l'intérieur des deux dessableurs-déshuileurs, l'eau s'écoule lentement ; les sables, et autres matières plus denses que l'eau se déposent à la base de l'ouvrage.

Les huiles et autres graisses, moins denses que l'eau, ont une tendance naturelle à remonter à la surface. Pour accélérer ce phénomène, l'eau est soufflée pour émulsionner les graisses (Fig.7).



Figure 7 : Dessableur–déshuileur.

e) Classificateur à sable

Les matières décantées sont recueillies et envoyées vers deux séparateurs de sable, cela pour éviter le colmatage des canalisations de transfert. L'appareil de classificateur à sable extrait les sables de l'eau résiduelle pompée par les pompes à sables et les décharge sur la benne transporteuse commune aux refus (Fig. 8).

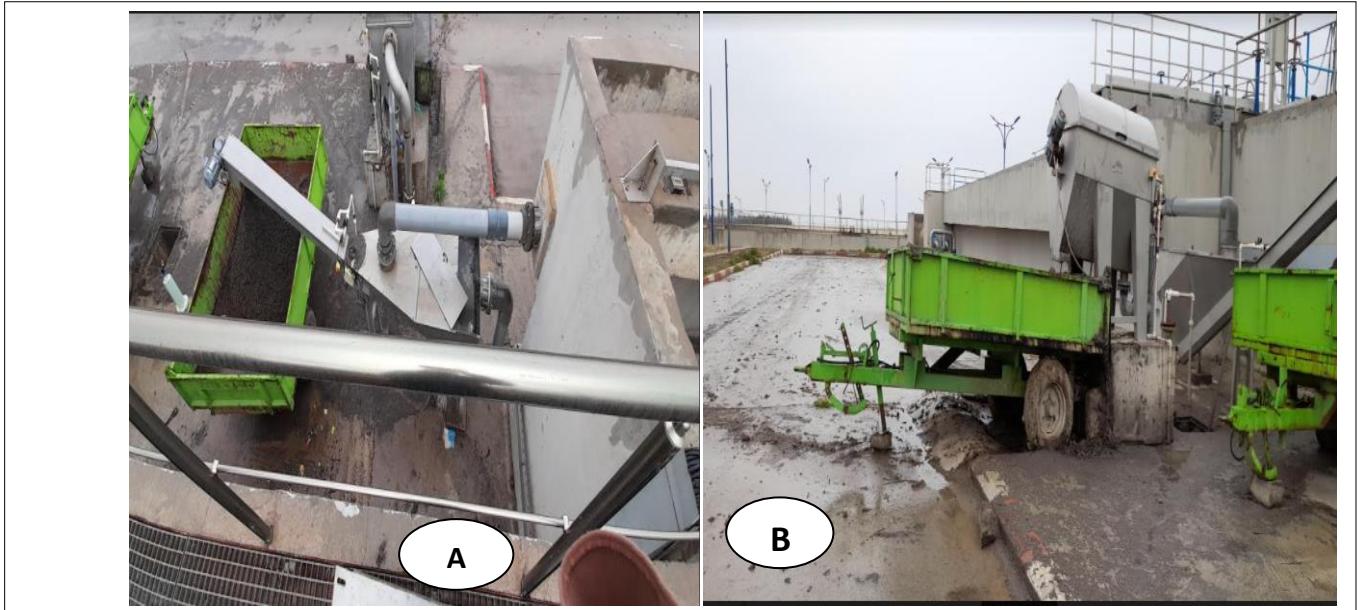


Figure 8 : Classificateur à sable

II .1.2. Bassin d'aération (bassin biologique)

Le bassin d'aération est le réacteur biologique dans le quel s'effectue le métabolisme bactérien à l'origine des processus de l'oxydation biologique aérobie aboutissant à l'épuration des eaux usées. Il est commandé depuis la salle de contrôle qui fonctionne selon deux modes : automatique et manuel (Fig. 9).



Figure9 : Bassin d'aération.

Pour optimiser la dénitrification le bassin d'aération est équipé d'agitateurs submersibles opérationnels et fonctionnent en alternance avec les aérateurs.

II.1.3. Décanteur secondaire (clarificateur)

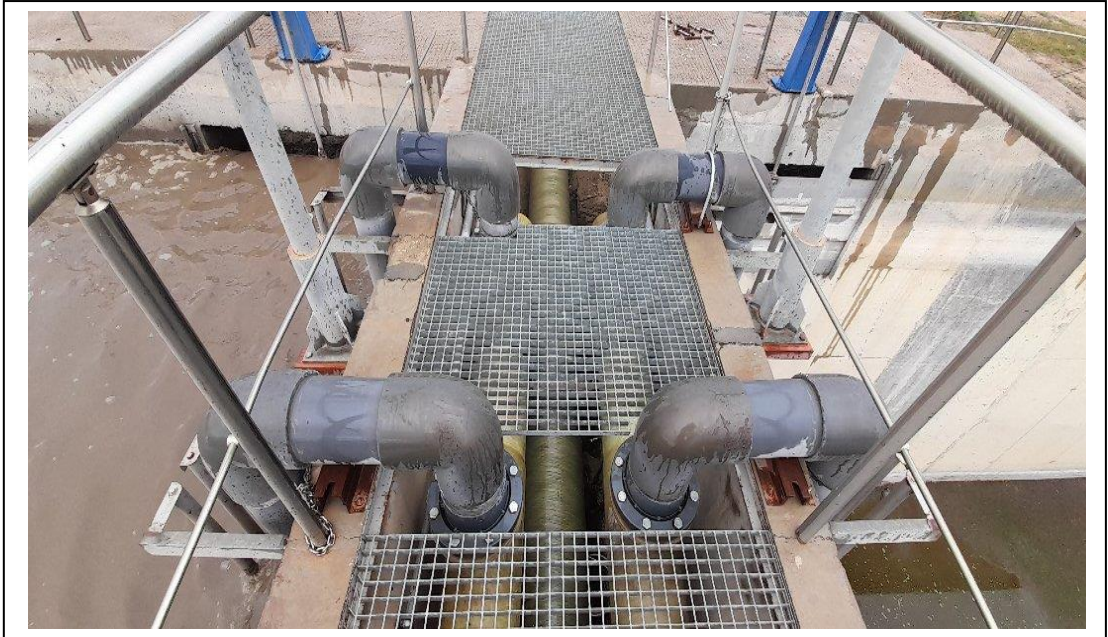
La clarification des effluents traités est une étape essentielle dans le procédé biologique d'épuration, elle permet la séparation de la liqueur mixte en boues concentrées et en eau traitée (Fig. 10).



Figure10 : Décanteur secondaire.

II .1. 4. Dispositif de la recirculation de boues

Le dispositif de la recirculation de la boue assure le retour vers le bassin d'aération de la boue biologique une quantité bien calculée de la boue. Pour un objectif principale de minimiser le temps de séjour des eaux usées dans le bassin d'aération (Fig. 11).



Figures 11 : Bassin de recirculation des boues.

II.2. Filière de traitement des Boues

II.2.1. L'épaississement

Les boues en excès sont introduites par pompage au centre de l'épaississeur ou les boues s'épaississent par l'action de la pesanteur et du mécanisme racleur. Les boues épaissies sont raclées vers l'installation de déshydratation mécanique en vue de leur déshydratation (Fig. 12).



Figure 12: Epaisseur de la boue.

II.2.2. Déshydratation mécanique des boues

Le but de cette étape est de porter la siccité des boues à une valeur telle que leur transport soit facilité par réduction du volume le produit fini pourra ainsi être aisément utilisable en agriculture comme excellent amendement des sols ou être versé en décharge publique (Fig. 13).



Figure 13 : Bloc de déshydratation des boues

II.2.3. Les lits de séchage

Les lits de séchage sont utilisés pour l'assèchement des boues digérées et épaissies (Fig. 14).



Figure14 : Les Lits de séchage.

III. Caractérisation des eaux usées brutes et épurées

A fin de contrôler les processus de traitement et d'évaluer le rendement épuratoire de la STEP des échantillons des eaux usées brutes et traitées sont prélevés généralement chaque jour, puis analysés au niveau du laboratoire de la STEP.

Les ingénieurs de la STEP de Kais effectuent quotidiennement ou chaque semaine des analyses de plusieurs paramètres. Il s'agit de la température, le potentiel hydrogène, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, la demande biochimique en oxygène, la demande chimique en oxygène, les matières en suspension et les matières volatiles en suspension...

Matériel et méthodes

Le tableau (1) résume les méthodes et l'appareillage utilisés pour les analyses des échantillons prélevés au niveau de la STEP.

Tableau 1: Les principaux paramètres analysés au niveau de la STEP de Kais.

Paramètre	abréviation	Unité	Méthodes	Appareillage
La température	T	°C	à l'aide d'un multi paramètre portable	Multi paramètre
Le potentiel hydrogène	pH	/		
La conductivité électrique	CE	µs/cm		
L'oxygène dissous	O ₂ D	mg/l		
Demande biochimique en oxygène	DBO ₅	mg/l	La méthode de DBO mètre	Armoire thermorégulatrice(Oxy top 06 postes)
Demande chimique en oxygène	DCO	mg/l	Kit HACH	Spectrophotomètre HACH
Matières en suspension	MES	mg/l	Rejsek, 2002	Balance analytique
Ammonium	N-NH ₄	mg/l	Kit HACH	Spectrophotomètre HACH
Nitrates	N-NO ₃	mg/l	Kit HACH	Spectrophotomètre HACH
Nitrites	N-NO ₂	mg/l	Kit HACH	Spectrophotomètre HACH
Ortho phosphates	P-PO ₄	mg/l	Kit HACH	Spectrophotomètre HACH

Après traitement des eaux usées et avant leur rejet vers l'espace naturel elles doivent respecter les normes citées sur le tableau (2).

Tableau 2: Normes de rejets de la STEP

Paramètre analysé	Norme de rejet
MES	≤ 40mg/l
DBO ₅	≤ 40 mg/l
DCO	≤ 130 mg/l

Le rendement épuratoire de la STEP est calculé pour les MES, DBO₅, DCO, N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃ et P-PO₄ en appliquant la loi suivante :

$[(\text{Concentration Entrée} - \text{Concentration Sortie}) / \text{Concentration Entrée}] \times 100$ (Hamaidi-Chergui et al., 2016).

Partie III: Résultats et discussion

Résultats et discussion

Résultats et discussion

I. Caractérisation des eaux usées brutes et traitées

Cette partie est réservée à l'évaluation du traitement des eaux usées au niveau de la STEP de Kais durant la période étalée de janvier 2020 jusqu'aux premiers mois de l'année 2022. Les normes de rejets des eaux traitées d'OMS avec lesquelles nous avons comparé les résultats des traitements au niveau de la STEP de Kais sont représentés sur le tableau (3).

Tableau 3: Normes internationales des rejets de l'OMS (Brahmi et Madoui, 2020)

Paramètre	Unités	Norme OMS
Temperature	°C	<30
pH	-	6,5-8,5
DBO ₅	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH ₄ ⁺	mg/l	<0,5
NO ₂	mg/l	1
NO ₃	mg/l	<1
P ₂ O ₅	mg/l	<2

I. 1. Nitrates (N-NO₃)

Pour l'année 2020, nous remarquons l'absence des données des NO₃⁻ durant 8 mois (février, mars, avril, mai, juin, octobre, novembre et décembre) pour l'eau brute et traitée. De ce fait nous allons présenter les valeurs de quatre mois seulement (janvier, juillet, aout et septembre). La valeur maximale des NO₃⁻ de l'eau d'entrée est 4.3 mg/l (mois d'aout) et la valeur minimale est de 0.41 mg/l (mois de janvier). Alors que la valeur maximale des NO₃⁻ des eaux de sortie est 1 mg/l (mois d'aout) et la valeur minimale est 0.015 mg/l (mois de septembre) (Fig. 15).

Pour l'année 2021, d'après les résultats obtenus (Fig. 16), on remarque que les valeurs des nitrates dans les eaux brutes (eau entrée) varient d'un minimum de (0,35 mg/l) à un maximum de (5.4 mg/l). Pour les eaux traitées (eau de sortie) nous remarquons que les valeurs des nitrates varient d'un minimum de 0.03 mg/l à un maximum de 0.93 mg/l, ces valeurs sont enregistrées durant les deux mois de : mai et

Résultats et discussion

mars. Malheureusement, aucun résultat n'a été enregistré durant les 6 mois de : avril, juin, juillet, octobre, novembre et décembre.

Pour l'année 2022, malheureusement, aucun résultat n'a été enregistré durant 11 mois (de février à décembre) pour l'eau brute et traitée. Les résultats enregistrés durant le mois de janvier pour l'eau brute et traitée (Fig. 17) révèlent que la valeur des NO_3^- de l'eau d'entrée est 0.6 mg/l et la valeur de NO_3^- des eaux de sortie est 0.14 mg/l.

De ces résultants nous remarquons que, les concentrations des nitrates pour les eaux traitées à la sortie restent très conformes aux normes de l'OMS (<1 mg/l). Les études de Adjeroudi et Boukhalifa (2021) ; Brahmi et Madoui (2020) réalisées sur l'évaluation du traitement de la STEP de Ain Baida (wilaya Oum El Bouaghi) ont rapporté des valeurs similaires (inférieurs à la norme de rejet)

Résultats et discussion

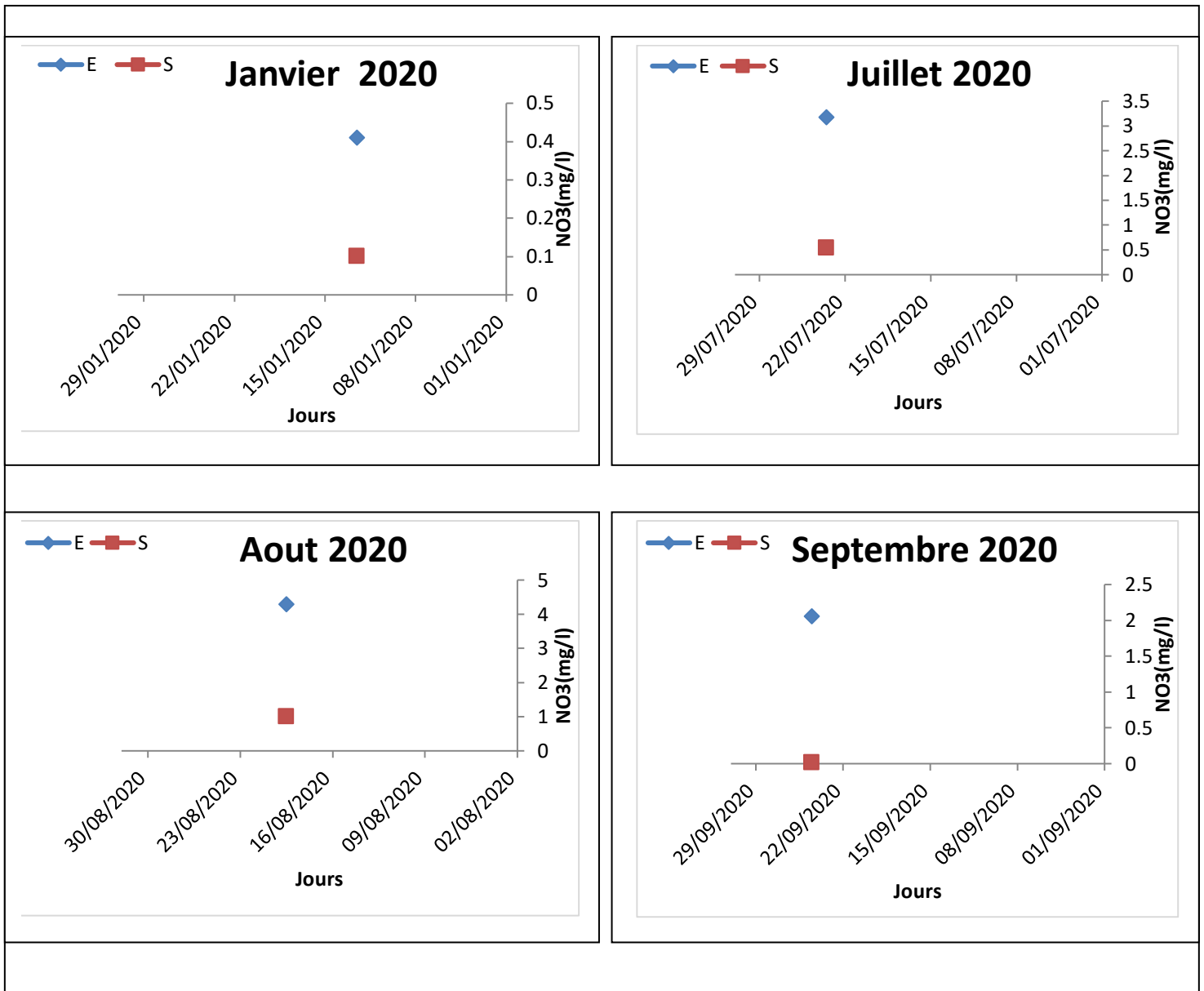


Figure 15 : Variation des nitrates (N-NO₃) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion

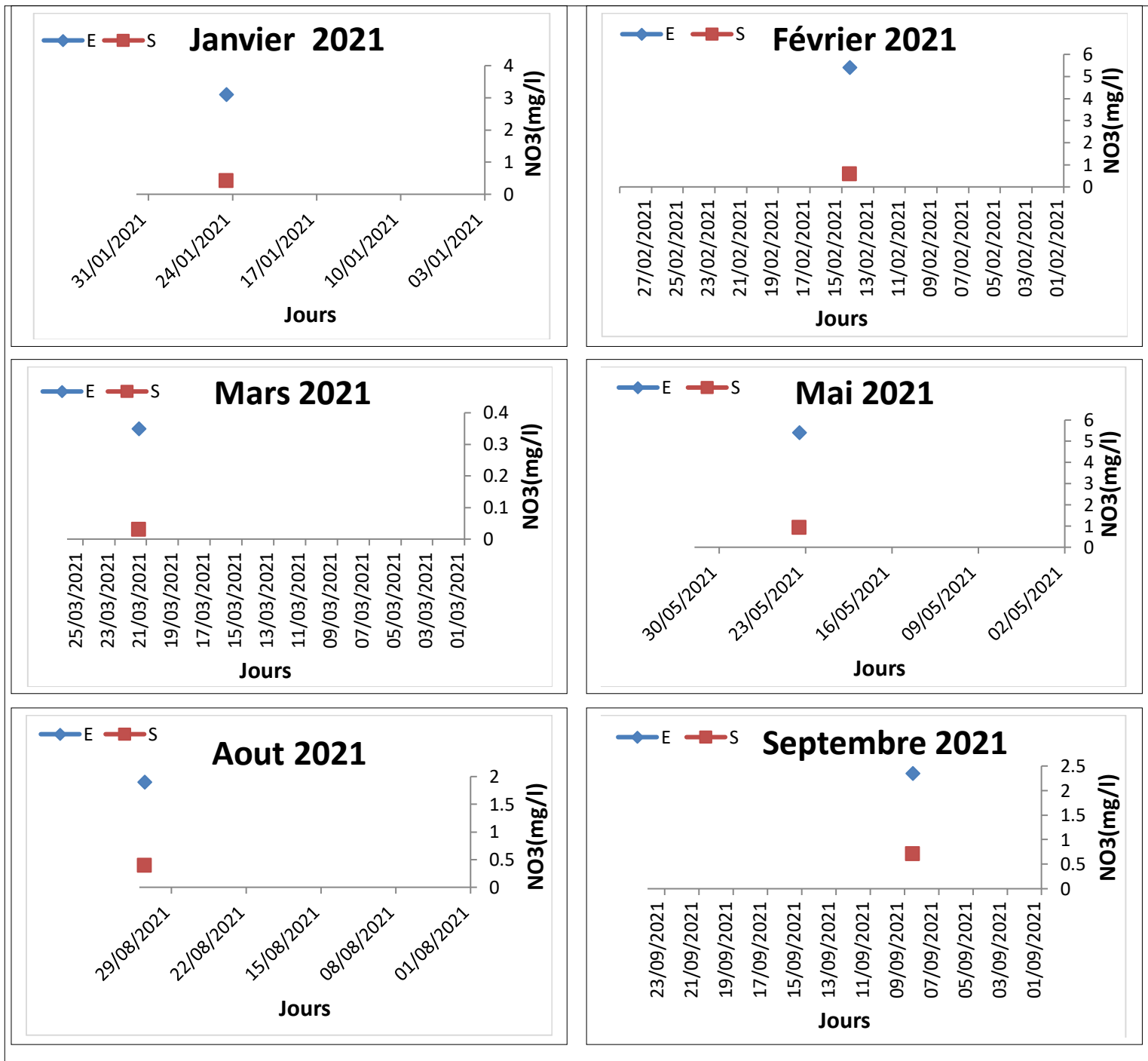


Figure 16 : Variation des nitrates (N-NO₃) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

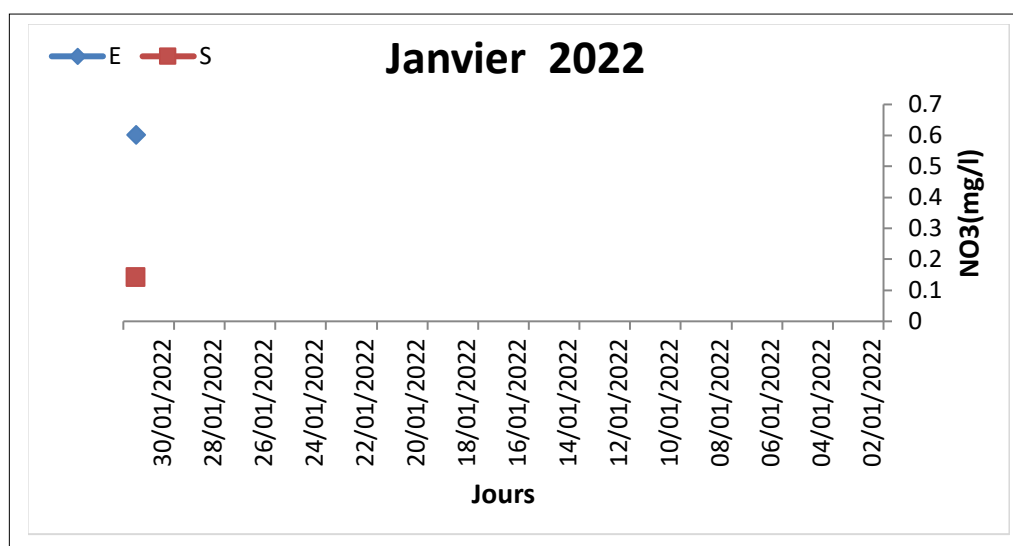


Figure 17 : Valeurs enregistrées des nitrates (N-NO₃) des eaux usées brutes (E) et traitées(S) au niveau de la STEP de Kais (janvier 2022).

I. 2. L'azote ammoniacal (NH₄⁺)

Pour l'année 2020, les données manquantes sont remarquées pour les 10 mois de février, mars, avril, mai, juin, aout, octobre, novembre et décembre pour l'eau d'entrée et de sortie. La valeur maximale de ces eaux d'entrées est 15.26 mg/l (mois de septembre) et la valeur minimale est 3.4 mg/l (mois de janvier) et après épuration la valeur maximale de 6.36 mg/l (mois de janvier) et la valeur minimale de 5.86 mg/l (mois de septembre) (Fig. 18).

Pour l'année 2021, nous remarquons que, la valeur maximale d'ammonium des eaux d'entrées est 13.1 mg/l (mois de février) et la valeur minimale est 9.74 mg/l (mois de mars) et la valeur maximale d'ammonium des eaux de sortie est 7.18 mg/l (mois de février) et la valeur minimale est 4.4 mg/l(mois de mai). Les données manquantes sont remarquées pour 8 mois (Fig. 19).

