

Faculté des Sciences et Techniques

Licence Professionnelle

Métiers de la Protection et de la Gestion de l'Environnement

Parcours Traitement des eaux

2023/2024

ABATTEMENT DU COT SUITE A LA REHABILITATION DE L'USINE DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE SOLIGNAC



Capucine Fournier

Stage effectué du 23 octobre 2023 au 31 août 2024

SAUR – Saint-Yrieix-la-Perche



Responsables du stage

Kamel AMRI (Responsable de secteur)

Jérôme Wissocq (Agent de production)

Tuteur universitaire

François BORDAS

Professeur



Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier, Monsieur Kamel AMRI, mon maître d'apprentissage, pour m'avoir accueillie au sein de son équipe à Saint-Yrieix-la-Perche. Son aide et son soutien ont été d'une valeur inestimable tout au long de cette expérience.

Je tiens à exprimer, de même, ma reconnaissance à Monsieur Jérôme WISSOCQ, qui m'a accompagnée lors de mon parcours d'alternante. Son expertise et son dévouement ont fait de lui une source d'inspiration dans mon parcours professionnel.

Mes remerciements vont également à Monsieur François BORDAS, mon tuteur universitaire, en particulier pour son aide bienveillante et ses encouragements constants. Sa disponibilité et son investissement ont été des atouts précieux dans la réussite de ce projet.

Je souhaite remercier sincèrement Monsieur Jean-Laurent COUTURIER, du laboratoire QUALYSE, pour les informations précieuses qu'il m'a partagées. Sa collaboration et son engagement m'ont permis d'avancer grandement dans la réalisation de cet écrit.

Merci à Monsieur Nicolas EMIEL et à Monsieur Philippe VANDERBERK pour leur contribution à ce travail et pour le temps qu'ils m'ont accordé.

Enfin je m'adresse à l'ensemble des collaborateurs que j'ai eu le plaisir de rencontrer pour leur dire combien j'ai pu apprécier leur accueil. Ils ont contribué à rendre cette expérience instructive et gratifiante. Je souhaite particulièrement remercier Monsieur Nicolas CELERIER, pour le temps qu'il a pris à m'expliquer certains aspects techniques et pratiques, ce qui a enrichi mon expérience et ma compréhension dans le domaine de l'eau.

Liste des abréviations

AHA : Acides haloacétiques

CAP : Charbon actif en poudre

COD : Carbone organique dissous

COP : Composés organiques particulaires

COT : Carbone organique total

MO : Matière organique

MOD : Matière organique dissoute

MOP : Matière organique particulaire

PAX : Polychlorure d'aluminium

POP : Polluants organiques persistants

SPD : Sous-produits de désinfection

TAC : Titre alcalimétrique complet

THM : Trihalométhanes

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Table des matières

Introduction.....	8
1. Présentation de l'entreprise.....	9
2. La Matière Organique dans les Eaux.....	10
2.1. Origine et différentes formes	10
2.1.1. Origines naturelles	10
2.1.2. Origines anthropiques.....	10
2.1.3. Différentes formes de matière organique dans les eaux	10
2.2. Traitements.....	11
2.2.1. Impacts de la matière organique sur la qualité des eaux distribuées ?	11
2.2.2. Conséquences sur l'exploitation	12
2.3. Analyses de la matière organique dans les eaux	12
2.3.1. Qu'est-ce que le Carbone Organique Total (COT) ?	12
2.3.2. Mesure du COT	12
2.3.3. Différents traitements de la MO envisageables	14
3. Ressource en eau exploitée à l'usine de Solignac.....	15
3.1. Description de la ressource	15
3.2. Qualité physico-chimique de la ressource et paramètres devant être corrigés pour respecter les normes de potabilisation	15
4. Présentation de l'ancienne usine	18
4.1. Présentation générale.....	18
4.2. Filière de traitement.....	19
4.3. Le traitement de la matière organique	21
5. Présentation de la nouvelle usine	23
5.1. Présentation générale.....	23
5.2. Filière de traitement.....	24
5.3. Le traitement de la matière organique	29
6. Comparaison des deux filières.....	30
6.1. Comparaison des résultats d'analyses	30
6.2. Comparaison financière.....	31
Conclusion.....	33
Références bibliographiques.....	34
Annexes	35

Table des illustrations

Figure 1 : Distinction par tailles des différents constituants de la MO contenue dans les eaux naturelles ^[4]	11
Figure 2 : Principe de mesure du COT ^[2]	13
Figure 3 : Synoptique de l'ancienne usine	19
Figure 4 : Évolution du COT dans l'eau brute et dans l'eau traitée dans l'ancienne usine pour l'année 2021	22
Figure 5 : Synoptique de la nouvelle usine	24
Figure 6 : Principe de fonctionnement du Pulsatube	25
Figure 7 : Principe de fonctionnement du Pulsazur.....	26
Figure 8 : Évolution du COT dans l'eau brute et dans l'eau traitée pour août 2024 dans la nouvelle usine	29