De ces résultats nous remarquons que, les concentrations de l'ammonium sont élevées pour les eaux brutes et après traitement, les concentrations restent élevées et dépassent largement les normes de rejet de l'OMS (<0.5 mg/l). Les études de Adjeroudi et Boukhalfa (2021) ; Brahmi et Madoui (2020), réalisées sur l'évaluation du traitement de la STEP de Ain Baida (wilaya Oum El Bouaghi), ont rapporté des valeurs plus faibles et inférieures à la norme de rejet.

Résultats et discussion

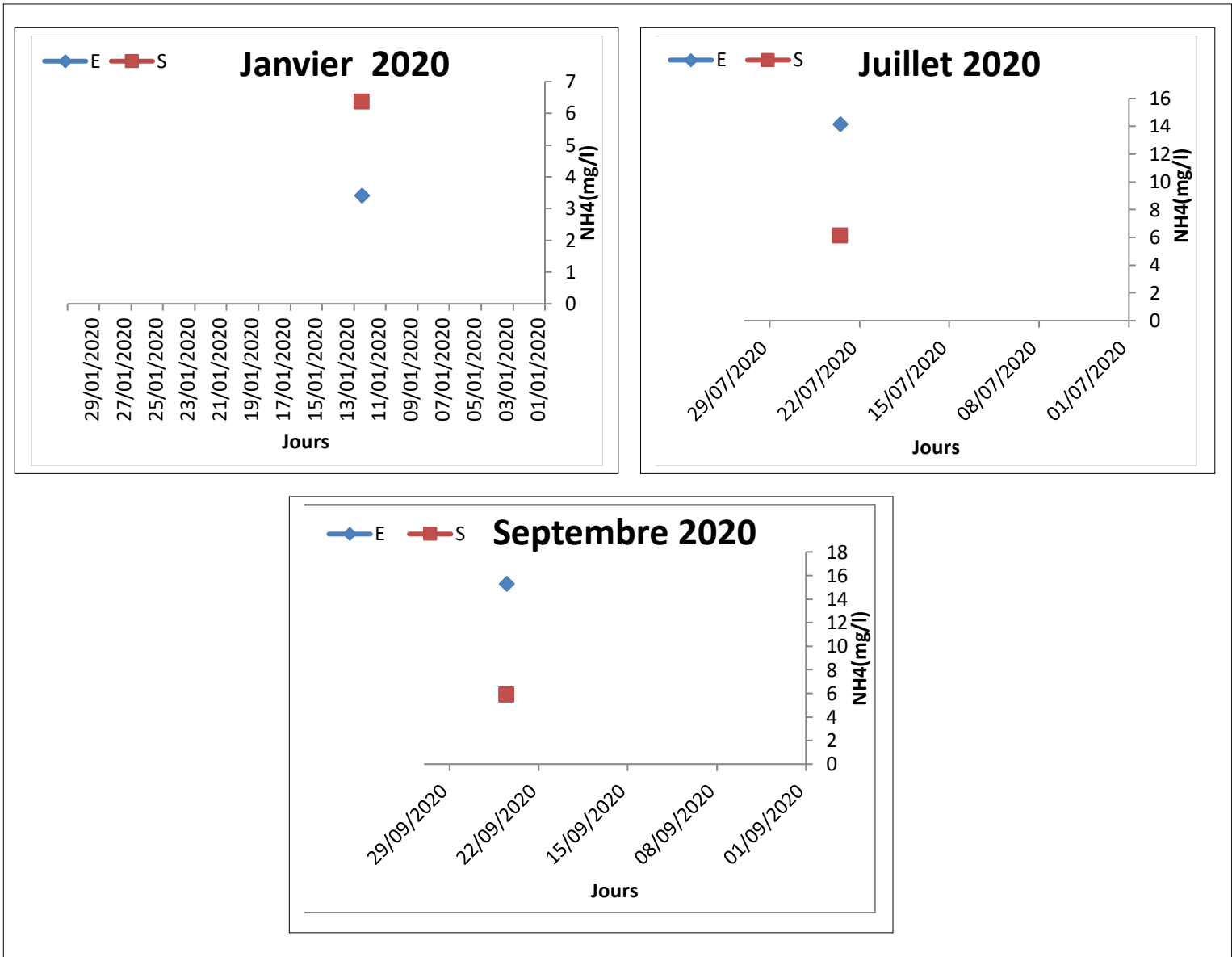


Figure 18 : Variation de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion

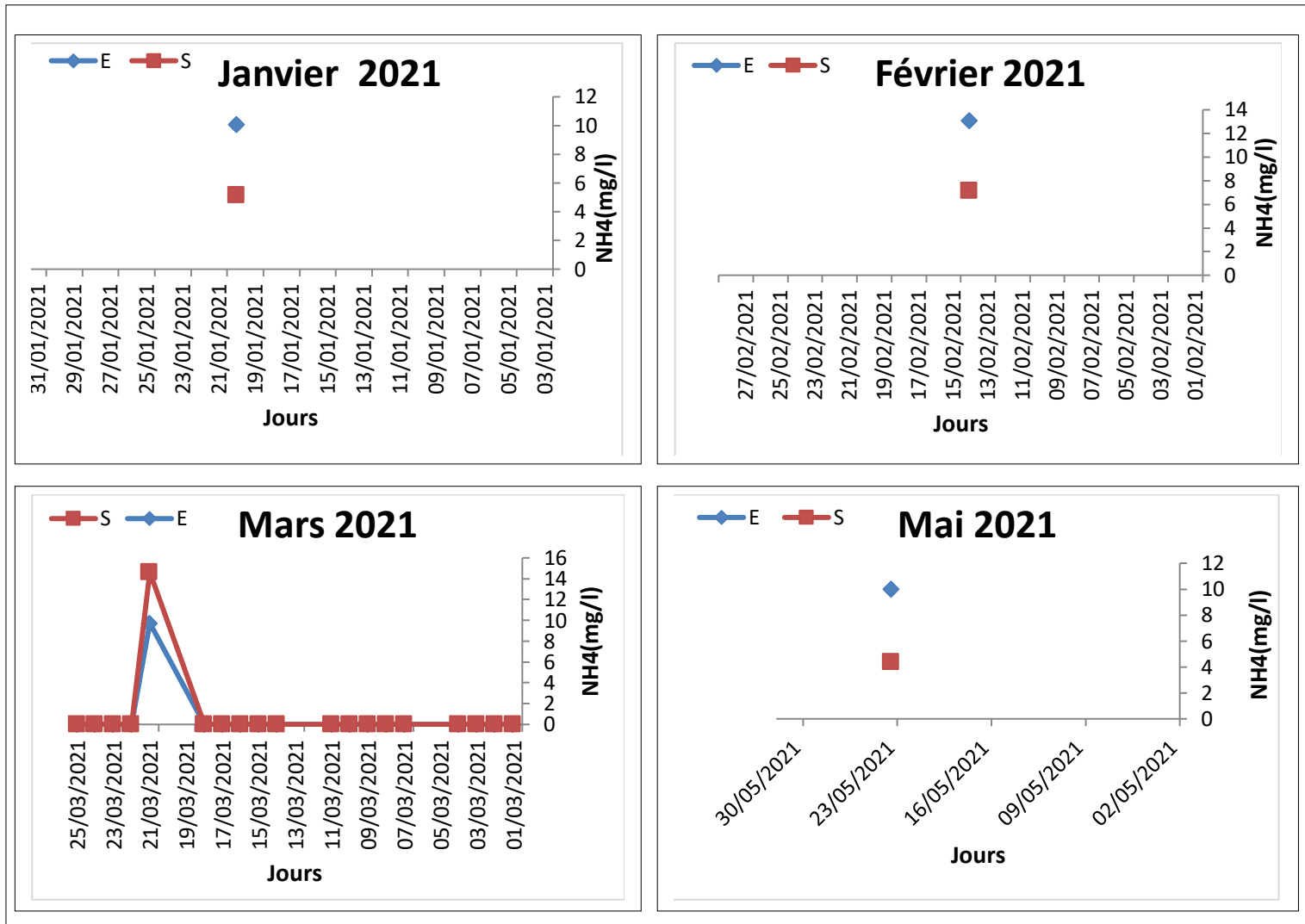


Figure19 : Variation de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) des eaux usées brutes (E) et traitées(S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

I. 3. Les phosphates (P-PO₄)

Pour l'année 2020, la valeur maximale des phosphates des eaux d'entrées est 9.25 mg/l (mois de février) et la valeur minimale est 4.9 mg/l (mois de mars). Pour les eaux de sortie, la valeur maximale du phosphore est 5.6 mg/l (mois de février) et la valeur minimale est 4.3 mg/l (mois de mai). Les données manquantes sont remarquées pour les 9 mois (février,... décembre) (Fig. 20).

Pour l'année 2021, d'après les résultats obtenus, les valeurs des phosphates (P-PO₄) varient d'un minimum de 6.4 mg/l (mois de janvier) à un maximum de 14.3 mg/l (mois de septembre) dans les eaux traitées (eau entrée). Pour les eaux traitées (eau de

Résultats et discussion

sortie), les valeurs des P-PO₄ varient d'un minimum de 3.1 mg/l (mois de mars) à un maximum de 7.63 mg/l (mois de septembre). Malheureusement, aucun résultat n'a été enregistré pendant les 6 mois de : avril, juin, juillet, octobre, novembre et décembre) (Fig. 21).

Pour l'année 2022, les résultats enregistrés durant janvier pour l'eau brute et traitée la valeur de P-PO₄ de l'eau d'entrée est 7.2 mg/l et la valeur de P-PO₄ des eaux de sortie est 4.6 mg/L (Fig. 22).

De ces résultats nous remarquons que, les concentrations des phosphates dépassent la valeur de la norme de rejet de l'OMS (<2 mg/l). Cela peut être dû à un processus de déphosphatation incomplète. Brahmi et Madoui (2020) dans une étude réalisée sur le traitement des eaux usées, au niveau de la STEP de Ain Baida, ont rapporté des valeurs plus faibles (inférieurs à la norme de rejet).

Résultats et discussion

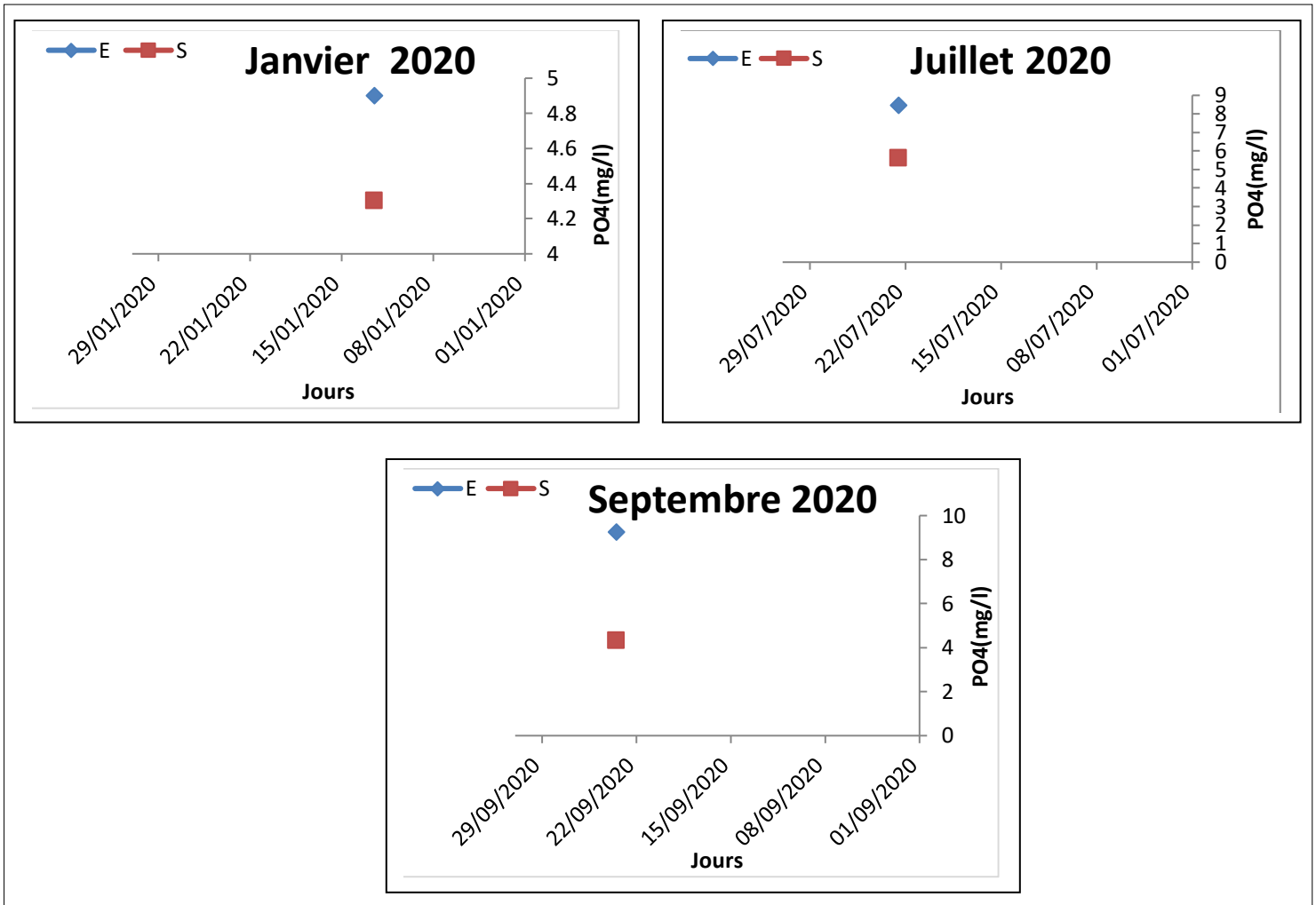


Figure 20 : Variation des phosphates (P-PO₄) des eaux usées brutes (E) et traitées(S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion

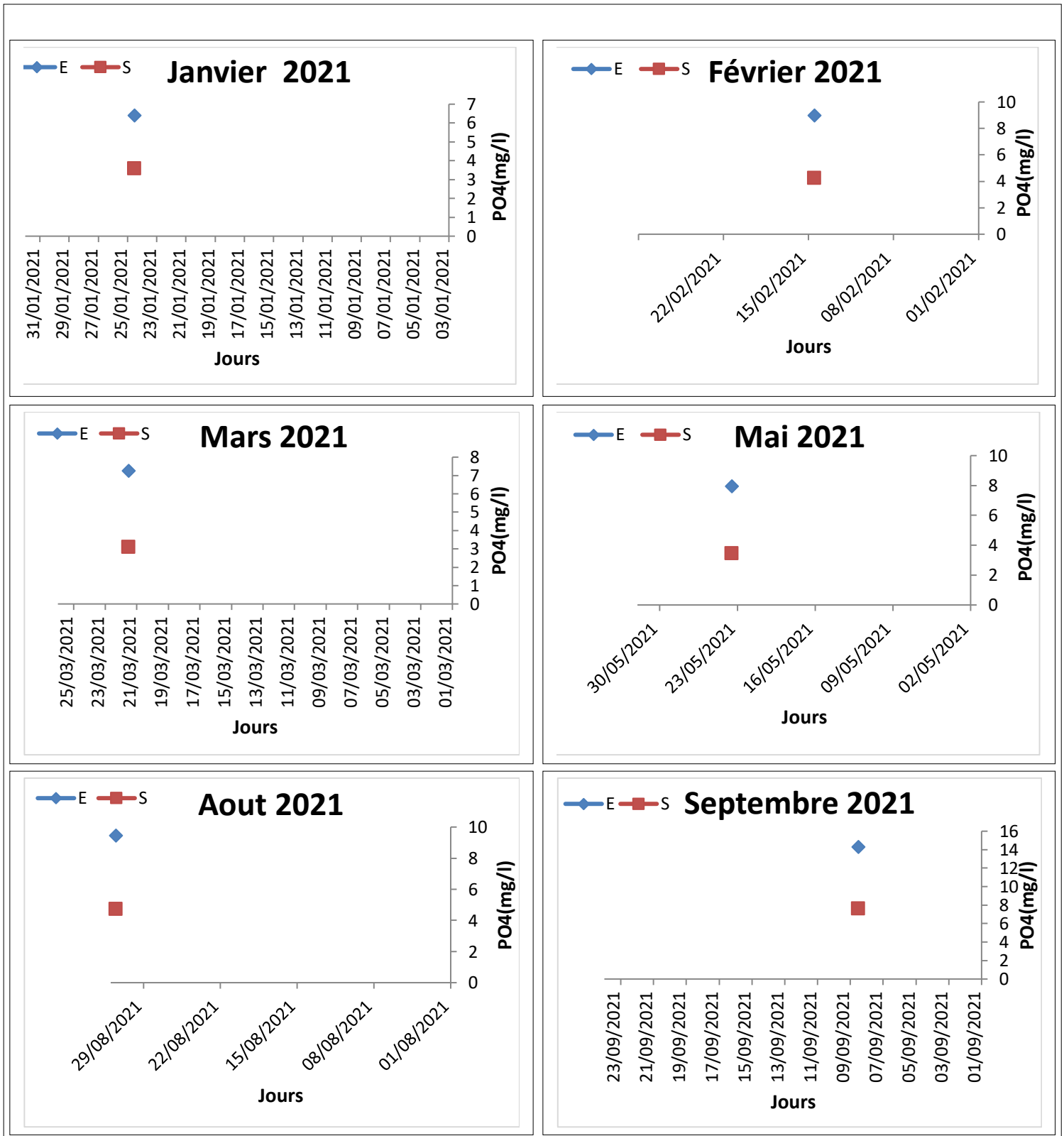


Figure 21 : Variation des P-PO₄ des usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

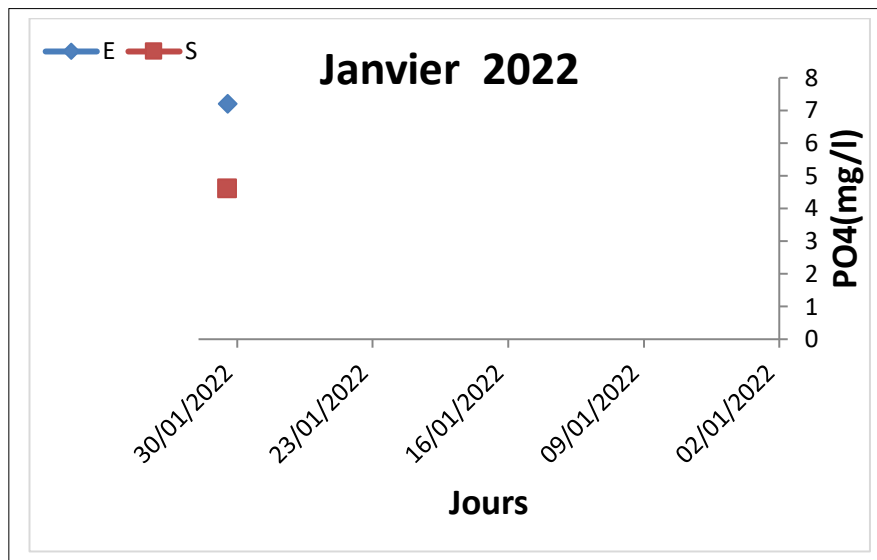


Figure 22 : Variation des P-PO₄ des usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2022).

I. 4. Les Nitrites (N-NO₂)

Pour l'année 2020, les valeurs des nitrites de l'eau de l'entrée varient entre un maximum, le mois de septembre, de 2.94 mg/l est au minimum, le mois de janvier, de 0,076 mg/l, alors que les valeurs pour l'eau de sortie varient entre un maximum, le mois de septembre, de 0,61 mg/l et un minimum, le mois d'aout, de 0,015 mg/l. Malheureusement, les analyses sont réalisées seulement pour les quatre mois de janvier, juillet, aout et septembre pour l'eau brute et traitée (Fig. 23).

Pour l'année 2021, nous remarquons l'absence des données de NO₂⁻ durant 8 mois (avril, juin, Juillet, aout, septembre, octobre, novembre et décembre) pour l'eau brute et traitée. La valeur maximale des NO₂⁻ de l'eau d'entrée est 5.2 mg/l (mois d'aout) et la valeur minimale est 0.25 mg/l) (mois de janvier). Pour les eaux traitées, la valeur maximale des NO₂⁻ est 1.1mg/l (mois d'aout) et la valeur minimale est (0.027 mg/l) (mois de septembre) (Fig. 24).

. **De ces résultats nous remarquons que**, les niveaux des nitrites dans l'eau traitée sont faibles et inférieurs aux normes de l'OMS (1 mg/l). Ce qui indique une bonne élimination des nitrites. Adjeroudi et Boukhalfa (2021) ; Brahmi et Madoui (2020) ont rapporté des valeurs similaires (inférieurs à la norme de rejet).

Résultats et discussion

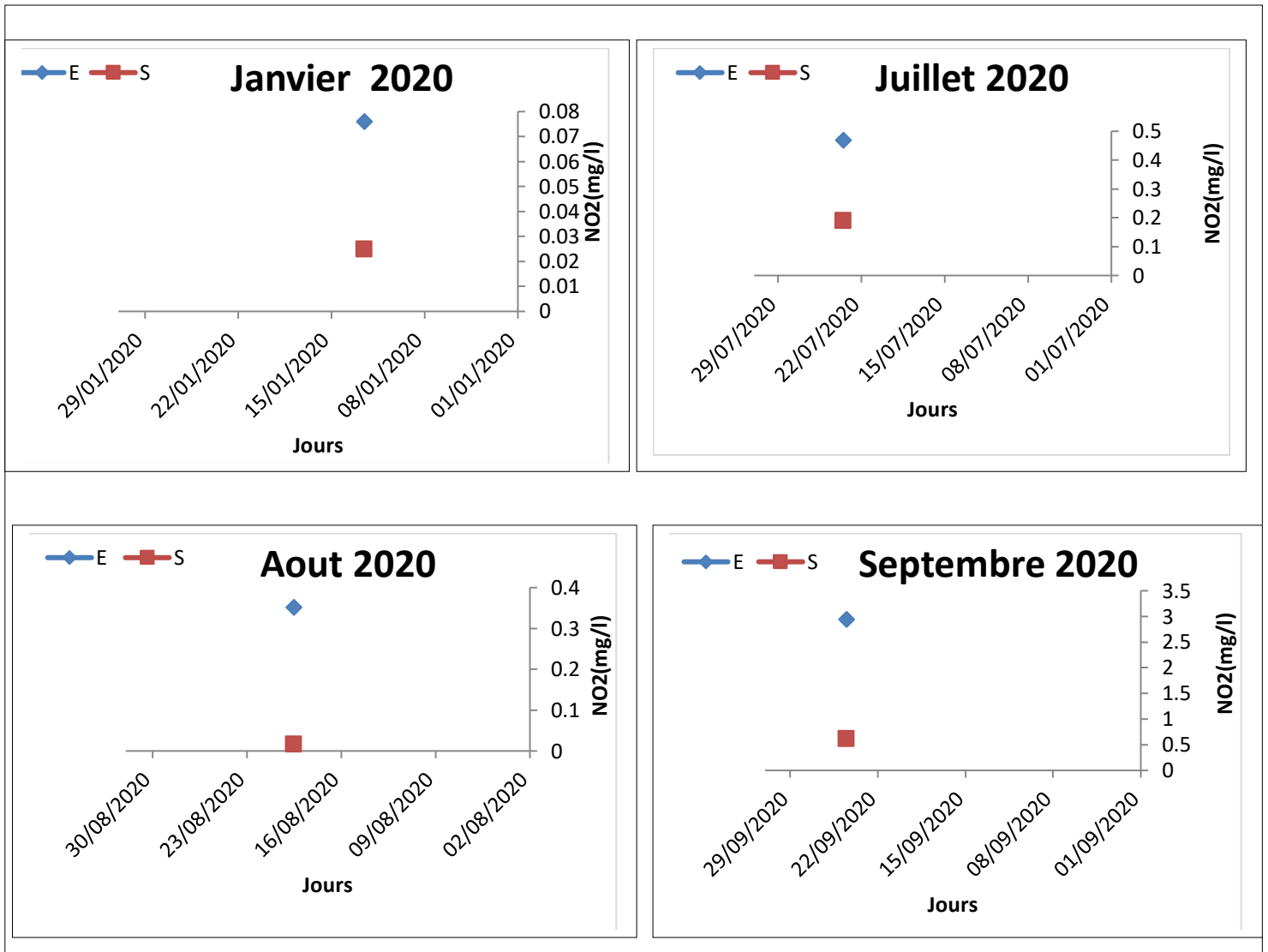


Figure 23 : Variation des nitrites (N-NO₂) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion

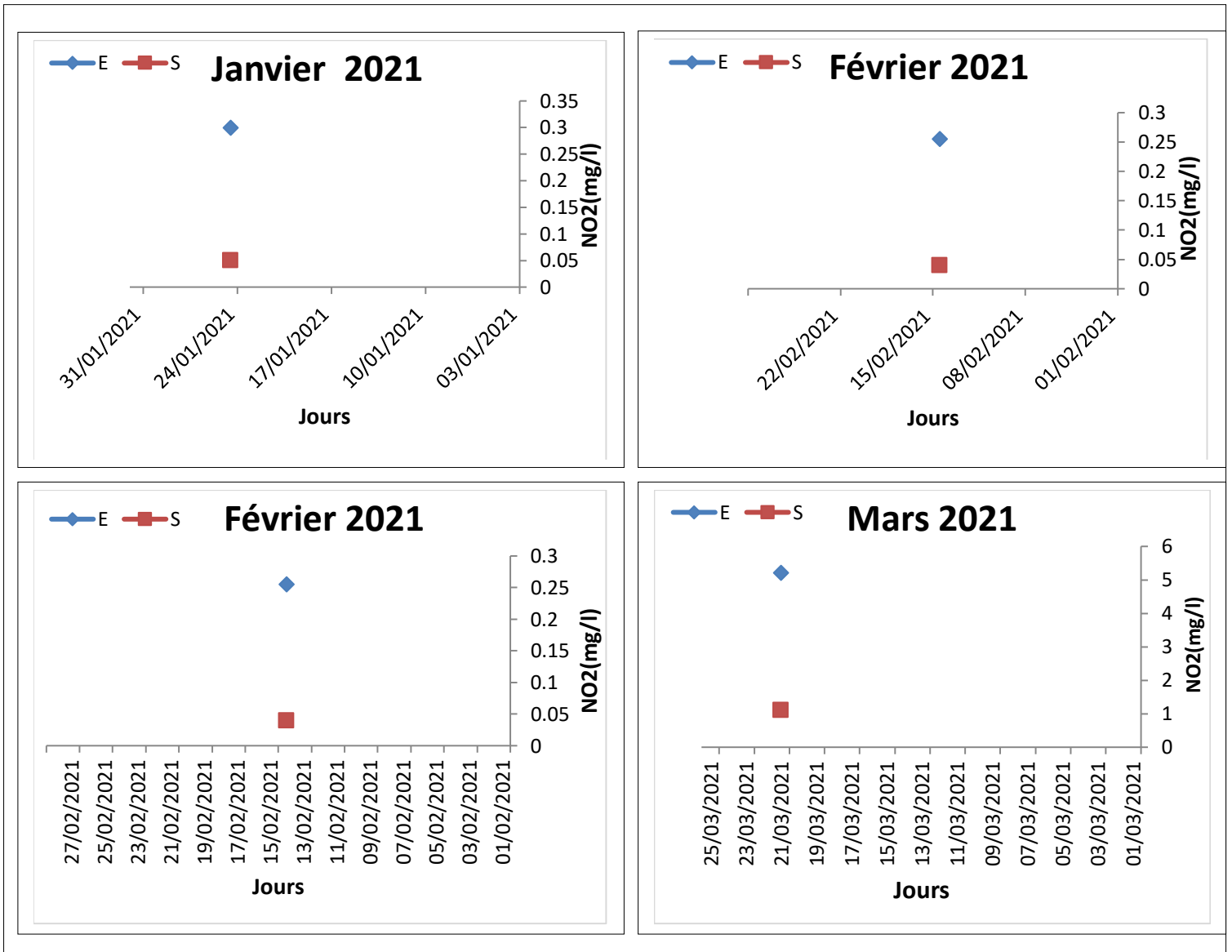


Figure 24 : Variation des nitrites (N-NO₂) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

I. 5. La conductivité électrique (CE)

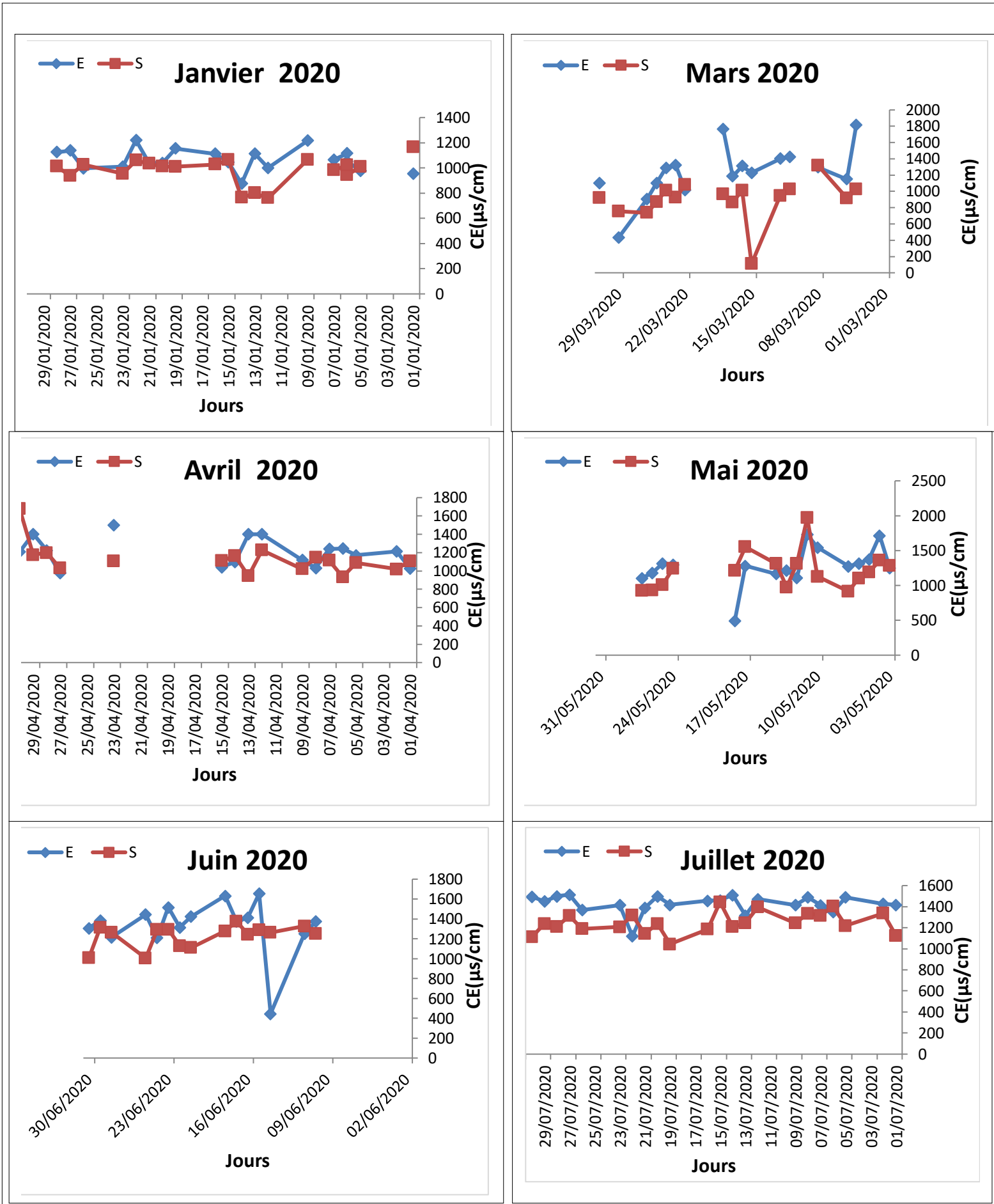
Pour l'année 2020, pour la conductivité électrique, nous avons des données manquantes pendant les deux mois de: février et septembre pour les eaux usées brutes et traitées. La valeur de la CE la plus élevée des eaux usées brutes (eau entrée) est enregistrée le mois de: aout (1940 $\mu\text{s}/\text{cm}$) alors que la plus faible est enregistrée le mois de mars (432 $\mu\text{s}/\text{cm}$). Pour les eaux usées traitées, la valeur la plus élevée est enregistrée le mois de: mai (1970 $\mu\text{s}/\text{cm}$) et la plus faible est enregistrée au mois de mars (110 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Fig. 25).

Pour l'année 2021, les données enregistrées pour la conductivité électrique des eaux usées brutes nous indiquent que les valeurs varient entre un maximum de 1975 $\mu\text{s}/\text{cm}$ enregistrée le mois de septembre et un minimum de 727 $\mu\text{s}/\text{cm}$ enregistrée le mois de mai. Pour l'eau de sortie, la valeur maximale est enregistrée le mois de mai (1554 $\mu\text{s}/\text{cm}$) et la valeur minimale est enregistrée le mois de mars (790 $\mu\text{s}/\text{cm}$) (Fig. 26).

Pour l'année 2022, la conductivité électrique (CE) la plus élevée des eaux usées brutes (eau entrée) est de 1810 $\mu\text{s}/\text{cm}$, alors que la plus faible est de 1010 $\mu\text{s}/\text{cm}$. pour les eaux traitées (eau de sortie) la valeur la plus élevée est enregistrée le mois de: mars (1270 $\mu\text{s}/\text{cm}$) alors que la plus faible est enregistrée le mois de janvier (89 $\mu\text{s}/\text{cm}$) (Fig. 27).

De ces résultats, il ressort qu'il y a un faible risque de salinisation du milieu de réception, car la plupart des valeurs de la conductivité électrique des effluents sont inférieurs à la norme de rejet des eaux traitées $\text{CE} < 1500 \mu\text{s}/\text{cm}$ dans les eaux brutes ou traitées. Bremond et Vuichard, (1973) rapportent qu'au-delà de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, l'eau est difficilement utilisable pour l'irrigation.

Résultats et discussion



Résultats et discussion

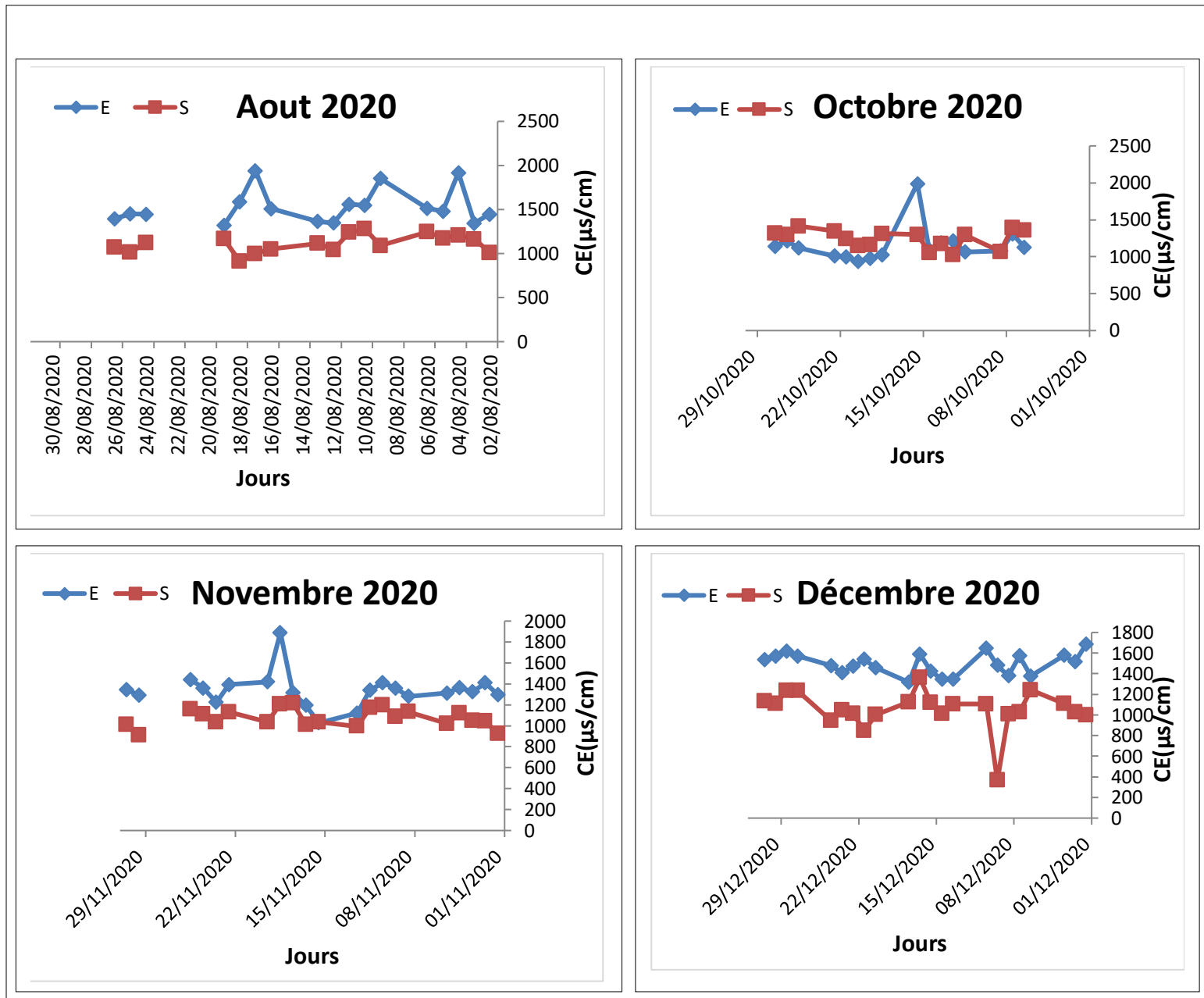
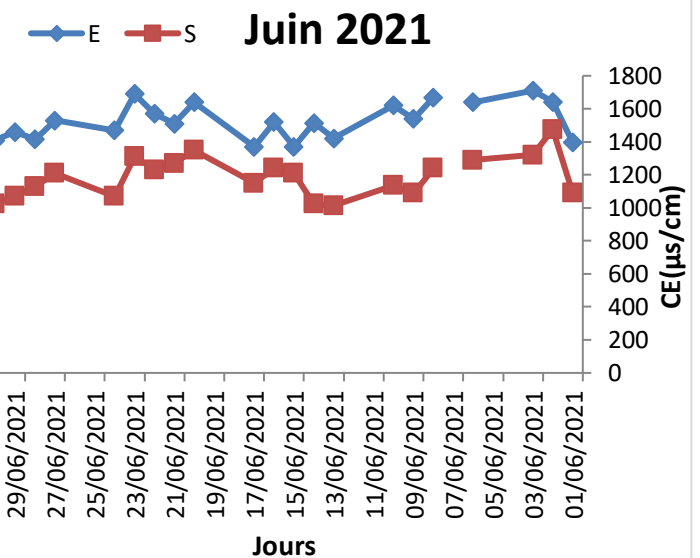
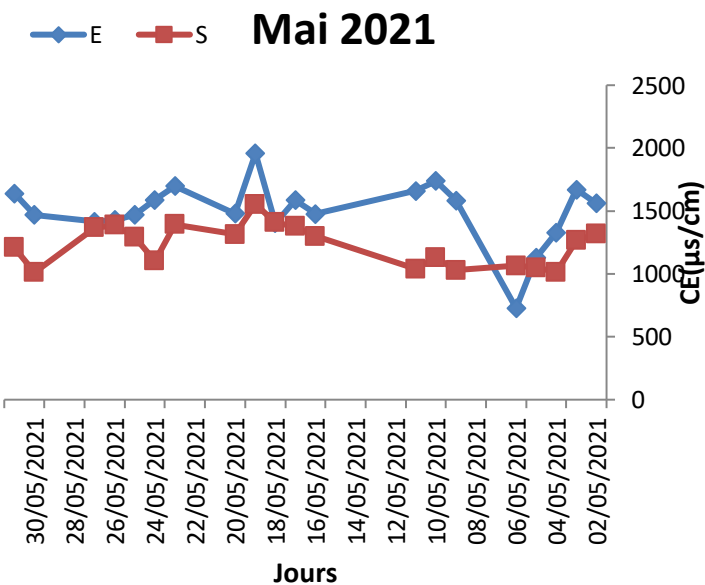
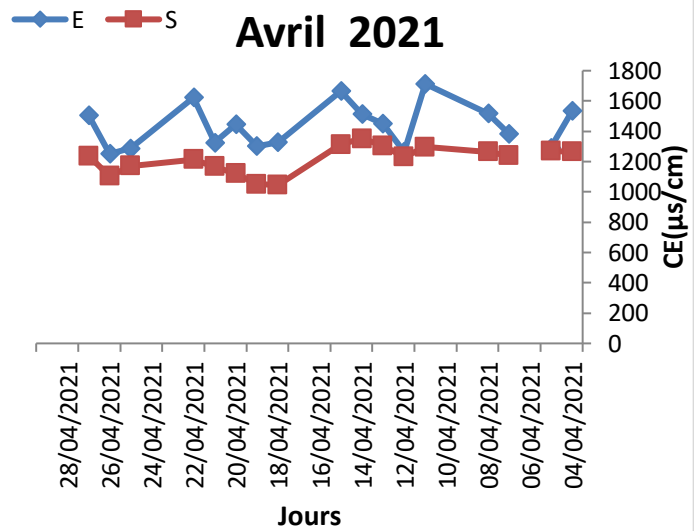
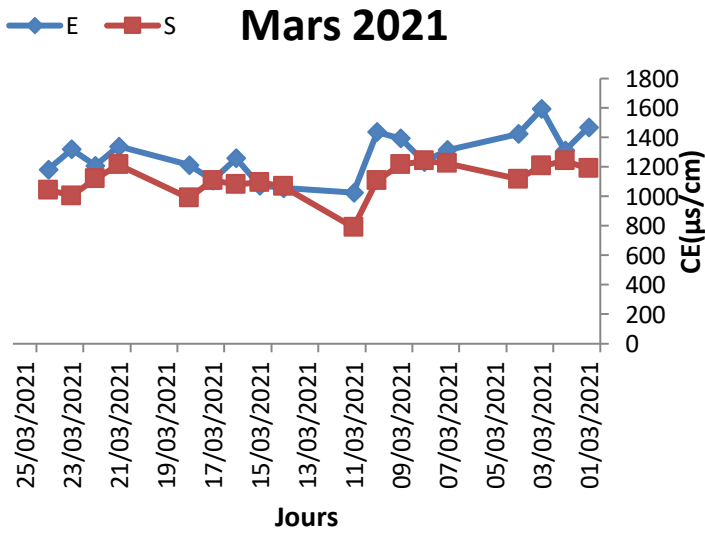
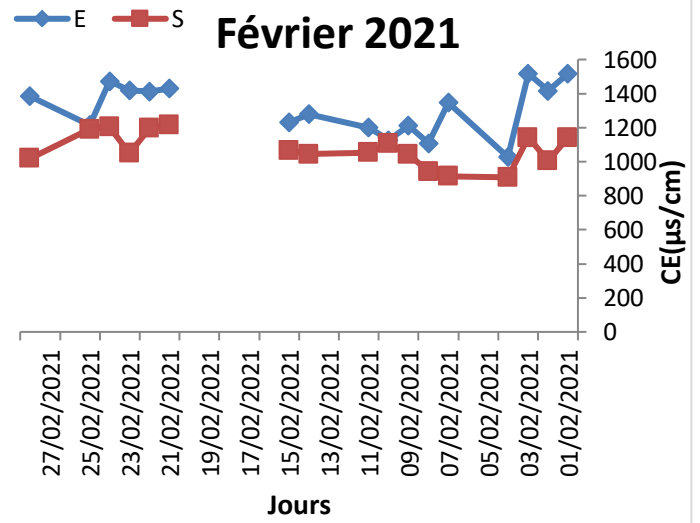
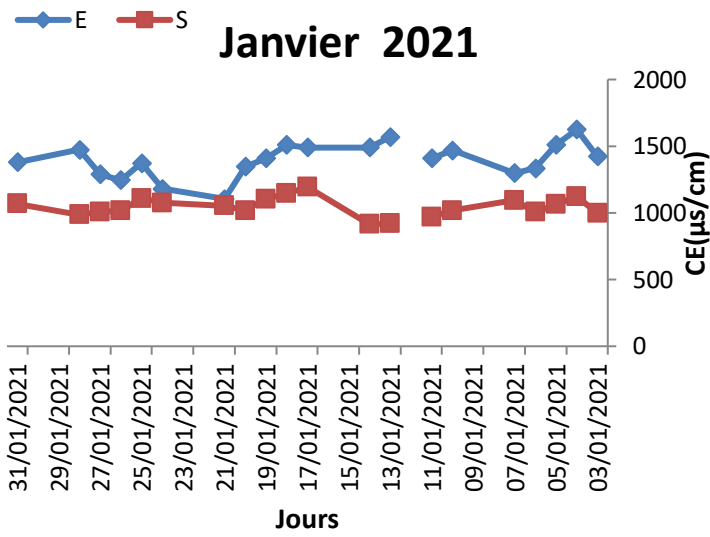


Figure 25 : Variation de la conductivité électrique (CE) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion



Résultats et discussion

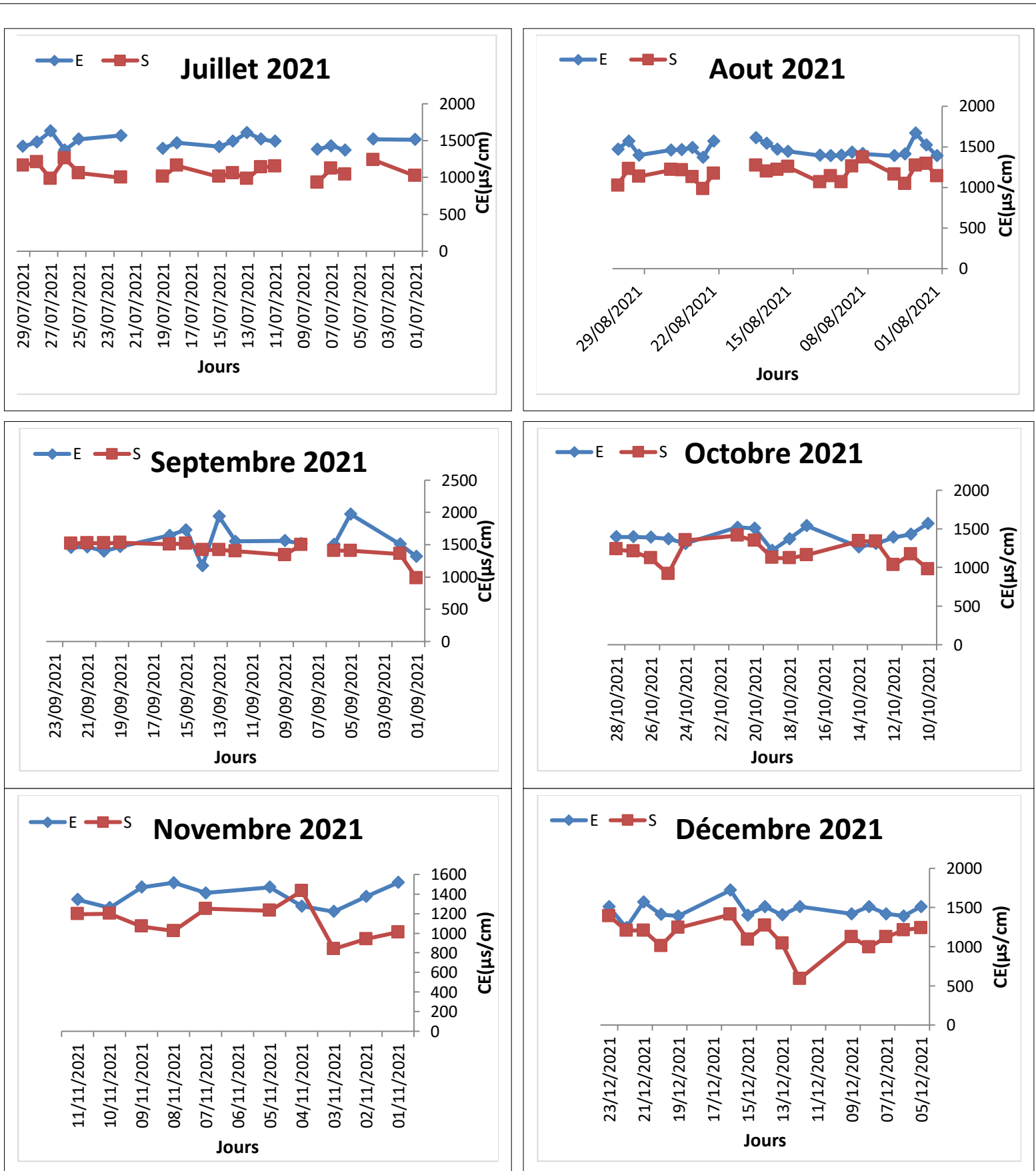


Figure 26 : Variation de la conductivité électrique (CE) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

Résultats et discussion

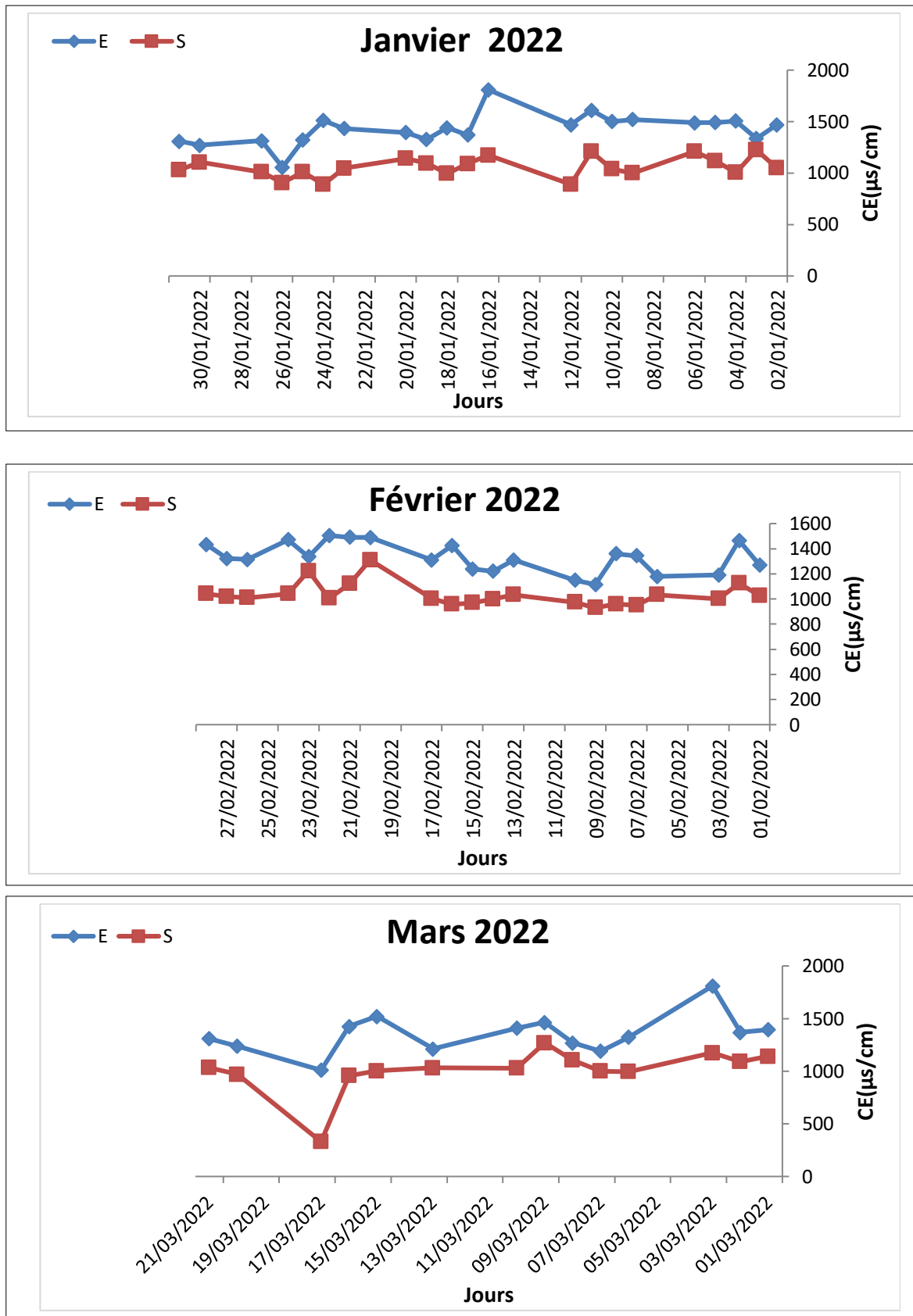


Figure 27 : Variation de la conductivité électrique (CE) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2022).

I.6. La température

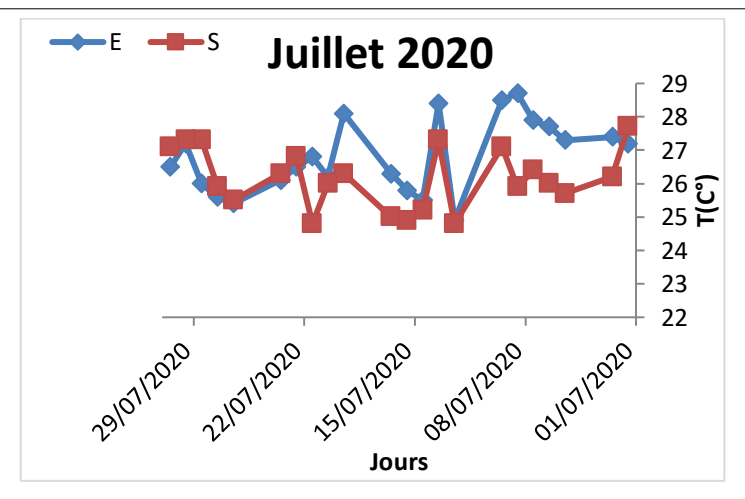
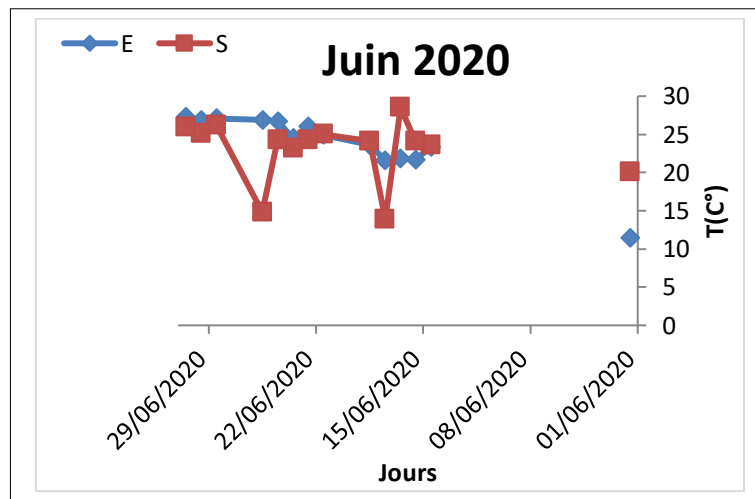
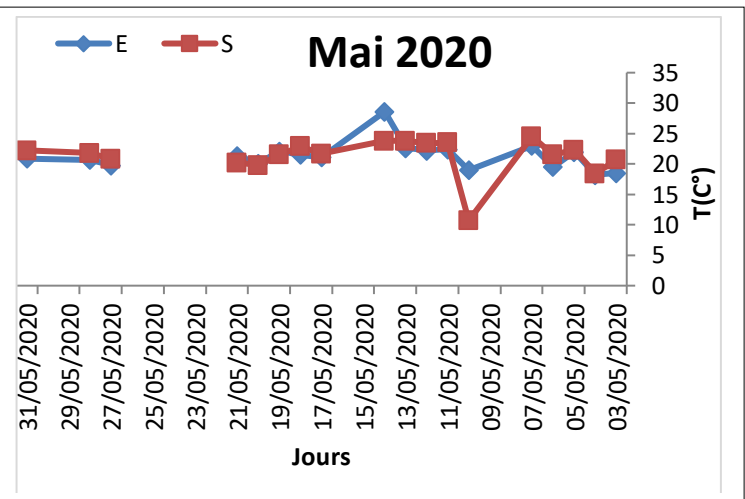
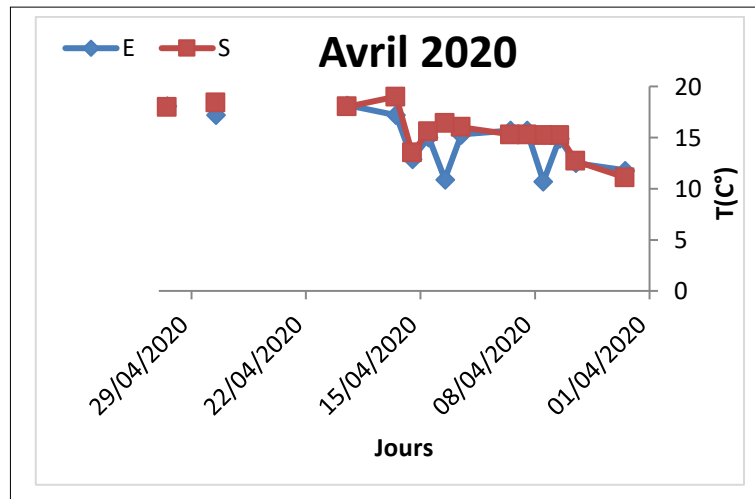
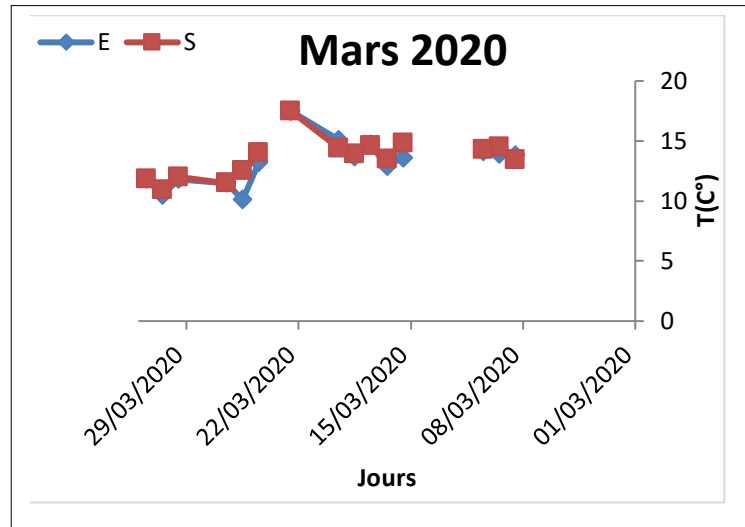
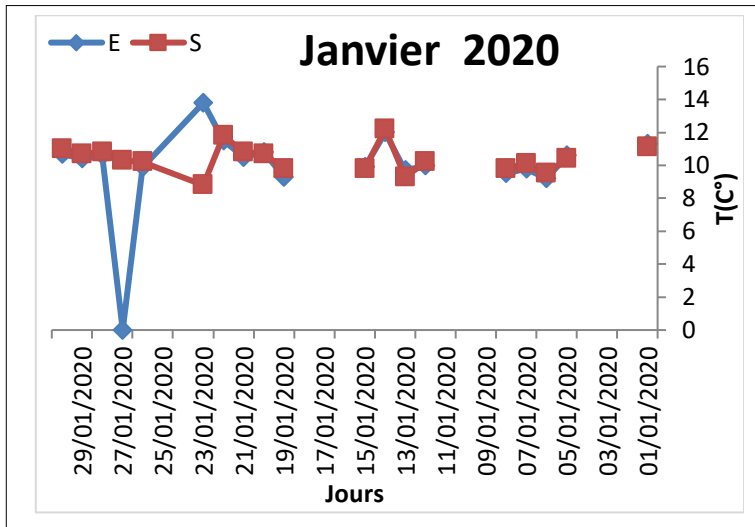
Pour l'année 2020, la valeur maximale de la température des eaux brutes est 28,6°C, enregistrée le mois de juillet et la valeur minimale est 9,02°C enregistrée le mois de janvier. Pour les des eaux de sortie, la valeur maximale de la température est 28,3°C, enregistrée le mois de novembre et la valeur minimale et 8.8°C enregistrée le mois de janvier. Les données manquantes sont remarquées pour février (Fig. 28).

Pour l'année 2021, la valeur maximale de la température des eaux brutes est 27,5°C, enregistrée le mois de juillet et la valeur minimale est 0.1°C enregistrée le mois de janvier. Pour les des eaux de sortie, la valeur maximale de la température est 27,8°C, enregistrée le mois de juillet et la valeur minimale et 2.84°C enregistrée le mois de mars (Fig. 29).

Pour l'année 2022, d'après les résultats obtenus de trois premiers mois (janvier, février, mars), les valeurs de la température varient d'un maximum de 13,1°C le mois mars et un minimum de 7.8° le mois de février pour les eaux brutes (eau entrée). Les valeurs de la température, pour les eaux traitées, varient d'un maximum de 12,5°C enregistré le mois de mars à un minimum de 8,01°C enregistré le mois de février (Fig. 30).

D'après ces résultats, nous constatons que les valeurs de la température sont inférieures à la norme de rejet des eaux traitées ($T < 30^{\circ}\text{C}$).

Résultats et discussion



Résultats et discussion

v

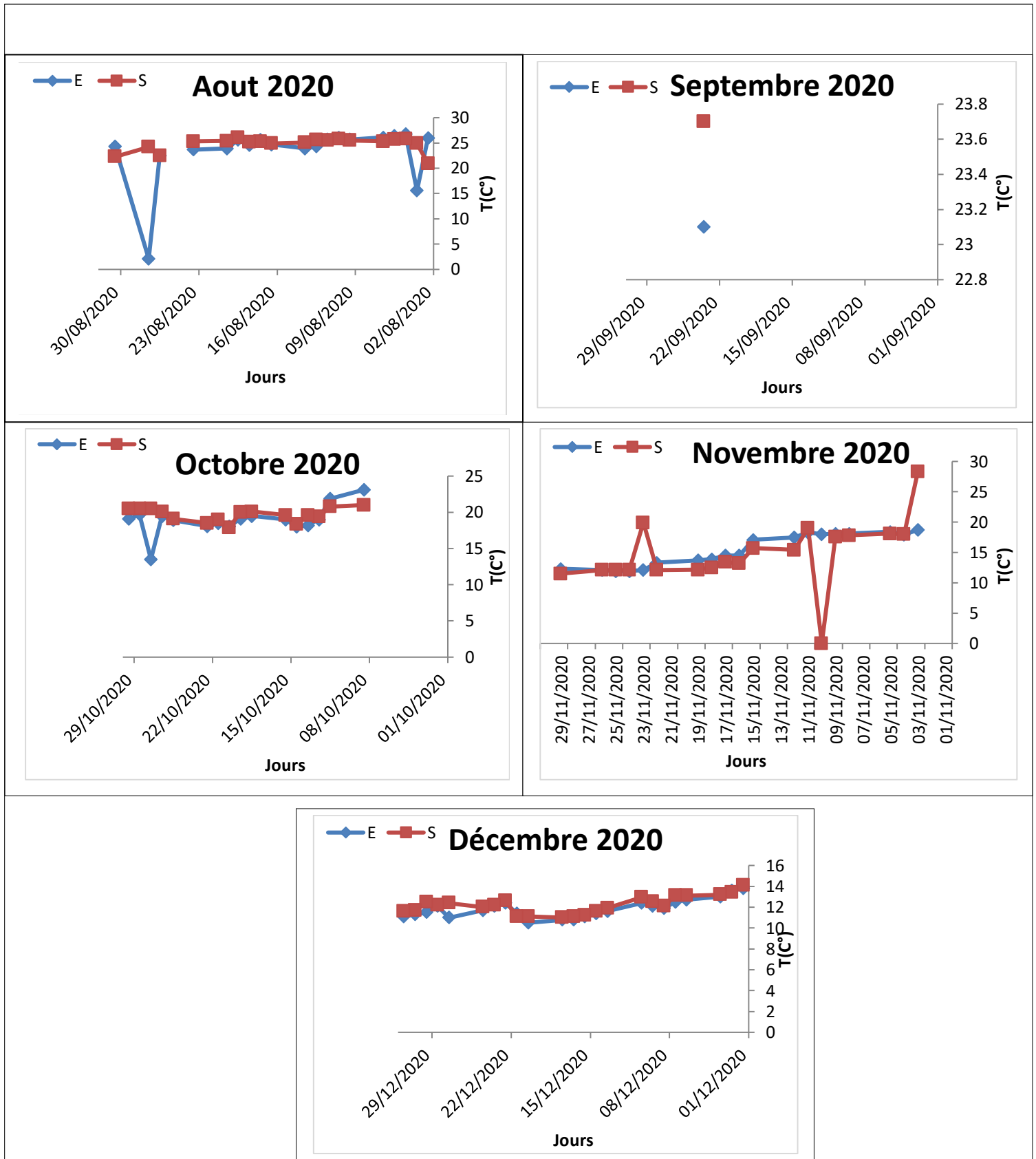
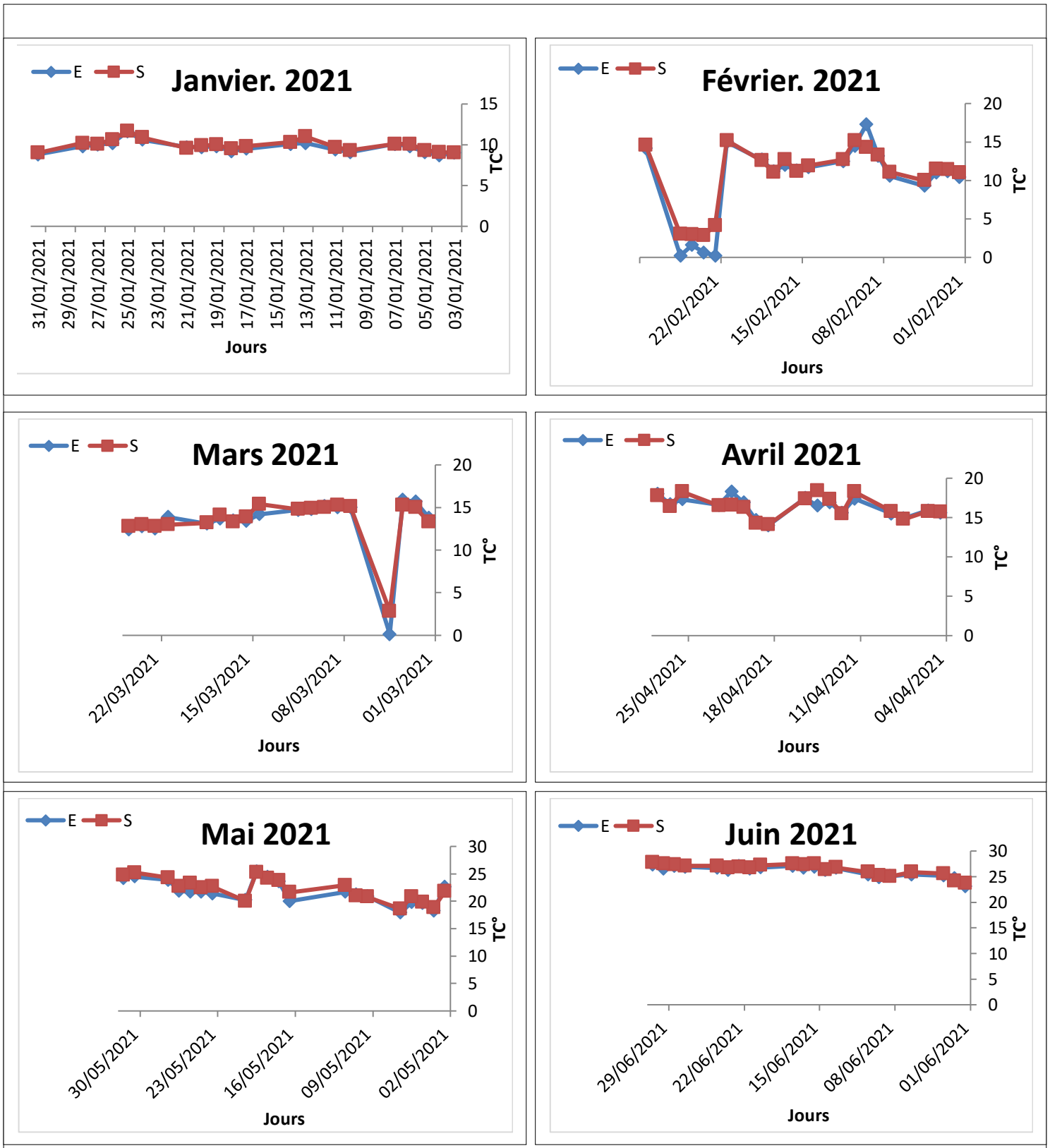


Figure 28: Variation de la température des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion



Résultats et discussion

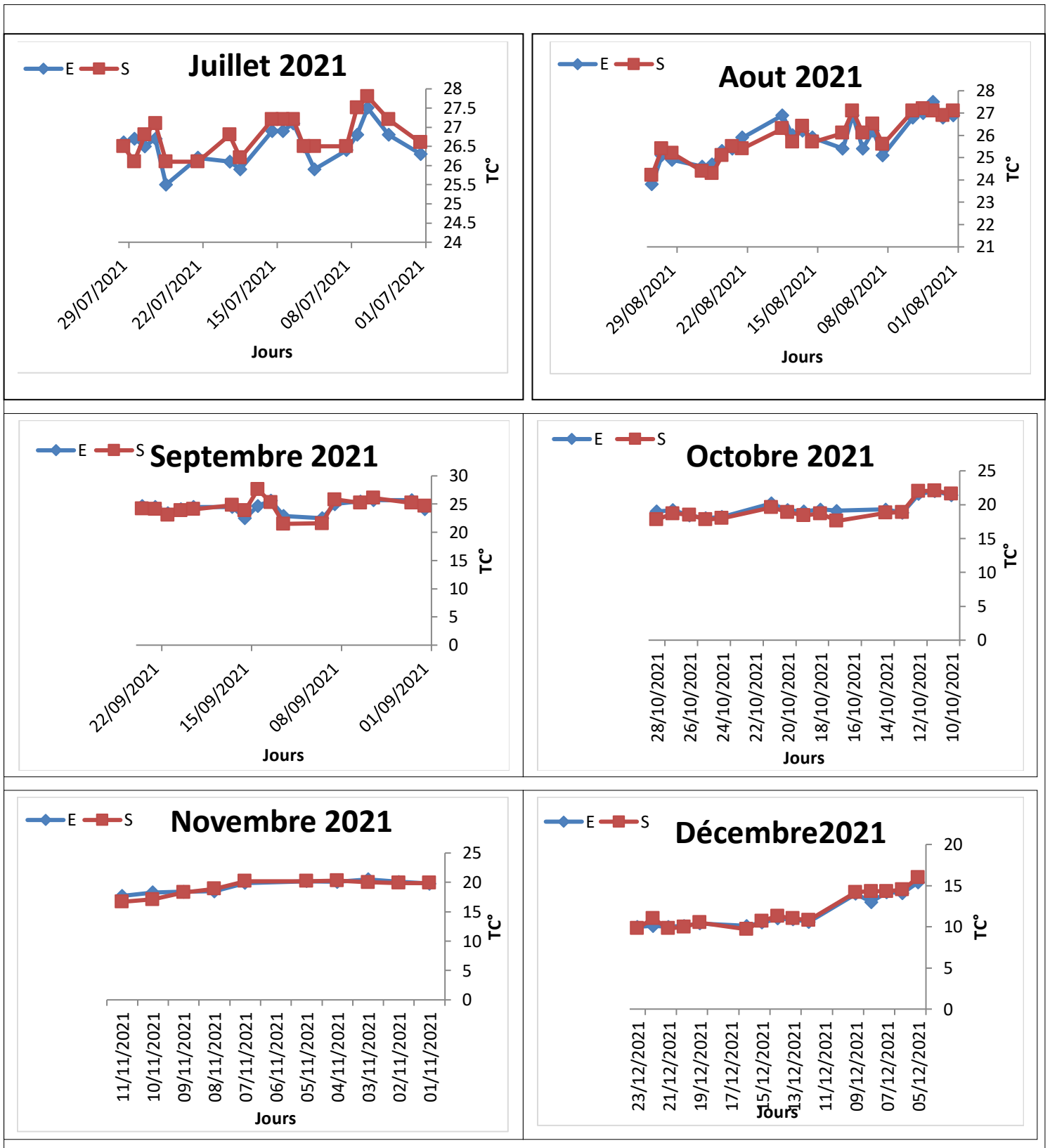


Figure29 : Variation de la température des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

Résultats et discussion

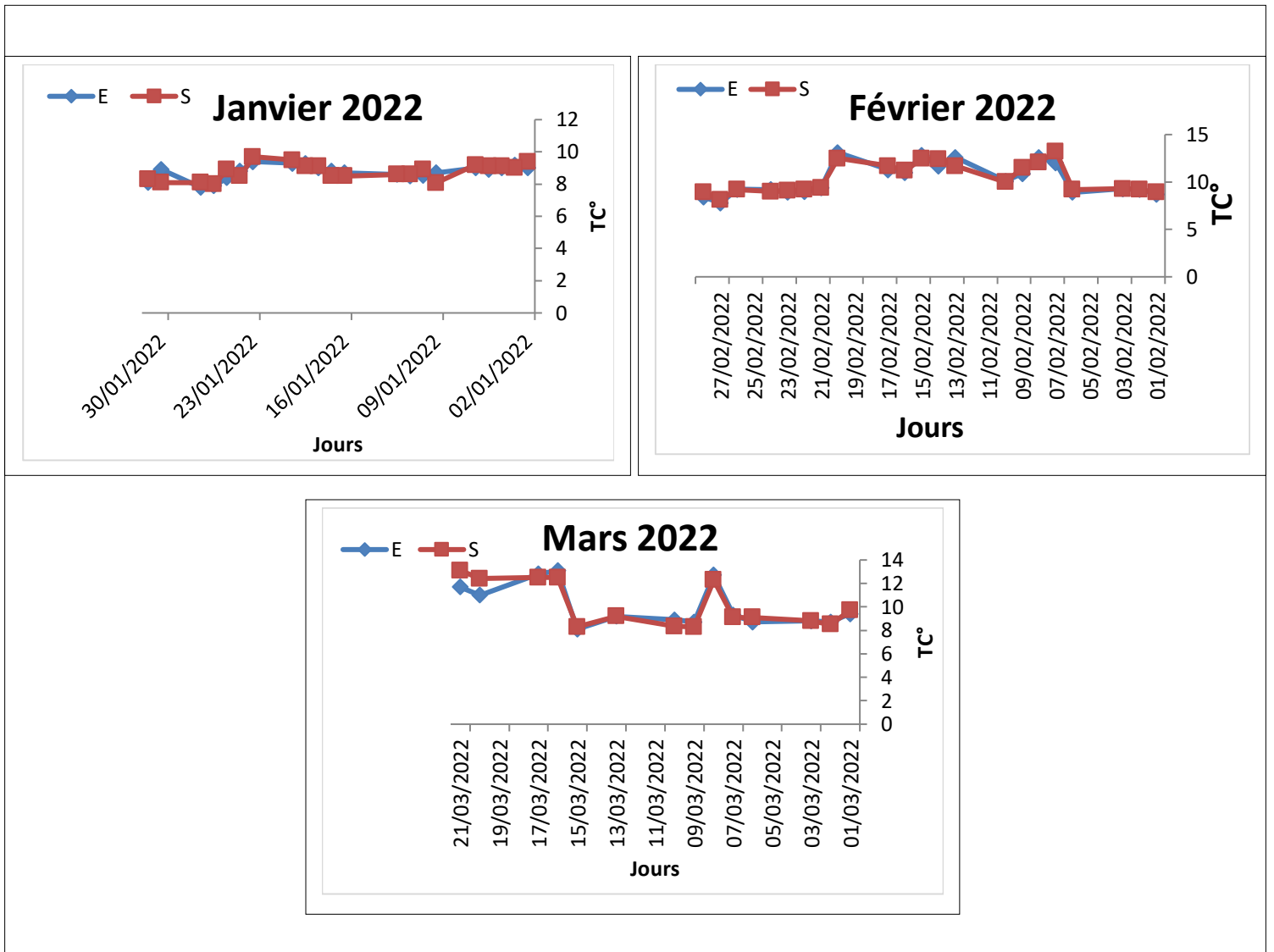


Figure 30 : Variation de la température des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2022).

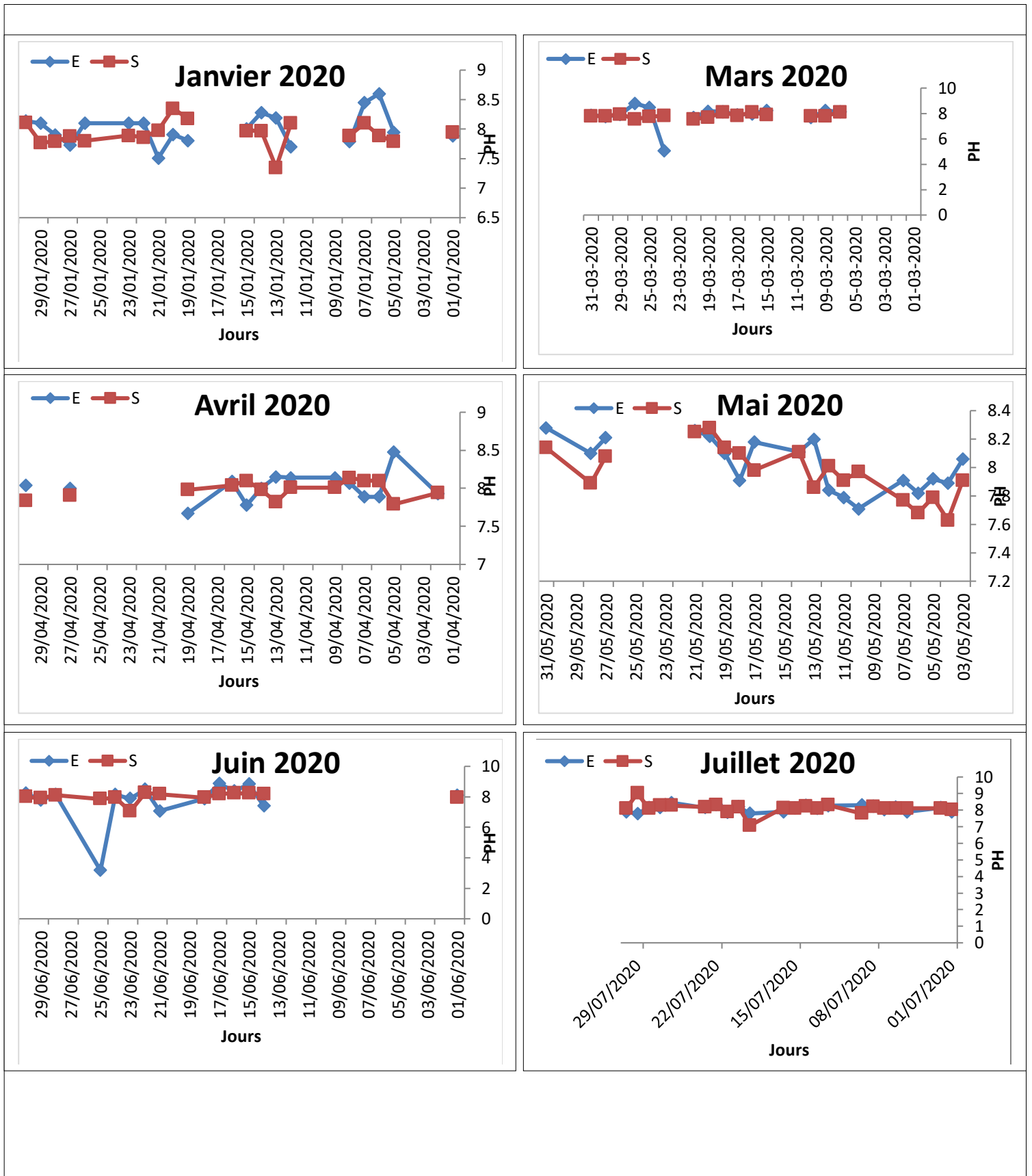
I. 7. Le pH

Pour l'année 2020, l'eau brute a enregistré des valeurs qui varient entre un maximum de 8.86 le mois de juillet un minimum de 5.07 le mois de mars, alors que les valeurs pour l'eau de sortie varient entre un maximum de 9,01 le mois juillet et un minimum de 7,07 le même mois (Fig. 31).

Pour l'année 2021, les données de pH enregistrées pour l'eau brute nous indiquent que les valeurs varient entre un maximum de 8,94 et un minimum de 5,4 enregistré respectivement pour les mois de février et septembre. Pour l'eau de sortie nous avons enregistré un maximum de 8.46 pour les mois de septembre et un 7.67 minimum de juillet (Fig. 32).

Pour l'année 2022, les résultats obtenus de trois premiers mois (janvier, février et mars) présentés sur la figure (33) révèlent que la valeur maximale de pH des eaux brutes est de 8.74 enregistrée le mois de janvier et la valeur minimale est enregistrée le mois de mars (7.89). Pour les eaux traitées, la valeur maximale de pH des eaux traitées est 8.59 enregistrée le mois de mars alors que la valeur minimale est de 7.75 enregistrée le mois de février.

Résultats et discussion



Résultats et discussion

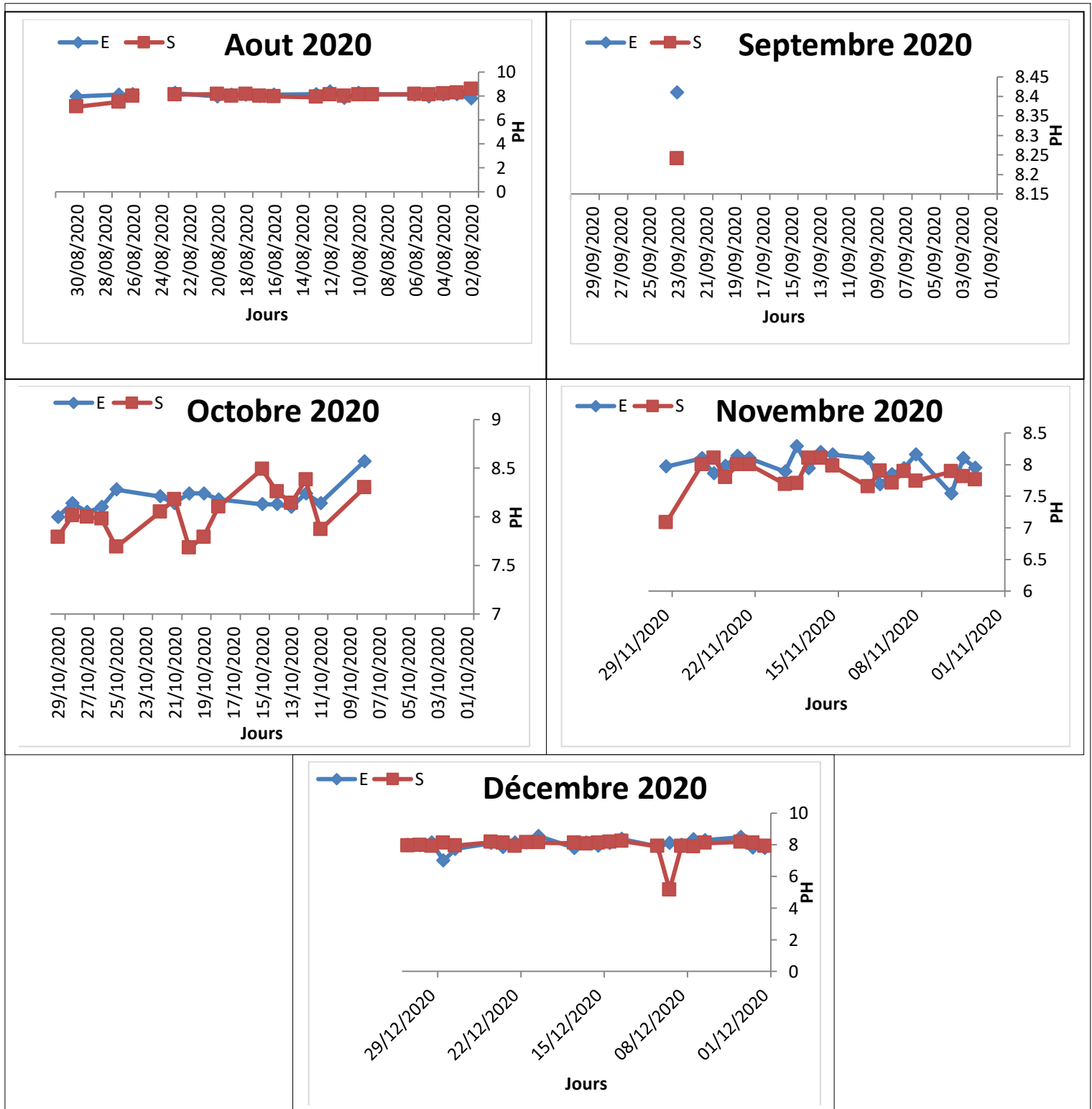
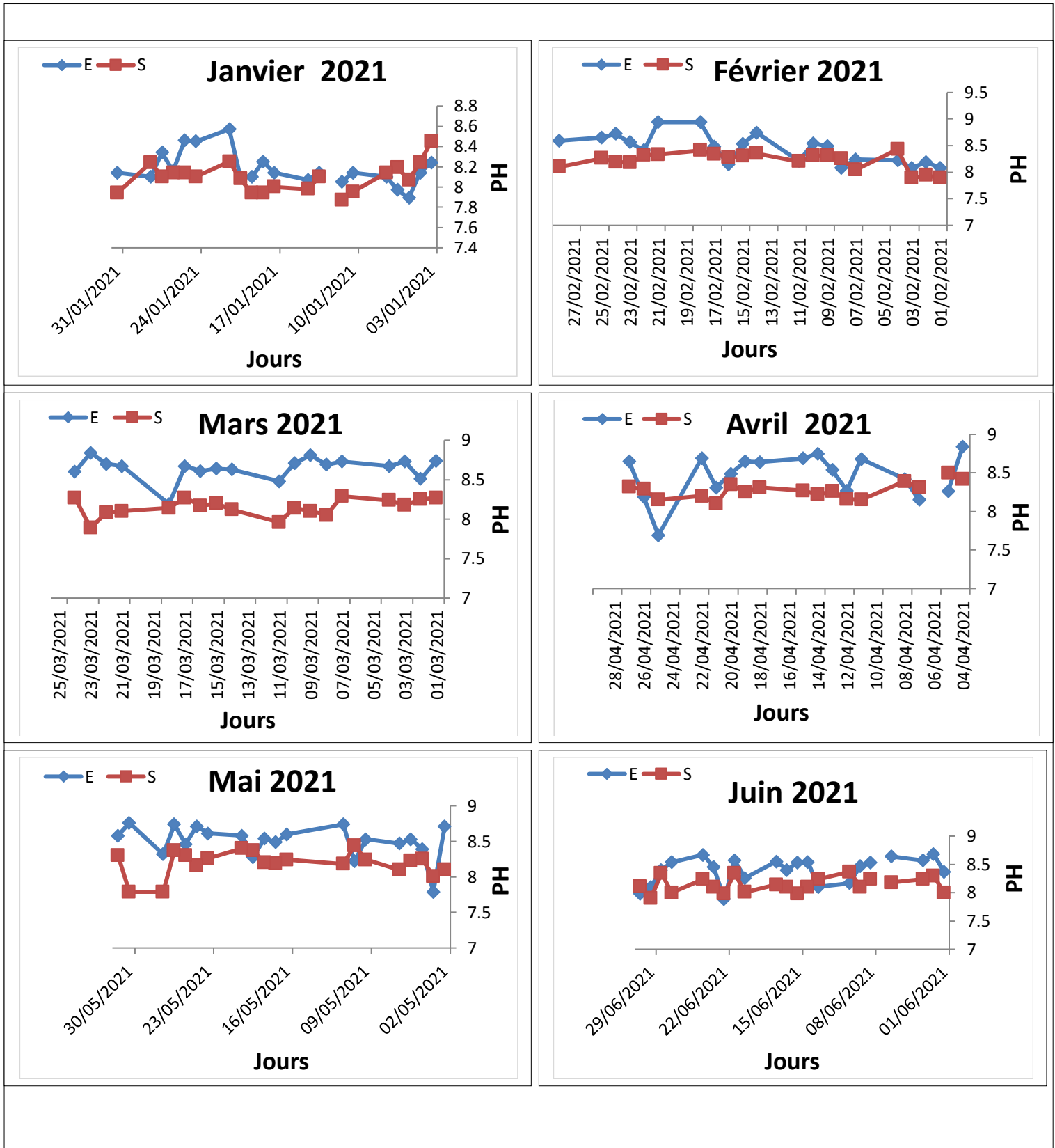


Figure 31 : Variation des pH des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion



Résultats et discussion

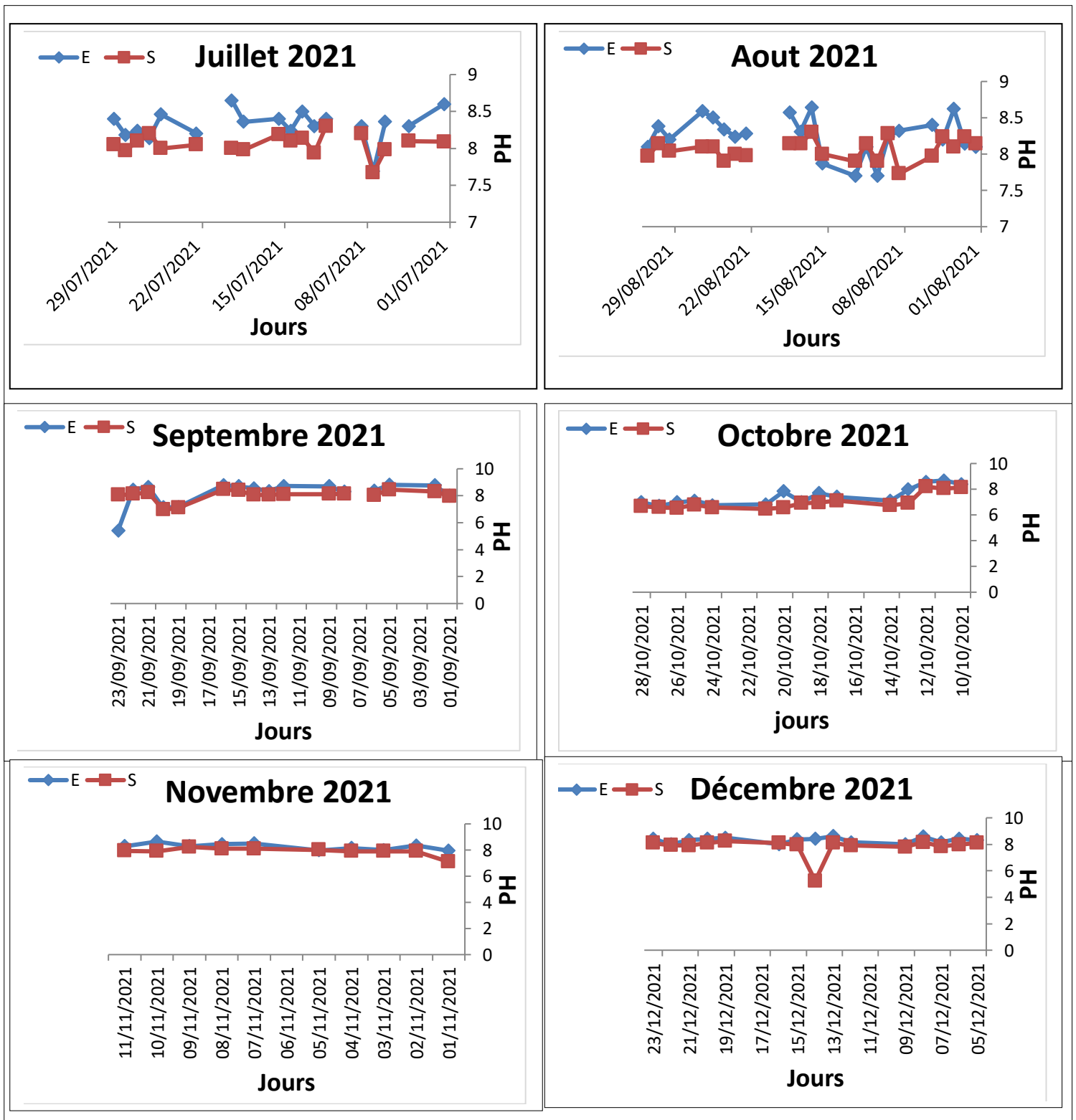


Figure 32 : Variation des pH des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

Résultats et discussion

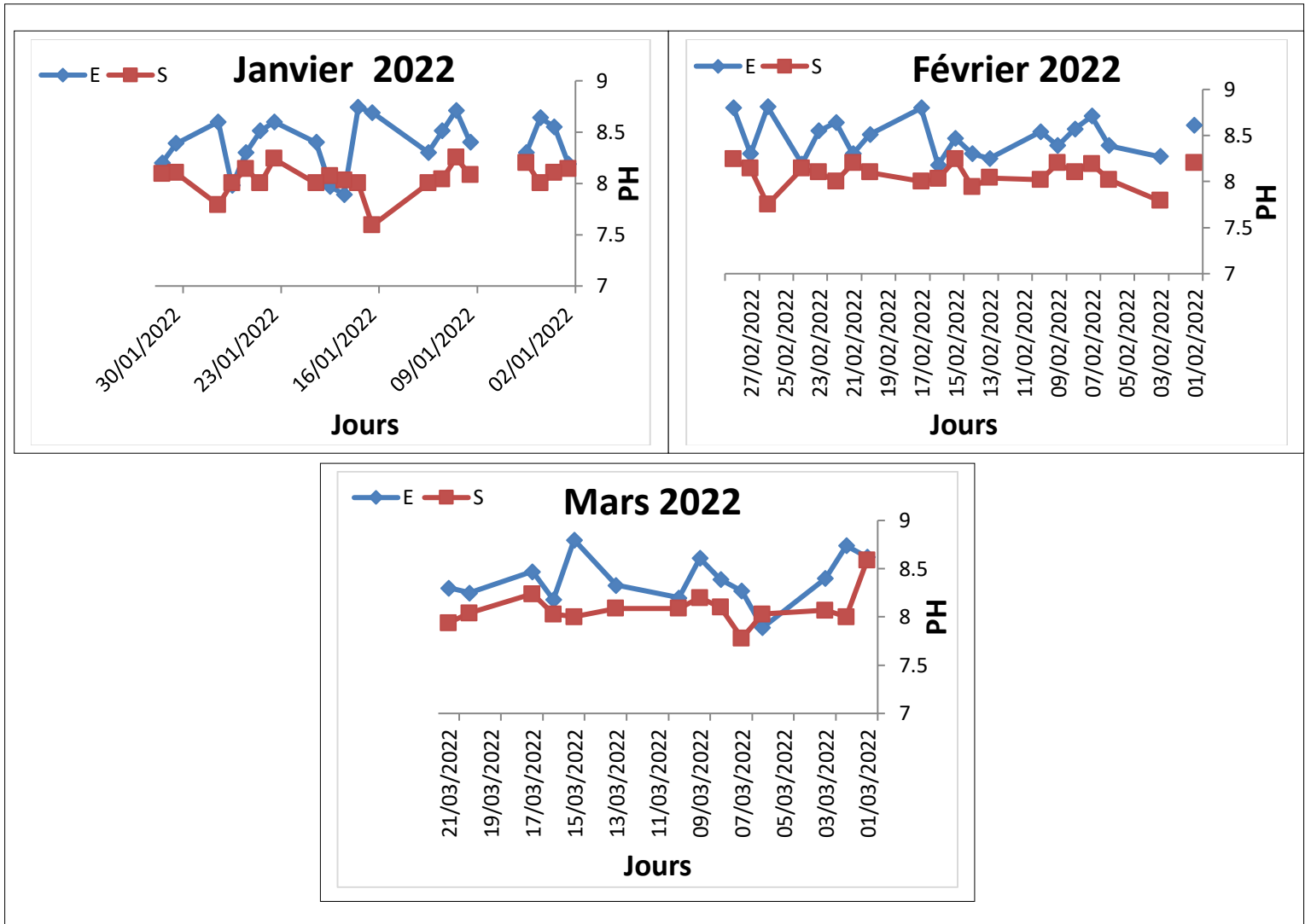


Figure 33 : Variation des PH des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2022).