Table des tableaux

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des différents processus de traitement de la MO...	14
Tableau 2 : Évolution saisonnière sur l'eau brute de l'année 2021 :.....	16
Tableau 3 : Variations saisonnières des précipitations et du débit de La Briance à Condat-sur Vienne pour l'année 2021	16
Tableau 4 : Descriptif de l'ancienne usine.....	18
Tableau 5 : Dimensionnement des installations de l'ancienne usine	18
Tableau 6 : Caractéristiques des principaux ouvrages de l'ancienne usine	20
Tableau 7 : Taux de traitement des différents réactifs utilisés pour l'année 2021 dans l'ancienne usine.....	20
Tableau 8 : Dimensionnement des installations de la nouvelle usine	23
Tableau 9 : Caractéristiques des principaux ouvrages de la nouvelle usine	27
Tableau 10 : Taux de traitement des différents réactifs utilisés pour le mois d'août 2024 dans la nouvelle usine.....	28
Tableau 11 : Comparatif des résultats d'analyses de quelques paramètres de l'eau traitée .	30
Tableau 12 : Comparaison des taux de traitement des réactifs utilisés dans les deux usines	31
Tableau 13 : Comparaison des consommations électriques dans les deux usines entre le 1er et le 15 août 2024.....	32

Introduction

Dans le contexte actuel, les normes relatives à la qualité de l'eau, dictées par des préoccupations croissantes quant à la préservation de l'environnement et à la santé publique, imposent des réglementations toujours plus rigoureuses en matière de traitement et de distribution. Cette évolution réglementaire découle d'une prise de conscience collective des effets néfastes des pollutions sur notre écosystème et sur la santé des consommateurs.

L'usine de production d'eau potable de Solignac, construite en 1993, alimente un grand nombre de communes dans le sud de la Haute Vienne. Depuis 10 ans, les paramètres de la ressource n'ont cessé de se détériorer. Certains ouvrages et/ou traitements utilisés deviennent obsolètes, ou économiquement peu viables et ne permettent plus d'être sûr, à long terme, de garantir une eau potable de qualité. Entre autres, l'usine ne parvient plus à abattre correctement le Carbone Organique Total (COT). Il devient donc nécessaire d'utiliser des techniques de traitement plus avancées et plus efficace afin d'abattre cette teneur en COT.

Pour cette raison, le Syndicat Vienne Briance Gorre (VBG), maître d'ouvrage de cette usine, a demandé la réhabilitation de celle-ci. Le projet est réalisé par l'entreprise Suez et suivi par le cabinet d'études Larbre Ingénierie.

Ce contexte conduit donc à la problématique suivante :

Pourquoi et comment abattre la teneur en COT de l'eau à l'usine de production d'eau potable de Solignac ?

Après avoir brièvement présenté l'entreprise, je m'attacherai à montrer pourquoi il a été nécessaire de réhabiliter l'usine de Solignac en étudiant principalement les résultats d'analyses en COT sur l'eau traitée. Ensuite j'expliquerai les modifications apportées pour ce traitement et les résultats obtenus. Pour terminer, je comparerai les deux filières afin de voir l'évolution et les gains en performance.

1. Présentation de l'entreprise

Saur (Société d'Aménagement Urbain et Rural) est une entreprise française fondée en 1933 à Angoulême. Après 90 ans de développement, elle est dotée de 12 000 collaborateurs et a su se développer à travers le monde (Amérique du Sud, Moyen Orient, Europe et en Asie).

Saur et le Syndicat VBG (Vienne Briance Gorre) ont signé une convention de délégation afin d'exploiter les installations du syndicat.

Le syndicat VBG regroupe 59 communes et dessert environ 100 300 habitants. Il a pour objectif la production et la distribution d'eau potable aux habitants des communes adhérentes. Il est propriétaire de toutes les installations et de ce fait, il est le seul décideur des investissements nécessaires au service. Dans la région c'est le Service des Eaux 3 Rivières (SE3R) société dédiée du groupe SAUR qui assure l'exploitation de la plupart des installations d'eau potable de VBG.

Le territoire couvert par l'entreprise SAUR située à Saint-Yrieix-la-Perche concerne, entre autres, une partie du sud de la Haute-Vienne. Elle gère plusieurs installations, dont 2 unités de production d'eau potable à Solignac et au Chalard Les Crozes, ainsi que des stations de filtres à neutralité. Dans le domaine de l'assainissement, l'entreprise exploite 2 Stations de Traitement d'Eaux Usées : l'une à Saint-Yrieix-la-Perche, principalement reliée au réseau, avec également des filtres plantés de roseaux et l'autre à Nexon.

Elle compte un effectif de 10 salariés, sous la direction de Mr Kamel Amri, chef de secteur et de Mr Lionel Fleytoux, chef du territoire de la Haute-Vienne. L'équipe se compose de 3 agents de production et de 6 agents d'exploitation.

En tant qu'agent de production, mes missions incluent l'entretien des stations, les analyses et études des paramètres de qualité des eaux, ainsi que le prélèvement d'échantillons.

Les agents d'exploitation se chargent de diverses tâches telles que la réparation de fuites, le remplacement de compteurs et le suivi du chlore et de la bactériologie. En outre, ils assurent également un service direct à la clientèle, en prenant en charge des activités telles que le remplacement de compteurs et la réparation de fuites, entre autres.

Activités réalisées durant mon apprentissage :

- Analyses et entretien des usines de production d'eau potable de Solignac et du Chalard
- Analyse du chlore dans les réservoirs
- Relevés de compteurs de différents sites
- Entretien et analyses de la STEU de Nexon et de ses fosses
- Analyses des pâtes à papier de la Cartonnerie Lacaux à Bosmie l'Aiguille
- Entretien et analyses de la STEU de Saint-Yrieix
- Levée de tampon eau potable dans le cadre d'un diagnostic réseau
- Campagne de prélèvement CVM (2 semaines)
- Réalisation de plan de dépotage pour les unités de production
- Mise en route et suivi des piscines d'Isle, de Chalus et des Cars

2. La Matière Organique dans les Eaux

2.1. Origine et différentes formes

La matière organique dans l'eau peut avoir deux origines principales : des origines naturelles et des origines anthropiques.