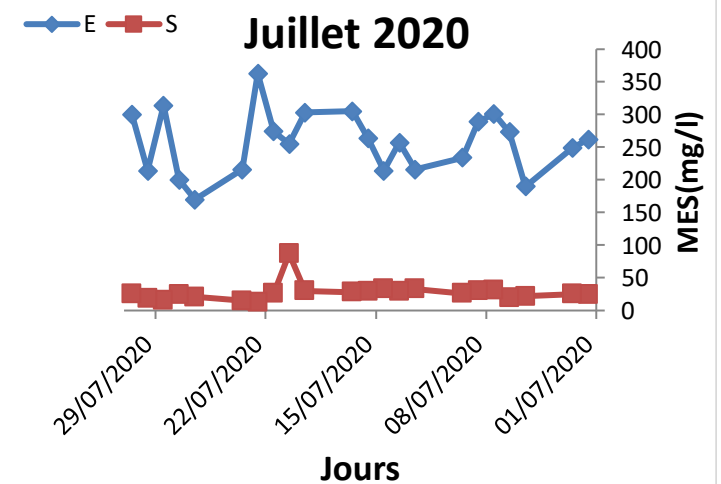
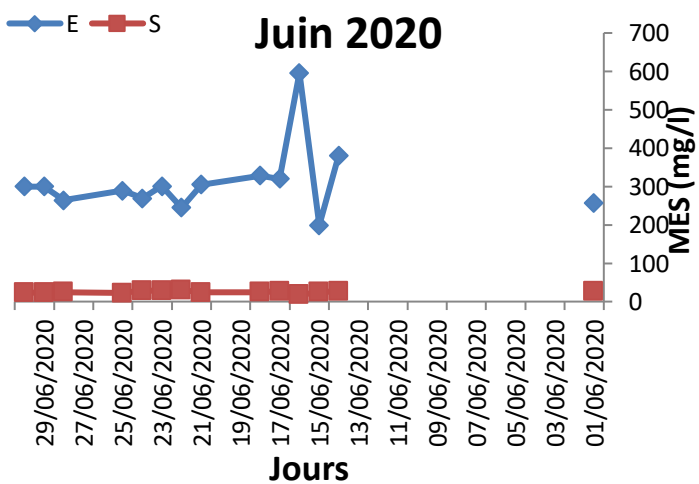
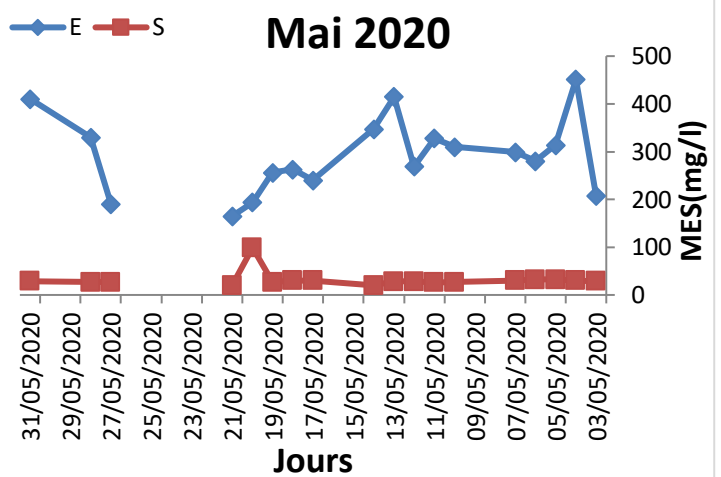
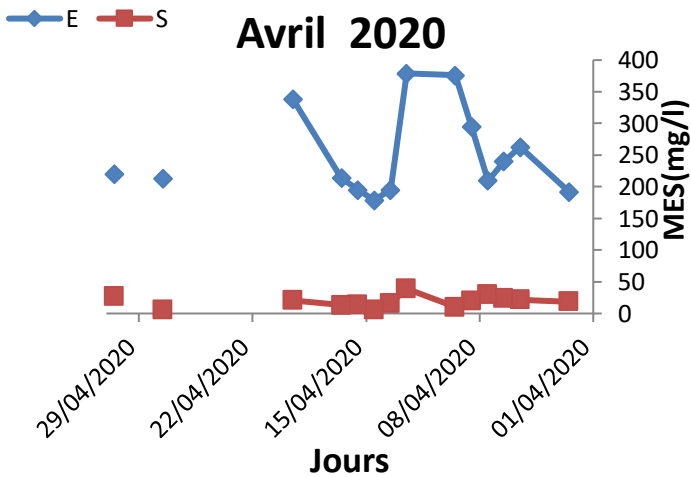
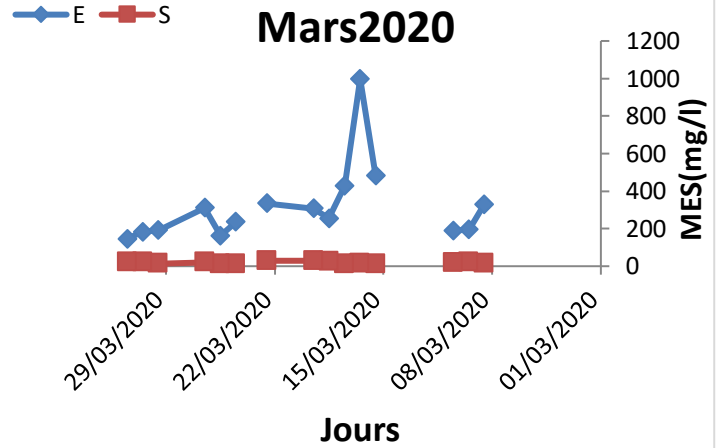
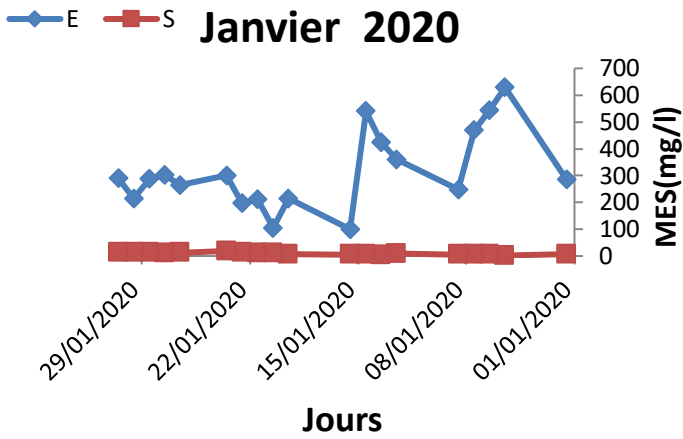
I. 8. Matières en suspension (MES)

Pour l'année 2020, la valeur des MES la plus élevée des eaux usées brutes est 998 mg/l enregistré pour le mois de mars, alors que la plus faible est enregistrée le mois de janvier (100 mg/l). Pour les eaux traitées (eau de sortie) la valeur la plus élevée est enregistrée le mois de mai 99 mg/l, alors que la plus faible est enregistrée le mois de janvier (2 mg/l) (Fig. 34). Ces résultats indiquent une très bonne élimination des MES pour cette année.

Pour l'année 2021, nous avons enregistré la valeur la plus élevée pour les eaux usées brutes le mois d'avril (634 mg/l), alors que la plus faible valeurs des MES est enregistré le mois de décembre (140 mg/l), pour les eaux traitées (eau de sortie), la valeur la plus élevée a été enregistrée en avril (61 mg/l) et la valeur la plus faible a été enregistrée le mois de novembre (4 mg/l) (Fig. 35).

Pour l'année 2022, la valeur maximale des MES des eaux brutes est 530 mg/l, (mars et février) et la valeur minimale est 190 mg/l (janvier et février). Pour les eaux traitées, la valeur maximale des MES est 21 mg/l enregistré le mois de mars et février, alors que la valeur minimale est 5 mg/l enregistrée le mois de février (Fig. 36).

Résultats et discussion



Résultats et discussion

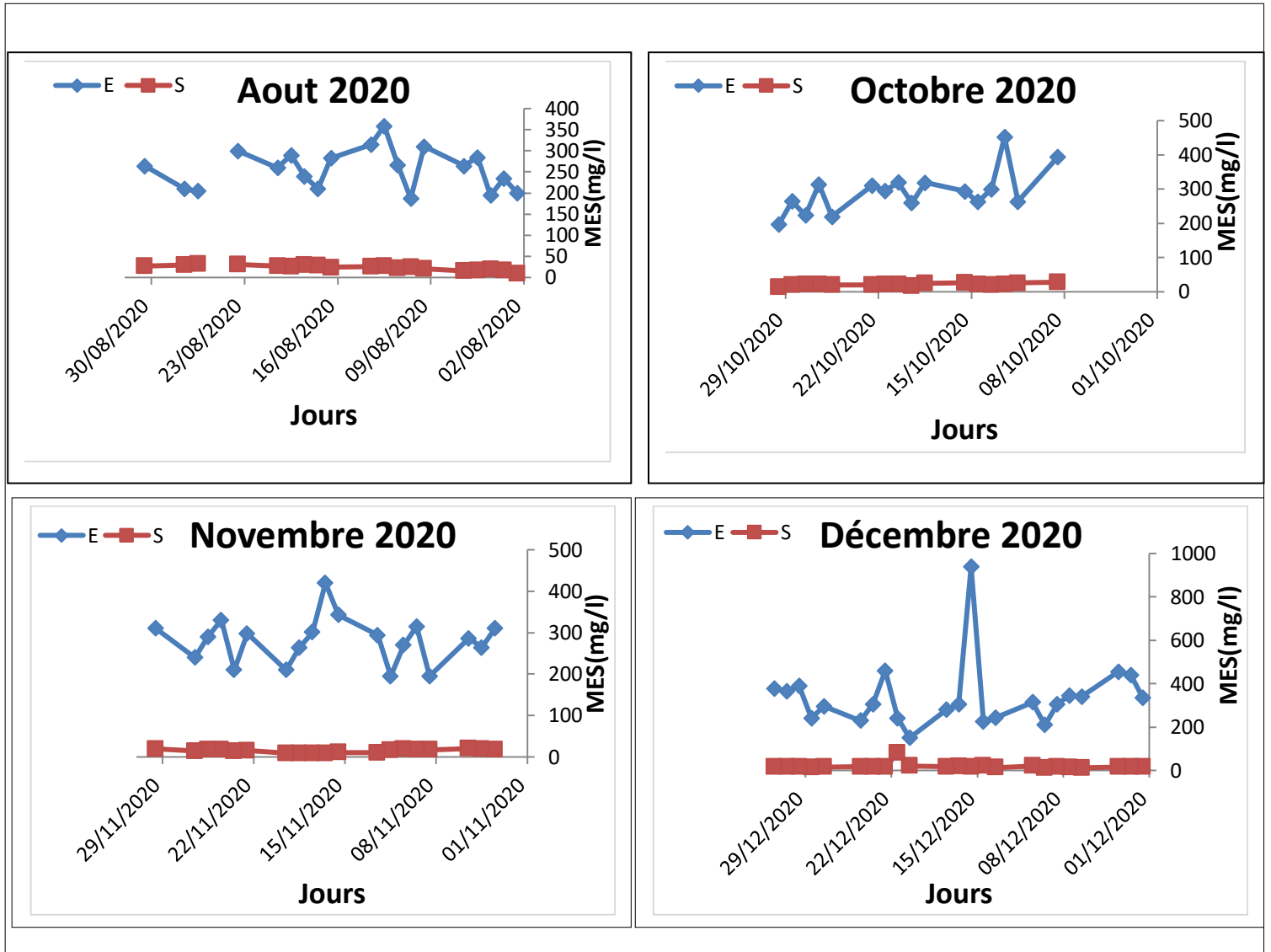
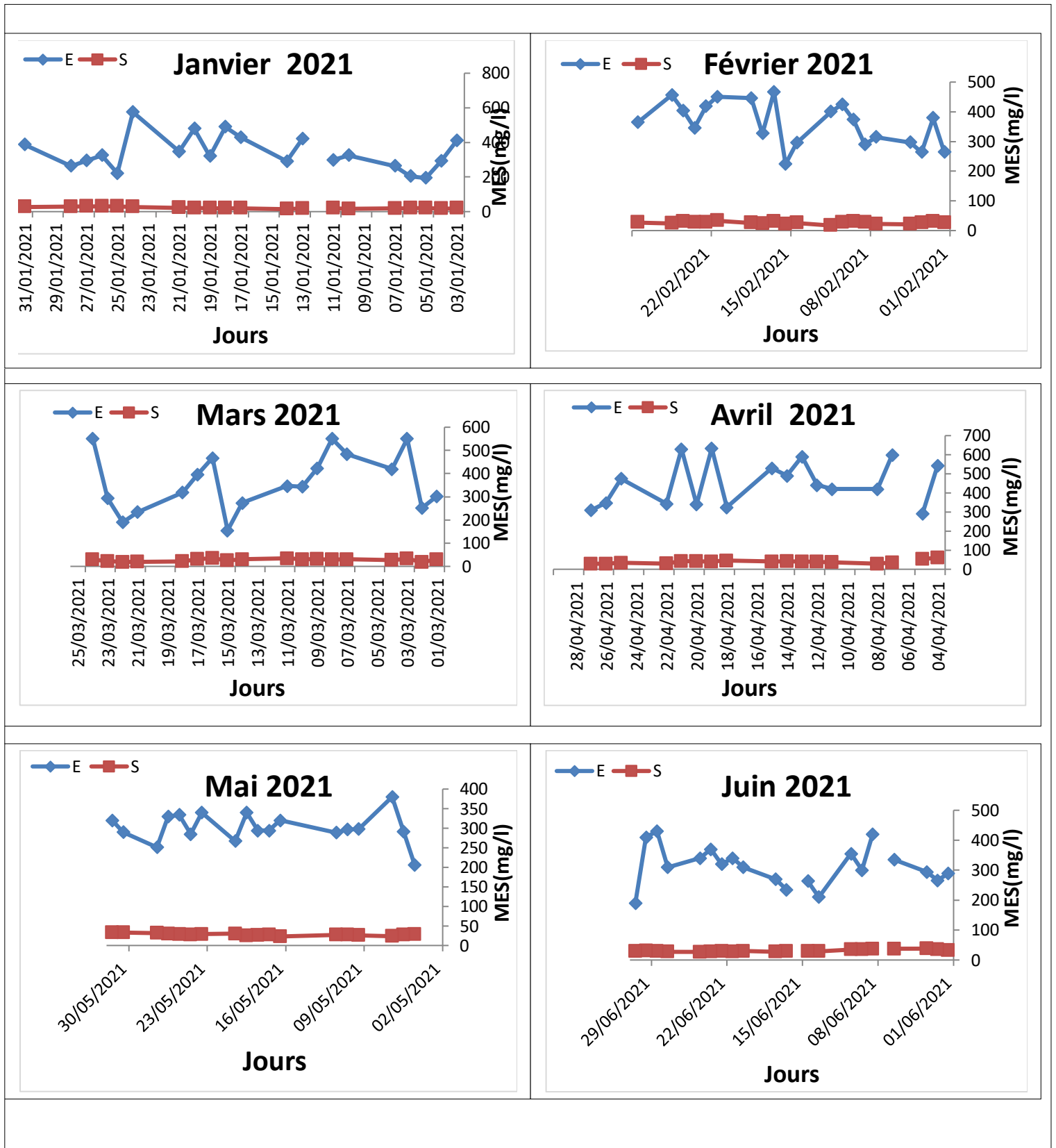


Figure 34 : Variation des matières en suspension (MES) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion



Résultats et discussion

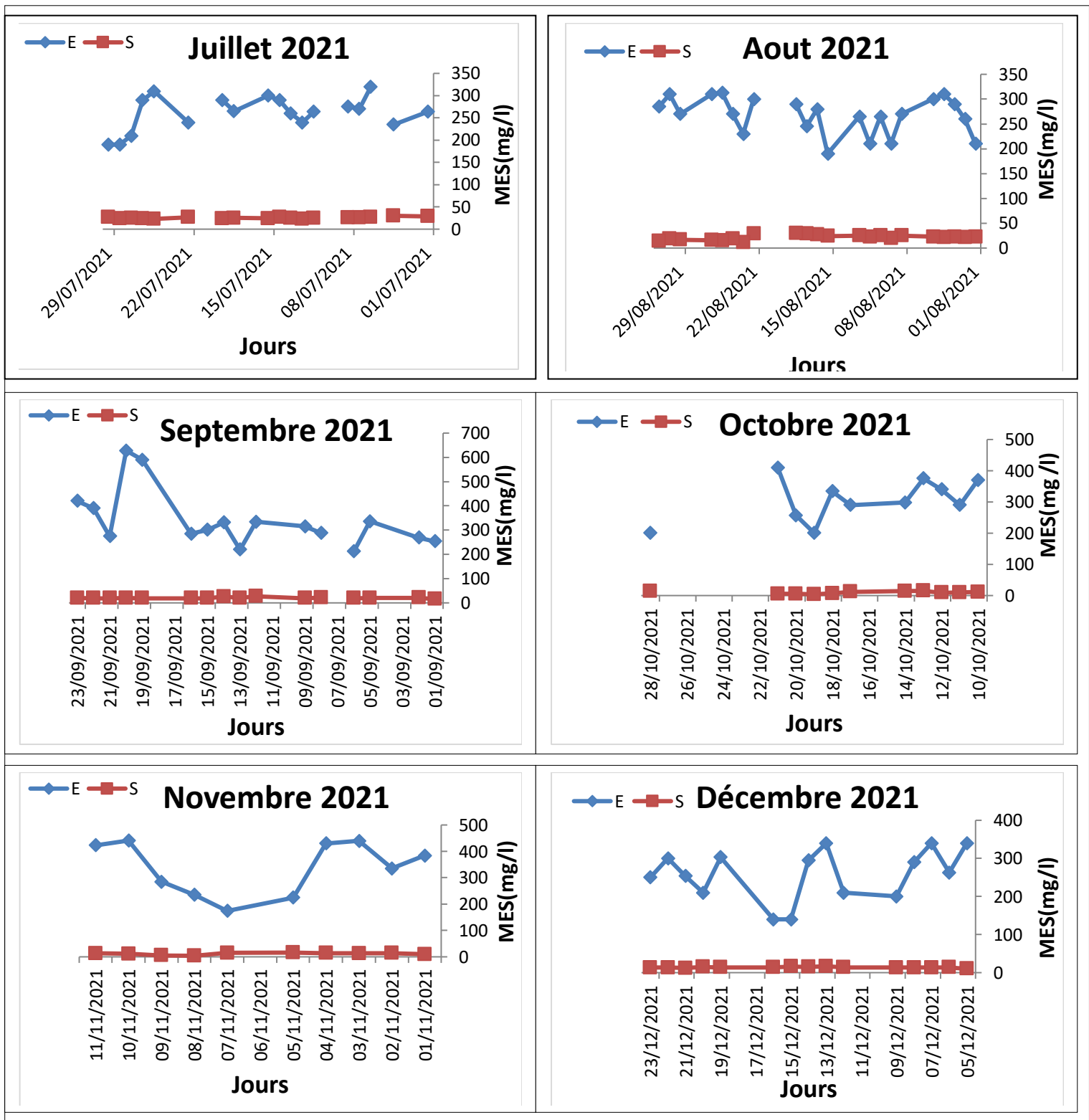


Figure 35 : Variation des matières en suspension (MES) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

Résultats et discussion

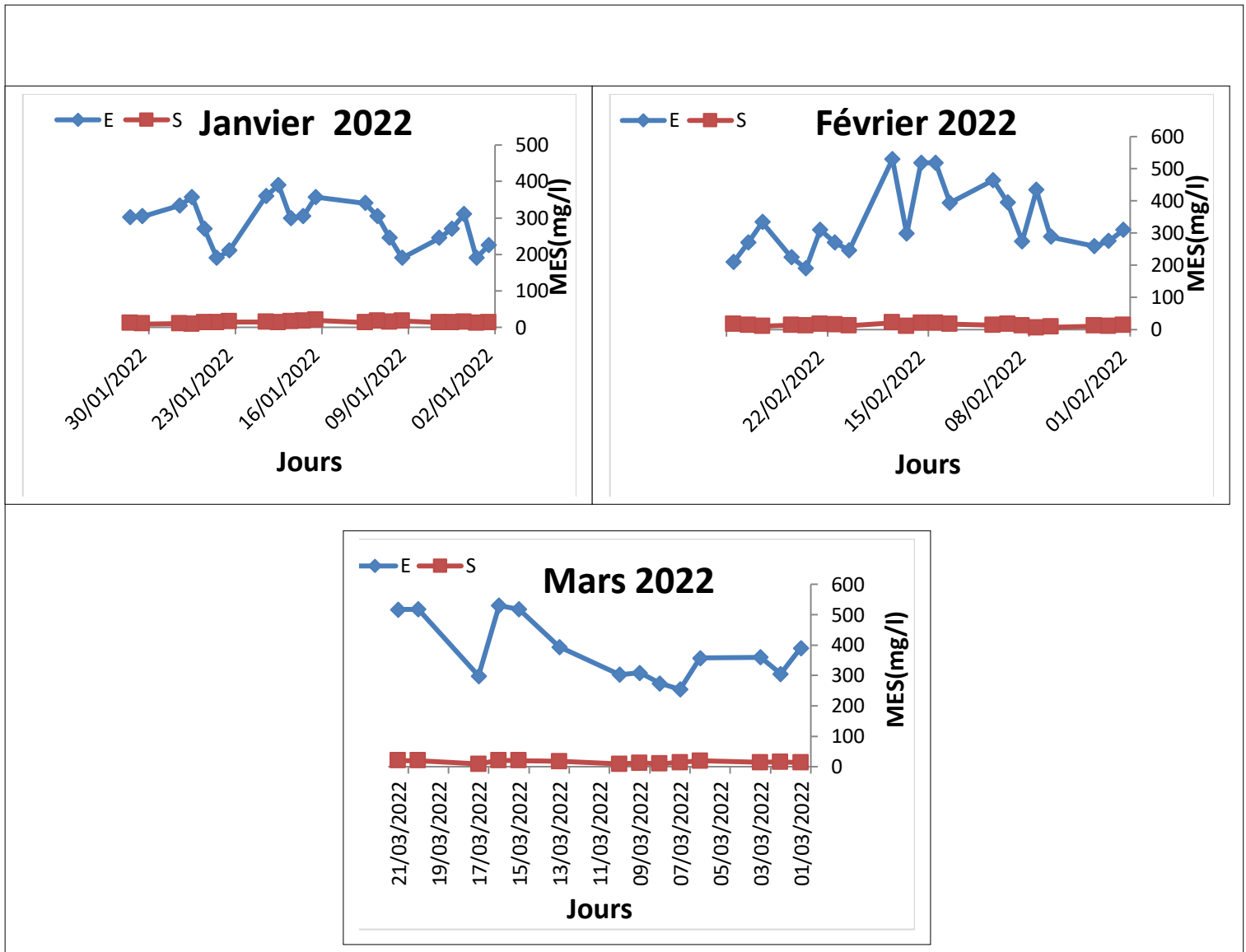


Figure 36 : Variation des matières en suspension (MES) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2022).

I. 9. La Demande Biochimique En Oxygène (DBO5)

Pour l'année 2020, la valeur maximale du DBO5 des eaux brutes est 460 mg/l enregistrée le mois d'octobre et la valeur minimale (190 mg/l) est enregistrée le mois de janvier. Pour les eaux de sortie, la valeur maximale du DBO5 est 17 mg/l enregistrée le mois de juillet et la valeur minimale est de 5 mg/l enregistrée le mois de janvier (Fig. 37). Ces résultats indiquent une très bonne efficacité du traitement biologique traduit par une bonne dégradation des DBO5 durant cette année.

Pour l'année 2021, les données enregistrées pour DBO5 des eaux usées brutes, nous indiquent que les valeurs varient entre un maximum de 732 mg/l et un minimum de 190 mg/l enregistrés pour les mois de octobre et juillet respectivement. Les valeurs pour l'eau de sortie varient entre un maximum de 31 mg/l et un minimum de 5 mg/l enregistré respectivement pour les mois de juin et février (Fig. 38).

Pour l'année 2022, malheureusement, aucun résultat n'a été enregistré pour ce paramètre au cours des trois premiers mois (janvier, février et mars).

Nous notons à partir de ces résultats, que les valeurs de DBO5 de l'eau traitée sont conformes à la norme de rejet (40 mg/l). Ce qui indique une très bonne efficacité d'élimination des DBO5.

Résultats et discussion

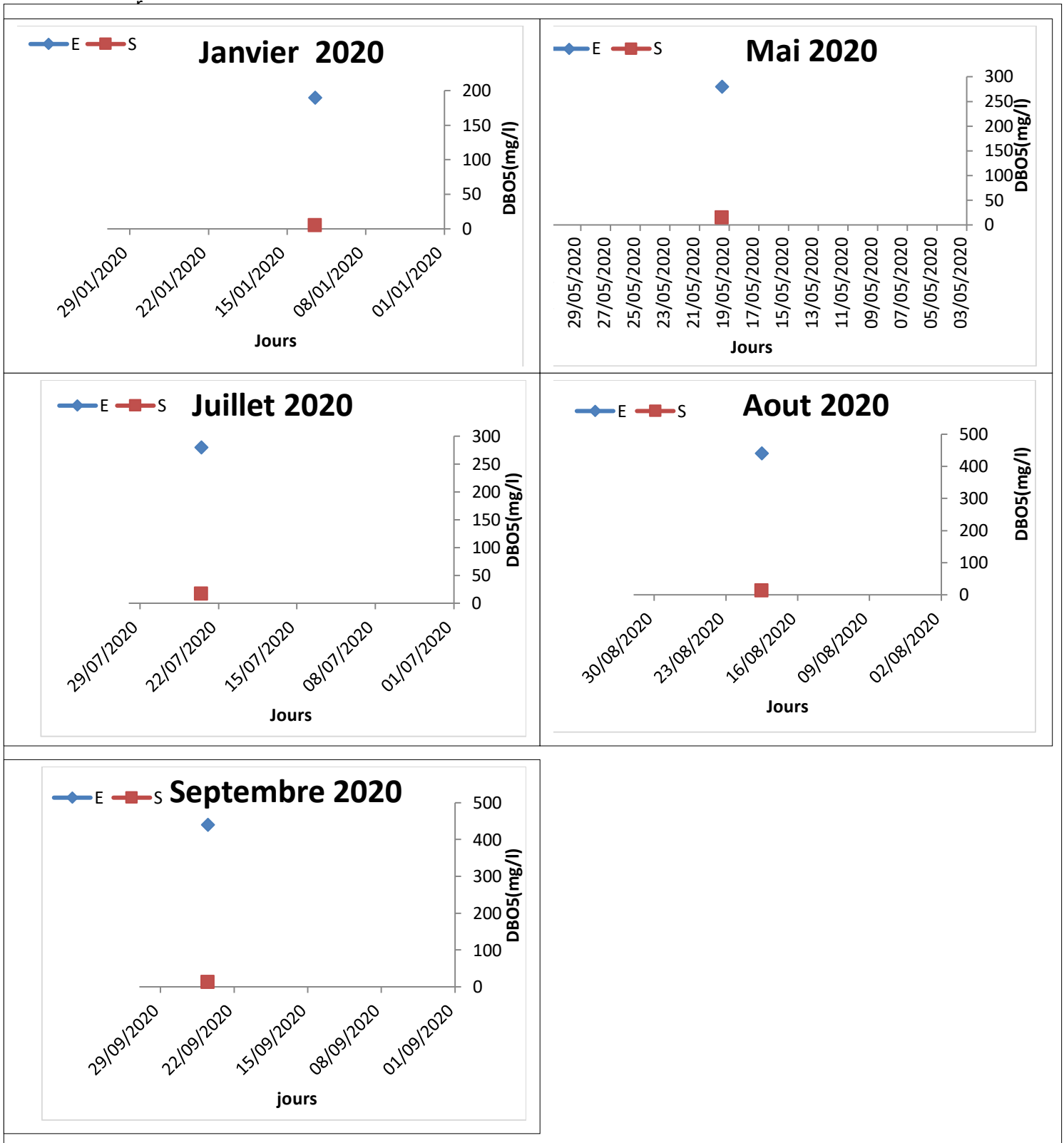
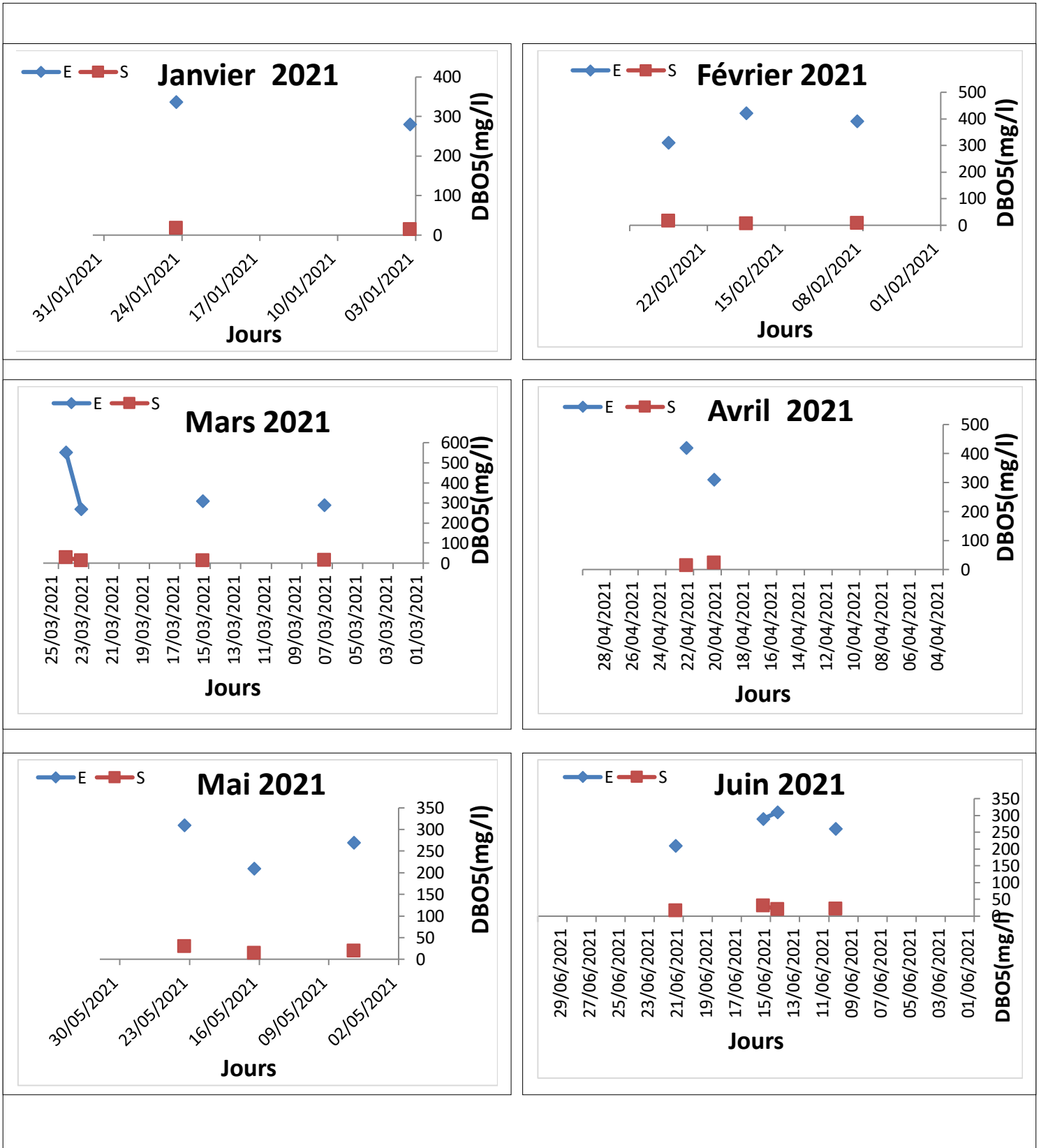


Figure 37 : Variation de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion



Résultats et discussion

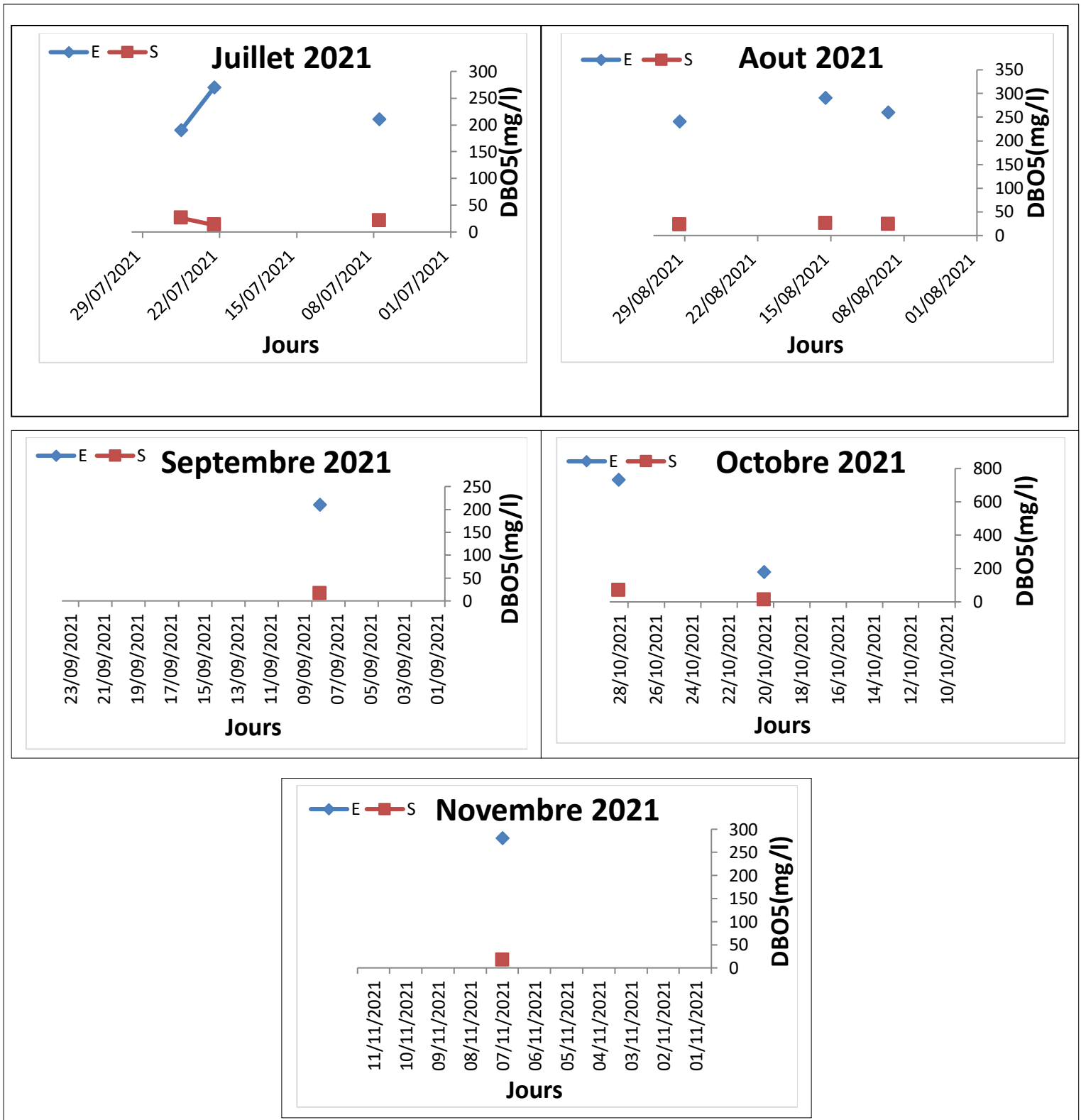


Figure 38 : Variation de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

I. 10. La demande chimique en oxygène (DCO)

Pour l'année 2020, d'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de la DCO dans les eaux brutes (eau entrée) varient d'un maximum de 776 mg/l enregistré le mois de janvier et un minimum de 184,08 mg/l enregistré le mois de juillet. Pour les eaux traitées (eau de sortie) on remarque sur la figure (39) que les valeurs de la DCO varient d'un maximum de 76 mg/l (mois de janvier) à un minimum de 35 mg/l (mois de septembre).

Pour l'année 2021, la figure (40) révèle que, pour les eaux brutes, la valeur maximale de DCO est 770 mg/l (mars) et la valeur minimale est 690 mg/l (mois de janvier). Alors que pour les eaux traitées, la valeur maximale de DCO est 110 mg/l enregistrée le mois de mai, et la valeur minimale est 64 mg/l, enregistré le mois de janvier.

Pour l'année 2022, malheureusement, aucun résultat n'a été enregistré pour la DCO au cours des trois premiers mois (janvier, février et mars).

Résultats et discussion

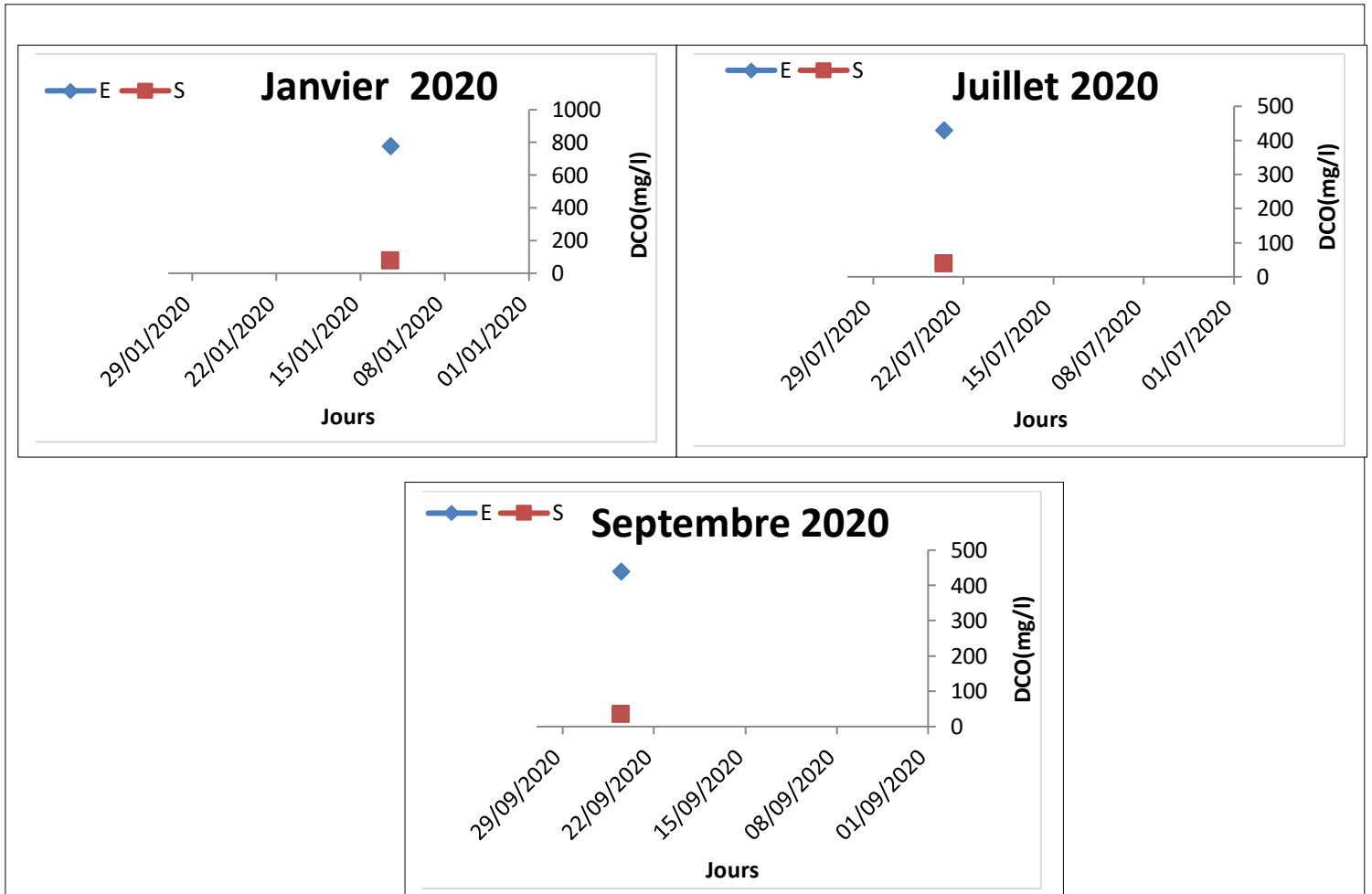


Figure 39 : Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2020).

Résultats et discussion

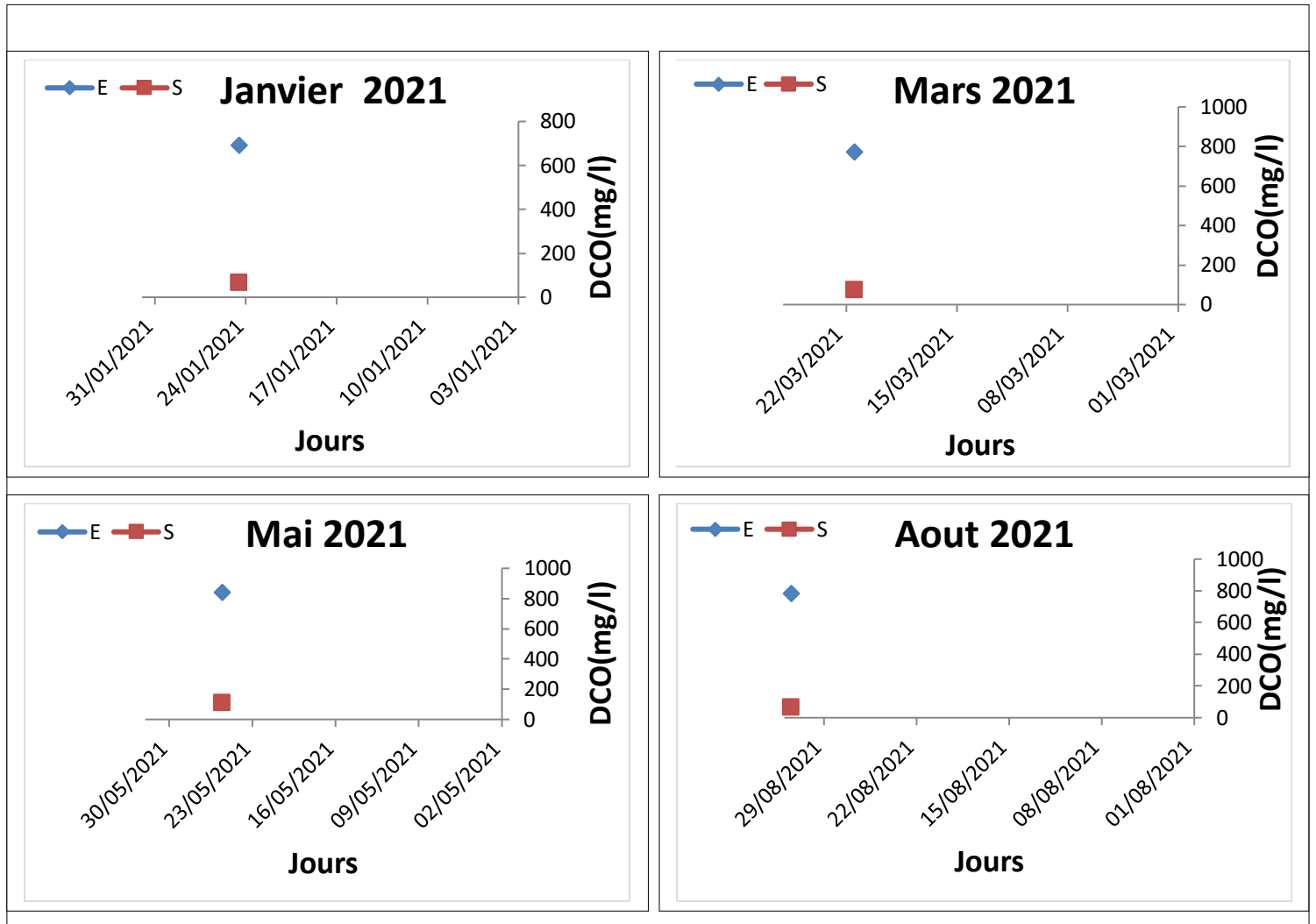


Figure 40 : Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux usées brutes (E) et traitées (S) au niveau de la STEP de Kais (2021).