2.1.1. Origines naturelles

Les sources naturelles de matière organique incluent la décomposition de la végétation, le sol et l'érosion, les animaux aquatiques, et l'activité microbienne. La décomposition de la végétation, telle que les feuilles, branches et algues, libère de la matière organique lorsqu'elles tombent dans l'eau. La météorologie est un facteur influençant la teneur en MO, par exemple lors de fortes pluies, le ruissellement transporte des particules organiques dans les cours d'eau, y compris des débris végétaux ou lors de périodes caniculaires lorsque le niveau de l'eau est moindre. L'érosion des sols, surtout dans les zones agricoles, augmente la charge en matière organique. Les restes de plantes et d'animaux morts, ainsi que les excréments d'organismes vivants, contribuent à la matière organique dans les eaux. Enfin, les micro-organismes tels que les bactéries décomposent la matière organique morte ce qui entraîne la libération de matière organique dissoute.

2.1.2. Origines anthropiques

Les activités humaines ajoutent également de la matière organique dans les eaux à travers les eaux usées domestiques, les effluents industriels, l'agriculture et l'élevage, les décharges, et les activités forestières. Les eaux usées domestiques contiennent des restes alimentaires, des produits de toilette et des excréments humains, riches en matière organique. Les fuites ou les déversements des systèmes d'assainissement, peuvent introduire de grandes quantités de matière organique dans les cours d'eau. Les effluents industriels, notamment les industries agroalimentaires, textiles et papetières rejettent des eaux usées riches en matière organique comme les graisses, huiles, fibres, colorants et produits chimiques organiques. L'agriculture et l'élevage utilisent des fertilisants organiques, des pesticides sur les terres agricoles ce qui peut entraîner le ruissellement de ces substances dans les cours d'eau. Les activités forestières, peuvent accroître l'érosion et le ruissellement, transportant davantage de matière organique vers les cours d'eau et les ressources en eau de façon générale.

2.1.3. Différentes formes de matière organique dans les eaux

La matière organique dans les eaux se présente sous différentes formes, chacune ayant des caractéristiques et des impacts spécifiques sur la qualité de l'eau. Voici les principales formes de matière organique que l'on peut retrouver :

- La matière organique dissoute (MOD) qui comprend des molécules organiques qui sont suffisamment petites pour passer à travers un filtre de 0,45 micromètre. La MOD est généralement composée de :
 - ✓ Acides humiques et fulviques issus de la décomposition de la matière végétale et souvent responsables de la couleur brune ou jaune de l'eau.
 - ✓ Sucres et acides aminés provenant de la dégradation des protéines et des glucides.
 - ✓ Phénols et composés aromatiques pouvant provenir de la dégradation de la lignine et de la cellulose des plantes.
 - ✓ Acides gras et lipides pouvant provenir de la dégradation des matières grasses animales et végétales.

- ✓ Petites molécules organiques, telles que les alcools, les aldéhydes, et les cétones.
- La matière organique particulaire (MOP) qui est constituée de particules de taille supérieure à 0,45 micromètre. Elle inclut :
 - ✓ Débris végétaux comme les fragments de feuilles, de branches, et autres matières végétales.
 - ✓ Débris animaux tels que des restes d'insectes, de poissons, et autres organismes aquatiques.
 - ✓ Particules de sol contenant des matières organiques provenant de l'érosion des sols et du ruissellement.
- La matière organique colloïdale qui est une forme intermédiaire entre la MOD et la MOP. Les colloïdes sont des particules extrêmement fines (de l'ordre du nanomètre à quelques micromètres) en suspension stable dans l'eau. Ils peuvent inclure :
 - ✓ Macromolécules, telles que les protéines, les polysaccharides et les complexes humiques.
 - ✓ Microparticules d'argile qui sont souvent associées à des matières organiques, elles forment des complexes colloïdaux.

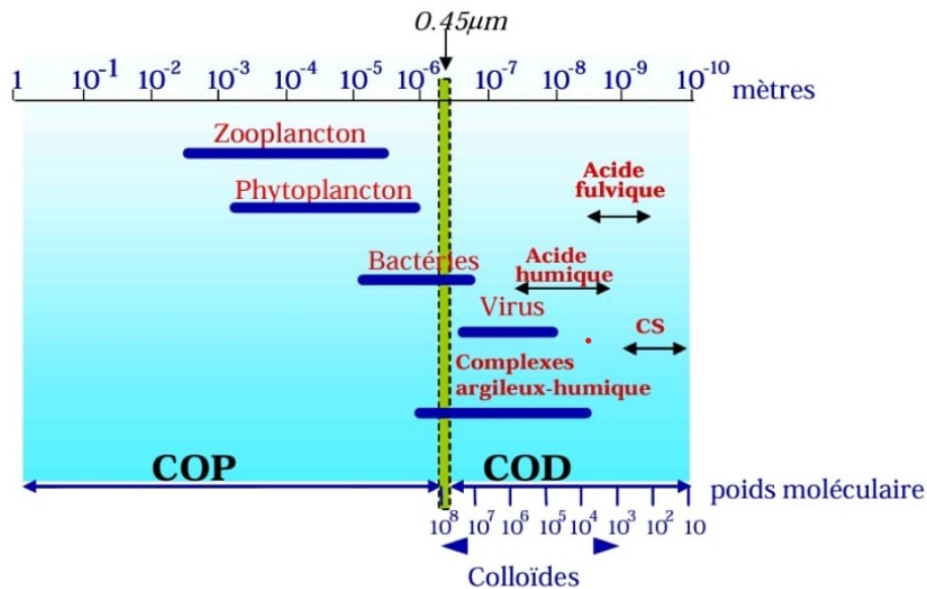


Figure 1 : Distinction par tailles des différents constituants de la MO contenue dans les eaux naturelles [4]

2.2. Traitements

2.2.1. Impacts de la matière organique sur la qualité des eaux distribuées ?

La MO peut influencer sur la qualité de l'eau distribuée :

- Lorsque la matière organique présente dans l'eau réagit avec les désinfectants (comme le chlore), des sous-produits de désinfection (SPD) peuvent se former. Les trihalométhanes (THM) et les acides haloacétiques (AHA) sont des SPD courants qui sont potentiellement nocifs pour la santé.
- Une teneur élevée en MO peut favoriser la croissance des microorganismes dans les réseaux de distribution d'eau potable, ce qui peut conduire à des problèmes de qualité de l'eau, tels que des biofilms et des goûts et odeurs désagréables.

- La matière organique peut interférer avec les processus de coagulation, de filtration et de désinfection. Par exemple, une forte teneur en MO peut nécessiter des doses plus élevées de désinfectants et de produits chimiques de coagulation, augmentant ainsi les coûts de traitement
- Les colloïdes peuvent poser des défis pour les processus de clarification.
- Le rejet d'eaux riches en matière organique dans les milieux aquatiques peut entraîner des phénomènes d'eutrophisation, où la décomposition de la matière organique consomme de l'oxygène dissous, affectant ainsi la faune et la flore aquatiques

Toutes ces raisons expliquent la nécessité de respecter les normes de potabilisation.

2.2.2. Conséquences sur l'exploitation

Les matières organiques (MO) peuvent avoir diverses conséquences sur l'exploitation, notamment en ce qui concerne la formation de sous-produits indésirables et la consommation excessive d'oxydants. Les MO réagissant avec les désinfectants comme le chlore peuvent former des trihalométhanes (THM) et des acides halocéatiques (AHAs), tous deux sont potentiellement nocifs pour la santé humaine à long terme. D'autres sous-produits halogénés et non halogénés peuvent également se former nécessitant une gestion appropriée pour assurer la conformité réglementaire et la sécurité de l'eau potable. De plus, les MO consomment beaucoup d'oxydants, ce qui réduit l'efficacité de la désinfection et augmente le risque de contamination microbiologique. Cela entraîne aussi des coûts supplémentaires pour maintenir les niveaux requis de désinfectants. La MOD ne peut pas être éliminée par simple filtration et demande des traitements spécifiques. Cela découle de sa nature « soluble » ce qui rend le traitement de l'eau plus complexe, nécessitant des étapes supplémentaires pour éliminer ou neutraliser les sous-produits et pouvant interférer avec d'autres processus de traitement, comme la filtration ou la coagulation, réduisant leur efficacité ou en augmentant la consommation de produits chimiques.

2.3. Analyses de la matière organique dans les eaux

2.3.1. Qu'est-ce que le Carbone Organique Total (COT) ?

Le Carbone Organique Total (COT) est une mesure de la quantité totale de carbone présent sous forme organique dans l'eau. Il inclut toutes les formes de matière organique, qu'elles soient dissoutes, colloïdales ou particulaires. Le COT est une mesure clé de la qualité de l'eau, car il reflète la présence de matière organique qui peut avoir diverses origines et effets. Pour une eau de surface, le COT en général est composé de 90% de carbone organique dissous (COD) et de 10% de carbone organique particulaire (COP) (Figure 1).

Le COT est donc une des façons de mesurer la MO en rapportant tout en mg/L de C compte tenu de la diversité des formes de la MO. C'est une sorte de normalisation de la mesure.

2.3.2. Mesure du COT

- La mesure du COT est une des deux méthodes réglementaires d'analyses de la matière organique de l'eau potable (norme AFNOR NF EN 1484, juillet 1997). Le COT mesuré correspond à la teneur en carbone des matières organiques dissoutes et non dissoutes présentes dans l'eau. Il ne donne pas d'indication sur la nature de la substance organique. La teneur en COT est utilisée pour estimer la quantité totale de matières organiques présentes

en solution et en suspension dans une eau. Les méthodes sont basées sur l'oxydation des matières organiques, la concentration en COT étant déterminée en mesurant la quantité de CO_2 produit par la réaction d'oxydation. Trois méthodes d'oxydation sont pratiquées

Oxydation chimique. Plusieurs oxydants peuvent être utilisés, comme le persulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) ou le permanganate de potassium (KMnO_4). L'efficacité d'oxydation est généralement accélérée par une augmentation de la température (oxydation chimique à chaud).

Oxydation thermique. L'oxydation thermique consiste à oxyder le carbone organique dans un four à haute température en présence ou non d'un catalyseur.

Photo-oxydation. Dans cette méthode, la matière organique est oxydée par un rayonnement UV couplé à une oxydation chimique.

Ces trois méthodes sont généralement combinées pour optimiser les rendements :

La détection du CO_2 formé se fait par Infra Rouge (IR). La limite de détection de la méthode est de 0,2 mg/L et la précision de 10 %.