Résultats et discussion

II. Rendement épuratoire des paramètres physico-chimiques mesurés

Les rendements épuration sont calculés sur des valeurs moyennes des paramètres suivants : MES, DCO, DBO5, NO2, NO3, NH4, PO4 les résultats sont mentionné sur le tableau (4).

Pour les taux d'abattement des MES, nous avons enregistré des taux de 91.97%, 92.97 % et 95.62 % respectivement pour les trois années 2020, 2021 et 2022, ceci révèle une excellente élimination des matières particulaires en suspension.

Pour la DBO5 nous avons enregistré des pourcentages de 96.65% et 93.21% respectivement en 2020 et 2021, cet abattement explique le bon développement des boues biologiques qui assure la dégradation de la matière organique ce qui indique un bon traitement biologique.

Pour la DCO, nous avons enregistré des taux importants qui dépassent 90% (91.04 en 2020 et 92.79 en 2021). Ces valeurs indiquent une bonne dégradation de la DCO.

Pour les nitrites, des taux qui varient entre 83.46% en 2020 et 69.21% en 2021 sont enregistrés. Ces taux sont considérés comme bonne à moyenne pour les nitrites.

Pour les nitrates des pourcentages qui varient de 83.64% en 2020, 83.37% en 2021 et 56.66 % en 2022 sont enregistrés.

Pour l'ammonium, nous avons enregistrée des rendements épuratoires qui varient entre 68.46% en 2020 et 49.93% en 2021.

Pour l'élimination des phosphates nous avons enregistré des pourcentages qui varient entre 33.08%, 51.15 % et 36.11 % calculés respectivement pour 2020, 2021 et 2022. Ces valeurs indiquent des difficultés de la biodégradation de cet élément.

Tableau 4: Les variations annuelles des rendements épuratoire (%) au niveau de la STEP de Kais (2020-2022).

	MES	DBO5	DCO	NH4	NO2	NO3-	PO4-
2020	91.97	96.65	91.04	68.46	83.46	83.64	33.08
2021	92.53	93.21	92.79	49.93	69.21	83.37	51.16
2022	95.62	/	/	/	/	56.66	36.11

III. La possibilité de la réutilisation des eaux traitées

La réutilisation des eaux traitées en elle-même est très bénéfique pour le sol et la plante, mais elle est liée à la qualité physicochimique et biologique de cette ressource non conventionnelle très importante.

Dans notre étude nous avons présenté les résultats des analyses réalisés au niveau de La STEP de Kais à partir de janvier 2020 jusqu'à mars 2022.

Ces résultats indiquent une bonne qualité des eaux traitées que ce soit par rapport aux matières particulaires ou organiques ou composés azotés et phosphorés.

Ces composés sont très bénéfiques pour la fertilisation des sols et la nutrition des plantes.

Pour donner un avis final sur la réutilisation des eaux traitées par la STEP de Kais, il faut assurer un contrôle et un suivi quotidien des paramètres physicochimiques ainsi que les paramètres de toxicité surtout les métaux lourds.

La même remarque doit être donnée pour une décision finale de la réutilisation des boues résiduaires qui nécessite une caractérisation complète qui comporte les teneurs en éléments minéraux et la matière organique ainsi que le pH et la conductivité électrique et surtout les métaux lourds.

Conclusion

L'objectif visé par cette étude est d'évaluer le traitement des eaux usées au niveau de la STEP de Kais wilaya de Khenchela. Le but primordial de la STEP est de traiter les eaux usées brutes pour envisager sa réutilisation en agriculture.

Pour cela, nous avons évalué les principaux paramètres de pollution des effluents de la ville de Kais à l'entrée et à la sortie de la STEP, en prenant en considération des normes de qualité des eaux de rejet de l'OMS. A partir de cette étude réalisée on peut conclure les résultats suivants :

- Les rendements obtenus pour les matières particulaires et organiques représentés par les DBO, DCO, MES (94%, 91% et 93% respectivement) ces résultats témoignent de la bonne efficacité du système de traitement mis en place (traitement à boues activées) ;
- Des rendements moins faibles que les particules organiques et particulaires sont enregistrées pour les composés azoté et phosphorés.

Pour améliorer la qualité des eaux traitées afin d'une réutilisation saine, nous suggérons comme perspective d'avenir les points suivants :

- Contrôler la qualité microbiologique des eaux traitées et des boues ;
- Analyser d'autres paramètres physico-chimiques comme le carbone organique total ; l'azote kjeldahl (NTK), les matières volatiles en suspension (MVS) ;
- Contrôler et analyser les paramètres de suivi quotidiennement pour bien déterminer le pouvoir d'élimination de la matière polluante ;
- Analyser les paramètres de toxicité surtout les métaux lourds pour les eaux traitées et la boue résiduaire.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. Ababsa, N. (2016). Identification et quantification in situ des interactions entre la diversité faunique et la macro-bioporosité dans le contexte des prairies naturelles irrigués à l'eau usées: influence sur le fonctionnement hydrique du si du sol. Thèse doc. Univ. Sétif.
2. Adjroudi, A. et Boukhalfa, A. (2021). Etude du Fonctionnement Épuratoire de la STEP, Ain Beida (W. Oum El Bouaghi). Mémoire master Université Abbes Laghrour Khenchela.
3. Amorce. (2012). Boues de station d'Épuration: Techniques de traitement, valorisation et Elimination. Série technique DT 51. 13-36 p
4. Ayers, R., Wescotts, D. (2018). La qualité de l'eau en agriculture bull FAO l'irrigue drain. 170p.
5. Brahmi, R. et Madoui, H. (2000). Evaluation de la performance d'une station d'épuration des eaux usées. Cas de la STEP d'Ain El-Beida (Wilaya D'Oum Bouaghi, Nord Est Algérien). Mémoire master Université Abbes Laghrour Khenchela.
6. Barat, R., Montoya, T., Borrás, L., Seco, A., Ferrer, J. (2005). Calcium effect on enhanced biological phosphorus removal. IWA conferences on nutrient management in wastewater treatment processes and recycle streams, Krakow Poland.
7. Baumont, S., Camard, J. P., Lefranc, A., Franconi, A., (2014). Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en île-de-france. ORS Ile-de-France. Observatoire régional de santé (Ile-de-France)., & Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Ile-de-France.
8. Baumont, S., Camard, J-P., Lefranc, A., Franconie, A. (2004). Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
9. Belaid, N., (2010). Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de doctorat en génie de l'environnement et de l'aménagement. Université de Sfax. 183 p.

10. Benyoucef, A. (2021). Traitement des eaux usées par la phytoépuration, Thèse de doctorat, université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi.
11. Berland, J., Malrieu, J., Deplat, L., Pronost, R., Pronost, J. (2002). Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement. document technique FNDAE N°22 Bis.
12. Bouanane, Y. (2020). Etude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de Sidi Merouane (Mila). Mémoire de master Université Abdelhafid Boussouf -Mila.
13. Bouarissa, B., Benneni, H. (2020). Epuration des eaux usées, analyse et synthèse des données scientifiques. Cas de la station d'épuration des eaux de la wilaya de Bordj Bou Arreridj : Prospection, évaluation du rendement épuratif». Mémoire Master Université Bordj Bou Arreridj.
14. Bouziani, M. (2000). L'eau: De La Pénurie Aux Maladies. (Ibn-Khaldoun, Éd.) ,ISBN: 9961-71-071-1.
15. Buechler, S., Gayathri Devi, M., (2006). Adaptations of wastewater-irrigated farming systems: A case study of Hyderabad, India. In van Veenhuizen, R. (Ed.). Cities farming for the future: Urban agriculture for green and productive Cities. Silang, Philippines: RUAF Foundation; IDRC; International Institute of Rural Reconstruction (IIRR), 267-273p.
16. Bremond, R. et Vuichard, R. (1973). Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement. SPEPE, Paris. 179 p.
17. Cardot, C.(2010). Les traitements de l'eau pour l'ingénieur. Ellipses édition marketing S.A. Paris. ISBN: 978-2-7298-6187-2.
18. Causs, F., Puzin, M., Galtier, Y., Dornier, G., Aussel, H. (2004). Le Point Des Connaissances Sur. institut national de recherche et de sécurité.
19. Chenini, F., Trad, M., Rejeb, S., Chaabouni, Z., Xanthoulis, D. (2019). Optimisation de la durabilité du traitement et de la réutilisation des eaux usées en agriculture de l'environnement et des recherches en génie rural. Eaux et forêts Tunisie. 76 p.

20. Da Silva LMDC. (2008). Effet de la variabilité du fractionnement de la pollution carbonée sur le comportement des systèmes de traitement des eaux usées par boues activées. Thèse Doct. Univ. Lorraine, France, p 182.
21. Dorioz, J. M., Cassel E.A., Orand, A et Etsenman, K. (1998). Phosphore storage. *Hydro-biological processes* 12: 285-309.
22. EPA. (2012). Guidelines for water reuse (600/R-12/618). EPA, Washington.
23. FAO, (2012). Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées des excréta et des eaux ménagères. Volume II utilisation des eaux usées en agriculture, 26 p.
24. Fathallah Z, Elkharrim K, Fathallah A R, Hbaiz M, Hamid C, Ayyach A, Elkhadmaoui A, Belghyti D (2014) Etude physico-chimique des eaux usées de l'unité industrielle papetière (CDM) à sidi Yahia elGharb (Maroc). *Larhyss J* 20:57–69.
25. Gafny S, Goren M, Gasith A (2000) Habitat condition and fish assemblage structure in a coastal mediterranean stream (Yarqon, Israel) receiving domestic effluent. *Hydrobiologia* 422:319–330
26. Gérard, M. (2003). La qualité de l'eau et assainissement en France (annexes). Rapport de l'OPECST n°2152.
27. Ghetta, N. (2009). Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt Mémoire d'ingénieur D'état En Biologie Université Kasdi Merbah – Ouargla, 32p.
28. Goyal, D., Kumar, A., Saini, M., Joshi, H. (2019). Reliability, maintainability and sensitivity analysis of physical processing unit of sewage treatment plant. *SN Applied Sciences*, 1(11), 1-10. doi.org/10.1007/s42452-019-1544-7.
29. Hadji, F., Sari, F., & Khiat, A. (2020). Wastewater reuse for irrigation purposes: the case of Aïn Témouchent region. *Water Resources in Algeria-Part II*, 59-78.
30. Hamaidi-Chergui F., Zoubiri A.F., Hamaidi M.S., Debib A., Kais H. (2016). Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Médéa (Algérie), *Larhyss Journal*, 26 (2016), 113-128.
31. Jalali, M. (2018). Effect of sodium and magnesium on kinetics of potassium release in some calcareous soils of western irangeoderma 145.207.215.

32. Laabassi, A. (2016). L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à macrophytes, Thèse de doctorat, université Ferhat Abbas Sétif 1, 107 pages.
33. Laat, J. D. (2018). Pourquoi et comment traiter les eaux usées urbaines ? encyclopedie-environnement.org .
34. Larab, S. (2019). La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture à partir de la station d'épuration (Ain Bouchakif) de la wilaya de Tiaret. Mémoire de master Université Mohamed khider Biskra.
35. Lee, LK., Kim, JH., Kim, J. (2015). Monitoring the water quality of the Wangsukcheon river over a two-year period. *Toxicol Environ Heal Sci* 7:91–96.
36. Lemita, A. (2021). Méthodologie D'optimisation De La Commande Du Procédé . These. Doc. Univ. Setif-1.
37. Louaguenoun, K. (2017). Suivi de la qualité des eaux usées traitées de la STEP de BARAKI pour une réutilisation agricole. Mémoire de master Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
38. Mamedov, A.I., Shainberg, I. and Levy, G.J., (2000). Irrigation with effluent water: Effects of rainfall energy on soil infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 732–737.
39. Mefalopulos, P. (2003). Théorie et pratique de la communication participative: le cas du projet FAO (Communication pour le développement en Afrique austral). L'université du Texas à Austin.
40. Maref, N. (2020). Polycopié de cours «Traitement et épuration des eaux Cours et Exercices». 41p.
41. Margot, J. (2014). Traitement des micropolluants dans les eaux usées: bases théoriques et état de la recherche. *Micropolluants dans les eaux usées. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, 4*, 461-462
42. Merair, N., Salmi, A. (2014). Etude de la biodégradation des eaux usées dans le réacteur à batch séquentiel et l'impact du solvant furfural dans le traitement biologique. Mémoire de master université Oran, Algérie, 53pages.
43. Mosseri, R., Euzen, A., Jeandel, C. (2015). L'eau à découvert. CNRS édition, Paris, ISBN:978-2-271-08829-1

44. N'Diaye, A. D., Thiam, O., & Namr, K. I. (2013). Turbidité et matières en suspension dans l'eau: application à l'évaluation des métaux contenus dans l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (14).
45. Ounaies F., Kounidi A., Oueslati A.M. (1989). Réutilisation des eaux usées épurées dans le secteur agricole en Tunisie : situation actuelle et perspectives N° 1/92
46. Rasheed, RO., Hama Karim, TA. (2017). Impact assessment of wastewater and planning for a treatment plant within Sulaimani City, Iraq. *Arab J Geosci* 10:507. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3298-0>.
47. Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques, Centre Régional De Documentation Pédagogique D'aquitaine, France, ISBN : 2-86617-420-8.
48. Rodier J, Legube B, Merlet N et al (2009) Analyse de l'eau. Dunod, Paris.
49. Roy, ED. (2017). Phosphorus recovery and recycling with ecological engineering: a review. *EcolEng* 98:213–227.
50. Ruban, G., Ruperd, Y., Laveau B., Lucas, E. (2001). Self-monitoring of water quality in sewer systems using ultra-violet and visible absorbance, *Wat. Sci. Tech.*, 44 (2-3) : 269-276
51. Salgot, M., and Folch, M. (2018). Wastewater treatment and water reuse. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2, 64-74. doi.org/10.1016/j.coesh.2018.03.005.
52. Slimani, A. (2019). Suivi de la qualité physicochimique des eaux épurées de la STEP D'Ain Beida Wilya d'Oum EL Bouaghi ; Mémoire Master, Université Khenchela.
53. Tamrabet, L. (2011). Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Thèse doc. Univ. Batna.
54. Upton, S. (2016). Panorama de L'environnement 2015. Les Indicateurs de L'OCDE. Editions OECD, Paris. 40p
55. Vieira, JS., Pires, JCM., Martins, FG., Vilar, VJP., Boaventura RAR., Botelho, CMS., (2012) Surface water quality assessment of Lis river using multivariate statistical methods water. *Air Soil Pollut* 223: 5549–5561

56. Werlé, R., Balty, I., Caron, V., Charvolin, M., Cluzeau, J., David, C., Delepaut, H., Duquenne, P., Facon, B., Lecornet, E., Rapp, R., Schlosser, O., Simon, P. (2013). Station d'épuration des eaux usées, INRS, Paris, ISBN: 978-2-7389-2076-8. 17p
57. Zidi, A. (2021). Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux d'Oued Méskiana (Oum El Bouaghi) sur les sols de la région de Méskiana. Thèse doc. Univ. Oum El Bouaghi.

ANNEXES

ANNEXES

Les variations mensuelles du Rendement (%) au niveau de la STEP Kais (2020-2022).

dates	MES	DBO5	DCO	NH4	NO2	NO3-	PO4-
Janvier 2020	96.28±2.55	97.36	90.20	87.05	67.10	75.60	12.24
Février 2020	/	/	/	/	/	/	/
Mars 2020	92.62±3.82	/	/	/	/	/	/
Avril 2020	92.25±3.46	/	/	/	/	/	/
Mai 2020	87.83±10.0 1	95	/	/	/	/	/
Juin 2020	91.30±2.39	/	/	/	/	/	/
Juillet 2020	88.96±5.85	96.92	90.90	56.75	59.57	82.96	33.72
Aout 2020	90.27±3.09	97.27	/	/	95.72	76.74	/
Septembre2020	±/	97.27	92.04	61.59	79.25	99.27	53.29
Octobre 2020	92.20±1.35	96.08	/	/	/	/	/
Novembre 2020	94.57±1.86	/	/	/	/	/	/
Décembre 2020	93.44±6.35	/	/	/	/	/	/
Janvier 2021	93.05±2.77	94.96±0.04	90.72	48.71	83.33	86.77	43.90
Février 2021	92.48±1.53	97.39±1.95	/	45.19	24.70	89.62	52.67
Mars 2021	91.75±1.6	95.06±0.53	90.77	49.79	78.84	91.42	57.24
Avril 2021	90.86±3.16	94.46±3.11	/	/	/	/	/
Mai 2021	90.45±1.90	92.20±1.64	96.90	56.04	90	82.77	56.67
Juin 2021	89.6±2.35	91.57±1.74	/	/	/	/	/
Juillet 2021	89.96±1.86	90.50±4.45	/	/	/	79.47	/
Aout 2021	91.63±2.35	91.12±0.27	91.23	/	/	70.21	49.84
Septembre2021	93.52±1.79	92.38±	/	/	/	/	46.64
Octobre 2021	96.75±1.52	91.81±2.14	/	/	/	/	/
Novembre 2021	96.22±2.29	93.92±	/	/	/		/
Décembre 2021	94.18±2.27	/	/	/	/	/	/
Janvier 2022	95.13±1.55	/	/	/	/	76.66	36.11
Février 2022	95.80±1.34	/	/	/	/	/	/
Mars 2022	95.95±0.80	/	/	/	/	/	/

ANNEXES



Microscope



Distillateurs



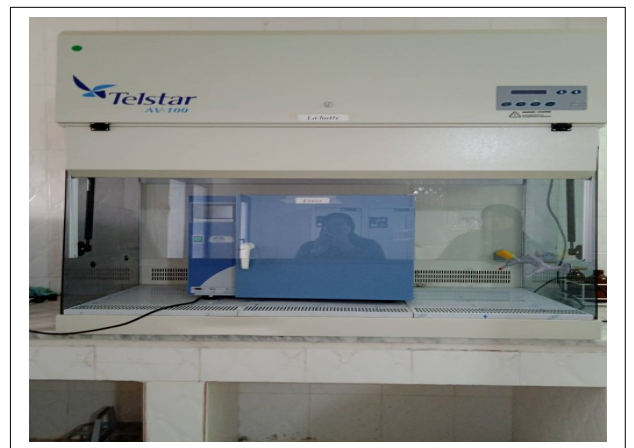
Four A Moufle



Centrifugeuse



Oxy top 06 poste



La hotte

ANNEXES



Balance analytique



Balance carrée



Armoire pour produit chimique



Turbidimètre

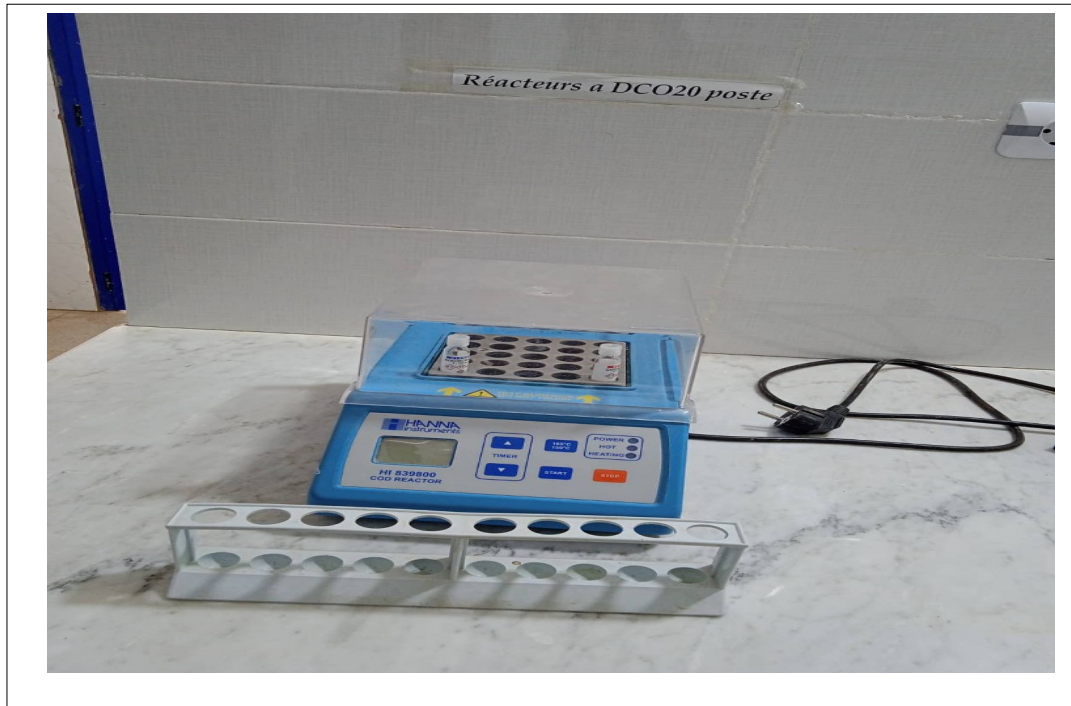


Colorimètre



Multi paramètre

ANNEXES



Réacteur a DCO20 poste

Résumé

La présente étude consiste à évaluer la qualité du traitement de la STEP de la ville de Kais sur la période étalée de 2020 à mars 2022. Les résultats obtenus ont montré que le rendement d'abattement de la pollution étaient satisfaisants pour les matières particulaire et organiques (93 % pour les MES, 94 % et 91 % respectivement pour la DBO5 et la DCO). Le taux d'abattement des composés azotés et phosphoré sont considéré comme moyen à faible. Les résultats actuels des paramètres mesurés sont satisfaisants, mais il manque le contrôle quotidien pour l'ensemble des paramètres, ainsi que les paramètres de toxicité pour s'assurer de ne pas polluer les terres agricoles.

Mots clés : Eaux usées, STEP de Kais, Épuration, Qualité physico-chimique, Irrigation.

المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم جودة المعالجة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة قايس خلال الفترة الممتدة من 2020 إلى مارس 2022. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن كفاءة التخفيف من التلوث مرضية للجسيمات والمواد العضوية (93 % للمواد العالقة، 94% و 91% على الترتيب لطلب البيولوجي والطلب الكيميائي للأكسجين). ويعتبر معدل خفض مركبات النيتروجين و الفوسفور متوسطا إلى منخفض. والنتائج الحالية للمعايير المقاسة مرضية، ولكن هناك نقص في المتابعة اليومية لجميع المعايير، فضلا عن معايير السمية لضمان عدم تلوث الأراضي الزراعية.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، محطة تصفية مياه الصرف الصحي قايس، التنقية، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الري.

Abstract

The present study consists in evaluating the quality of the treatment of the STEP of the city of Kais over the period spread out from 2020 to March 2022. The results obtained showed that the removal efficiency was satisfactory for particulate matter and organic matter (93% for SS, 94%, and 91% respectively for BOD5 and COD). The reduction rate of nitrogen and phosphorus compounds is considered medium to low. The current results of the parameters measured are satisfactory, but daily monitoring is lacking for all parameters, as well as toxicity parameters to ensure that agricultural land is not polluted.

Keywords: Wastewater, Kais WWTP, Purification, Physico-chemical quality, Irrigation