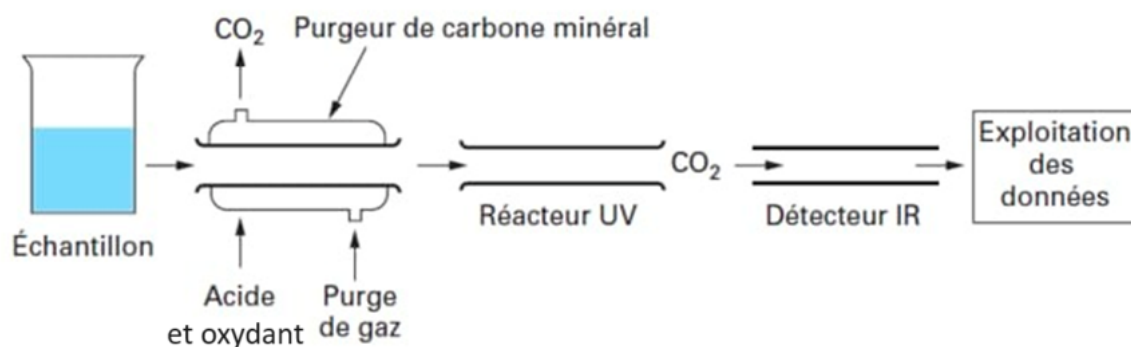


Figure 2 : Principe de mesure du COT ^[2]

- Les mesures d'absorbance sont très courantes en laboratoire et sur le terrain, car l'absorbance à une longueur d'onde donnée est linéairement proportionnelle à la concentration de toutes les substances dans l'eau connues pour absorber la lumière à cette longueur d'onde. La lumière à la longueur d'onde de 254 nm est particulièrement intéressante car il s'agit d'une longueur d'onde qui est très facilement absorbée par la matière organique de l'eau. Étant donné que le paramètre d'absorbance est proportionnel à la concentration de matières organiques dans l'eau, il est simple de déterminer un facteur de corrélation linéaire qui relie le paramètre UV à d'autres paramètres de qualité de l'eau qui fournissent une mesure de la matière organique dans l'eau comme le COT.

- La MO de l'eau peut aussi être estimée par la mesure de la consommation d'oxygène. Dans l'eau, les matières organiques et les matières minérales oxydables sont des substances consommatrices de l'oxygène de l'eau. Par conséquent, on peut quantifier leur teneur dans les eaux au travers de paramètres équivalents à une consommation réelle ou potentielle d'oxygène.

L'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4) en milieu acide est la méthode d'analyse réglementaire pour les eaux brutes destinées à la consommation. Elle a pour but

d'approcher la teneur en matières organiques présente dans l'eau brute en évaluant la quantité d'oxygène utilisée par la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques. Cette analyse consiste en une oxydation chimique à chaud (100°C) en milieu acide pendant 10 min suivi d'un dosage en retour. En théorie, elle permet de mesurer autant la fraction dissoute que la fraction particulaire de la matière organique. En pratique toutefois, il s'avère que cette méthode dose principalement MOD (méthode trop "douce" pour oxyder les matières organiques particulaires). En outre, sa limite est que d'autres substances réductrices peuvent interférer dans la mesure. La valeur limite pour les eaux potables est de 5 mg O₂/l.

2.3.3. Différents traitements de la MO envisageables

Pour réduire le COT lors du traitement de l'eau, diverses technologies peuvent être utilisées :

- **L'oxydation avancée** (ozonation, désinfection UV) qui décompose la MO.
- **La coagulation/floculation** qui après ajout de coagulants, permet de coaguler et d'éliminer par décantation la MO colloïdale et la MOP.
- **Le traitement par charbon actif** (en grain ou en poudre) permettant d'adsorber la MOD et les micropolluants organiques.
- **La filtration** (filtres à sable, membranes ou autres médias filtrants) permettant de retenir les particules organiques.

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des différents processus de traitement de la MO

Processus	Avantages	Inconvénients
Ozonation	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydant à large spectre. - Pas de formation de THM. - Optimise le traitement sur CA. - Élimine des goûts et des odeurs. - Augmente la biodégradabilité de la MO. - Aide à l'élimination des algues. 	<ul style="list-style-type: none"> - N'élimine pas entièrement la MO mais la transforme. - Possibilité de formation d'ions bromate dans des conditions particulières.
UV	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'ajout de produits chimiques. - Pas de formation de THM. - Pas d'action sur la qualité de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Action non rémanente - Coût d'investissement important.
Charbon actif	<ul style="list-style-type: none"> - Adsorption des phénols, hydrocarbures, pesticides et détergents. - Adsorption rapide. - Améliore la décantation. 	

En résumé de cette partie, la mesure du carbone organique total est une mesure essentielle de la qualité de l'eau, reflétant la présence de matière organique de diverses origines. La maîtrise du COT est cruciale pour assurer la sécurité de l'eau potable et pour minimiser la formation de sous-produits de désinfection nocifs. Les techniques de traitement de l'eau doivent être adaptées pour réduire efficacement le COT et garantir une eau de haute qualité pour les consommateurs.

3. Ressource en eau exploitée à l'usine de Solignac

3.1. Description de la ressource

L'usine de traitement d'eau potable de Solignac, dépend de la Briance comme source d'eau. Cette ressource en eau est caractérisée par un régime torrentiel avec des variations importantes du débit.

Le régime torrentiel est défini par des écoulements d'eau rapides et intermittents, souvent associés à des précipitations intenses sur de courtes périodes. Les débits peuvent être très variables selon les saisons, avec des pics pendant les saisons pluvieuses. Dans un contexte de production d'eau potable, cela signifie que la Briance connaît des fluctuations rapides et importantes en termes de débit ce qui peut affecter la qualité de l'eau brute.

L'usine, localisée dans la région du Limousin en France, repose dans un environnement où le sol est principalement formé sur du granite. Ce type de roche, à la fois robuste et imperméable, caractérise la région limousine, limitant ainsi la présence de nappes phréatiques. En conséquence, les sources d'eau utilisées sont principalement des eaux superficielles. De plus, en raison de la faible capacité d'infiltration de l'eau à travers ce type de sol et la nature des roches, la dissolution des minéraux est relativement limitée. En conséquence, les eaux dans ce contexte géologique présentent une faible minéralisation, et un caractère agressif.

Les activités humaines le long de la Briance et dans son bassin versant amont sont principalement axées sur une zone agricole extensive. Les terres agricoles riveraines de la rivière sont principalement dédiées à la culture, ainsi qu'à l'élevage dans de nombreuses prairies. Cela implique souvent l'utilisation d'engrais et de pesticides, susceptibles d'affecter la qualité de l'eau.

3.2. Qualité physico-chimique de la ressource et paramètres devant être corrigés pour respecter les normes de potabilisation

La composition de l'eau brute et ses variations conditionnent en grande partie le choix de la filière de traitement.

La Briance étant un cours d'eau, la qualité et les paramètres physico-chimiques tels que la température, la turbidité et la matière organique de cette ressource sont très variables. Ils sont influencés par les conditions météorologiques, les saisons et les contaminations.

Le tableau ci-dessous (Tableau 1) regroupent les résultats des analyses faites sur l'eau brute et comparent certains paramètres avec les données de référence du Décret n°2022-1720 du 29 décembre 2022. Les limites de qualité définissent les concentrations maximales admissibles pour chacun des paramètres. Les références de qualité sont des "signaux d'alarme" du fonctionnement des installations et des risques.

Tableau 2 : Évolution saisonnière sur l'eau brute de l'année 2021 :

Paramètres	Saisons					Règlementation
	Hiver	Printemps	Été	Automne	Pic	Limite de qualité
Turbidité (NTU)	19,4	12,2	5,7	7,2	21,0	-
TAC (°f)	2,4	3,6	4,5	3,9	-	-
Fer (mg/L)	462	694,7	1108,7	762,3	1720,0	-
Manganèse (mg/L)	23,9	35,6	104,3	48,7	218,2	-
Pesticides (ESA-Métolachlore) (µg/L)	0,08	0,08	0,04	0,08	0,11	0,1 µg/L
COT (mg/L)	4,4	4,5	4,2	3,4	10,3	10 mg/L

Tableau 3 : Variations saisonnières des précipitations à Limoges Bellegarde et du débit de La Briance à Condat-sur-Vienne pour l'année 2021

Paramètres	Saisons				
	Hiver	Printemps	Été	Automne	Pic
Précipitations cumulées(mm)	280,3	287,8	223,7	219,9	-
Débit moyen (m ³ /s)	15	8,1	2,8	8,7	-

Sources : Climatologie de l'année 2021 à Limoges-Bellegarde - Infoclimat
<https://www.hydro.eaufrance.fr/>

L'eau est caractérisée par une turbidité moyenne de 11,2 NTU. On note des pics ponctuels à plus de 20 NTU lors de périodes de précipitations et de débit importants.

Les analyses du titre alcalimétrique complet montrent une minéralisation faible, l'eau est agressive. Ce qui impose une reminéralisation de l'eau. L'eau traitée doit aboutir à une alcalinité proche de 8 °f, tout comme le pH et la dureté.

Le fer et le manganèse sont présents dans la ressource à des taux dépassant largement la norme de référence de qualité de l'eau traitée (0,2 mg/L pour le fer et 0,05 mg/L pour le manganèse) notamment lors des périodes de faible débit. Ils peuvent altérer les paramètres organoleptiques (la couleur, l'odeur et le goût de l'eau). Leur accumulation dans les canalisations et les équipements de distribution d'eau peut entraîner des obstructions et des dommages.

La présence de l'ESA-métolachlore est noté dans la ressource pouvant dépasser la limite de qualité (de 0,1 µg/L). C'est un herbicide, correspondant au métabolite du métolachlore. Les analyses laissent penser que la concentration maximale de ce composé peut-être largement supérieur à 0,11 µg/L. Ce pesticide est classé comme non-pertinent en 2021 car aucun expert n'a pu se prononcer au sujet de ce composé et cela signifiait que de nombreuses eaux étaient

considérées comme non potable au-dessus de 0,1 µg/L. L'agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) a soumis cette année-là, une nouvelle limite de qualité à 0,9 µg/L. Des études sont encore en cours au sujet des effets néfastes de ce contaminant.

L'eau est caractérisée par une teneur notable en matières organiques. La valeur moyenne sur l'année 2021 est de 4,1 mg/L en COT avec quelques pics supérieurs à 10 mg/L (limite de qualité) notamment lors de fortes pluies. Il est donc nécessaire de corriger ce paramètre.

En résumé l'eau de la Briance, est faiblement minéralisée, moyennement turbide, chargée en matières organiques et contiens des produits phytosanitaires. Elle peut présenter des variations journalières (différence de température, d'ensoleillement), saisonnières : variations climatiques (températures, précipitations, fonte des neiges), de végétation (chute de feuille) ou aléatoires : pluies soudaines, orages, pollutions accidentelles. Enfin à certaine période de l'année, on note des épisodes de bloom algal de type cyanophycées, qui pourraient engendrer la présence de toxines et de mauvais goûts. Il est crucial d'étudier les solutions et les étapes requises pour traiter chaque paramètre dégradant la ressource. Il est également important de déterminer si ces paramètres persistent dans l'eau traitée. Pour la suite, ce travail ne portera que sur les matières organiques et l'étude de leur abattement.

4. Présentation de l'ancienne usine

Lors de la conception d'une filière de traitement, plusieurs facteurs influent le choix de cette filière :

- Tout d'abord, la qualité initiale de l'eau brute et ses variations dans le temps,
- Ensuite, il est primordial d'atteindre les objectifs de qualité et de sécurité pour l'eau traitée, en assurant sa fiabilité,
- De plus, la flexibilité de la filière pour s'adapter à d'éventuelles évolutions de la qualité de la ressource ou des normes en matière d'eau potable est nécessaire.

4.1. Présentation générale

La station de Solignac est située dans le Sud de la Haute-Vienne dont l'exploitation est confiée par convention de délégation de service public. Cette délégation s'exerce via une société dédiée de SAUR : le Service des Eaux 3 Rivières (SE3R).

Tableau 4 : Descriptif de l'ancienne usine

Constructeur	STEREAU
Année de construction	1993
Rénovation	En cours, depuis mars 2022 par la société SUEZ Coût : 7 000 000 €
Propriétaire	Syndicat Vienne Briance Gorre
Capacité nominale	250 m ³ /h
Population alimentée	Environ 36 000 habitants
Exploitant	SE3R (SAUR)
Prix de l'eau	Entre 2€ et 2,30€

Les critères de dimensionnement des installations sont les suivants :

Tableau 5 : Dimensionnement des installations de l'ancienne usine

	Unité	Valeur
Débit horaire d'eau brute	m ³ /h	250
Débit horaire d'eau traitée	m ³ /h	236
Temps de fonctionnement journalier	h/j	14
Débit journalier d'eau traitée	m ³ /j	3304

4.2. Filière de traitement

Le traitement de l'eau de la station est résumé dans le synoptique suivant (Figure 3) :

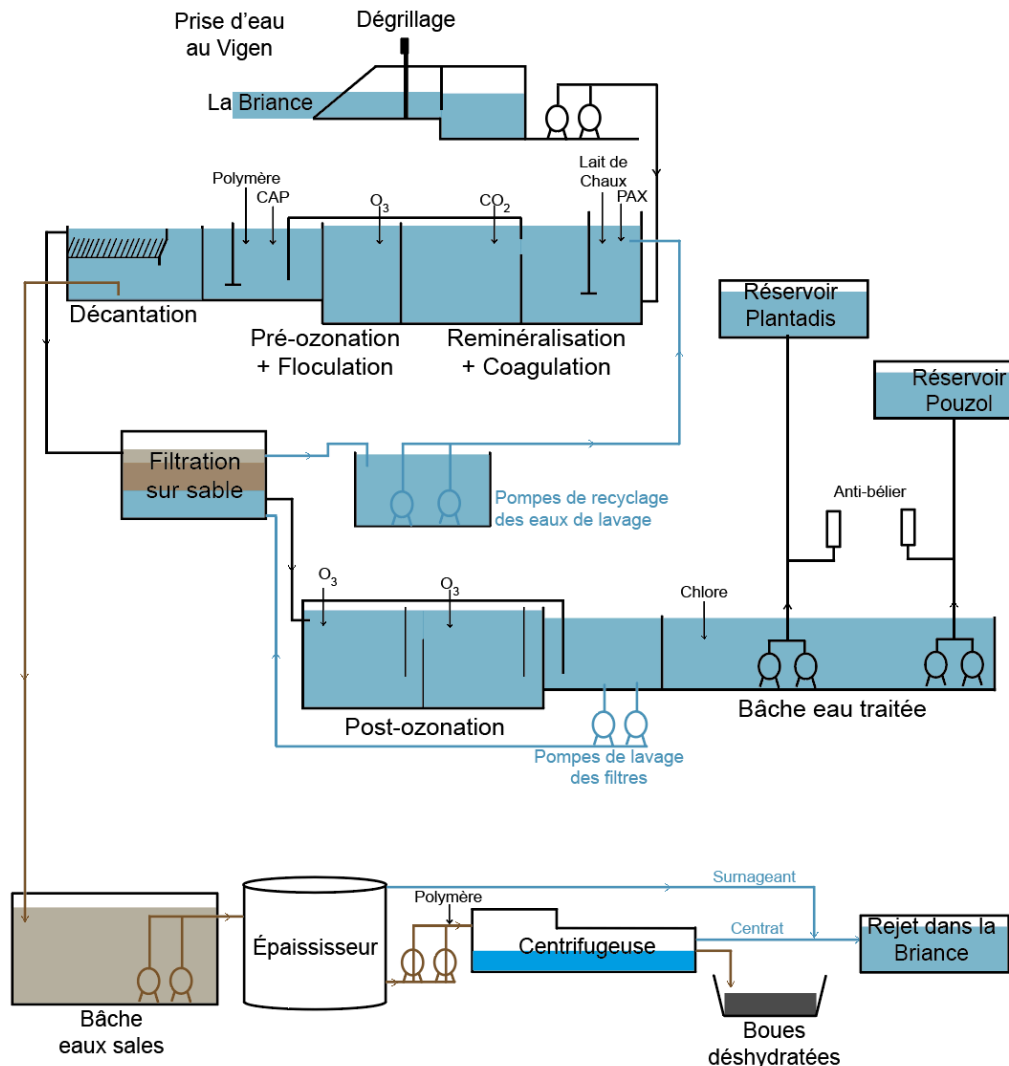


Figure 3 : Synoptique de l'ancienne usine

En 1993, l'élimination des matières organiques se fait essentiellement lors de l'étape de clarification. Au cours de son cheminement, l'eau va donc subir :

- Une pré-ozonation : L'ozone, qui est un puissant agent oxydant, est produit à partir de l'air ambiant et injecté dans l'eau. Cette étape permet l'oxydation des matières organiques, du fer et du manganèse, des pesticides et des produits pharmaceutiques. L'ozone réduit également les odeurs et les goûts désagréables, tout en favorisant les processus de coagulation et de floculation en déstabilisant les particules en suspension.
- Un coagulation/floculation qui va permettre d'éliminer les particules colloïdales et améliorer l'efficacité de l'élimination des MO.
 - Lors de la coagulation, l'injection de PAX déstabilise les particules colloïdales en neutralisant leurs charges. Ce processus prépare les particules pour l'étape suivante en facilitant leur agglomération.

- La floculation qui suit consiste à ajouter un polymère pour favoriser l'agglomération des particules en floccs plus gros.
- Lors de la décantation, ces floccs sont ensuite retenus dans le décanteur lamellaire à nids d'abeilles. Grâce à la décantation la MOD est en grande partie éliminée.
- Deux filtres à sable capturent les particules restantes après coagulation/floculation et décantation.
- Lors de la post-ozonation, une seconde injection d'ozone est réalisée pour traiter toute MO qui pourrait être persistante après la filtration.

Depuis 2013, du CAP est également utilisé pendant la décantation pour adsorber la MOD et quelques micropolluants organiques.

Les caractéristiques (volumes, temps de contact, ...) sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Caractéristiques des principaux ouvrages de l'ancienne usine

Ouvrages	Caractéristiques
Dégrillage	Automatique à mailles 5mm
Tour de minéralisation au CO ₂ et à la chaux	Volume = 6,3 m ³ Temps de contact = 1 minute 30
Générateur d'ozone	720 g/h
Tour de pré-ozonation	Volume = 12,5 m ³ Temps de contact = 4 minutes
Floculateur à agitation lente	Volume = 83 m ³ Temps de contact = 20 minutes
Décanteur lamellaire (en nid d'abeilles)	Volume = 250 m ³
2 filtres à sable	Surface = 20,8 m ² chacun Vitesse de filtration = 6 m/h
Citerne d'eau traitée	Volume = 500 m ³
Pompes de reprises de 250 m ³ /h	2 pour le réservoir de Plantadis à 25 bars 2 pour le réservoir de Pouzol à 14 bars
Épaississeur à boues	Volume = 350 m ³

Sur l'année 2021, les taux de traitements des différents réactifs employés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Taux de traitement des différents réactifs utilisés pour l'année 2021 dans l'ancienne usine

Ouvrages	Réactifs employés	Taux de traitement (g/m ³)	Paramètres corrigés
Oxydation	Ozone	15	Algues, Fer et manganèse, MO
Reminéralisation	CO ₂	82,8	Équilibre calcocarbonique
	Chaux	56	
Coagulation	PAX	107,8	Colloïdes (MO)
Adsorption	CAP	9	MOD + micropolluants + paramètres organoleptiques
Floculation	Polymère	0,14	Colloïdes (MO)
Désinfection	Chlore	1,4	Micropolluants

L'usine est équipée du matériel HACH, spécialisé dans la mesure et l'analyse en continu des paramètres de l'eau. Les instruments HACH surveillent des éléments essentiels comme le pH, la turbidité et le chlore résiduel, à l'aide de sondes. Ces sondes sont installées directement dans le flux d'eau pour une surveillance constante, permettant d'assurer en temps réel le contrôle de la qualité de l'eau à différentes étapes du processus de traitement.

Les analyseurs sont connectés à un système de contrôle central qui peut collecter et analyser les données en temps réel. Ces systèmes sont souvent dotés de logiciels permettant d'alerter les opérateurs en cas de dépassement des seuils critiques.

4.3. Le traitement de la matière organique

Actuellement le COT est mesuré par spectroscopie UV-visible qui est une méthode optique permettant la quantification des matières organiques en solution, en se basant sur la capacité de certaines molécules à absorber les rayonnements UV.

La relation entre l'absorbance UV et le COT varie significativement suivant les types d'effluents. Ainsi des mesures régulières de COT en laboratoire doivent être faites pour valider le ratio COT/UV.

Les mesures sont effectuées :

- Tous les 2 jours (analyse terrain par l'exploitant),
- Mensuellement par 2 laboratoires d'analyses : le laboratoire CARSO (surveillance de la SAUR) et le laboratoire QUALYSE (contrôle sanitaire ARS).

Le graphique (Annexe 1) ci-dessous regroupe les résultats des analyses du COT faites sur l'eau traitée pour l'année 2021 et compare ce paramètre avec les données de référence du Décret n°2022-1720 du 29 décembre 2022.

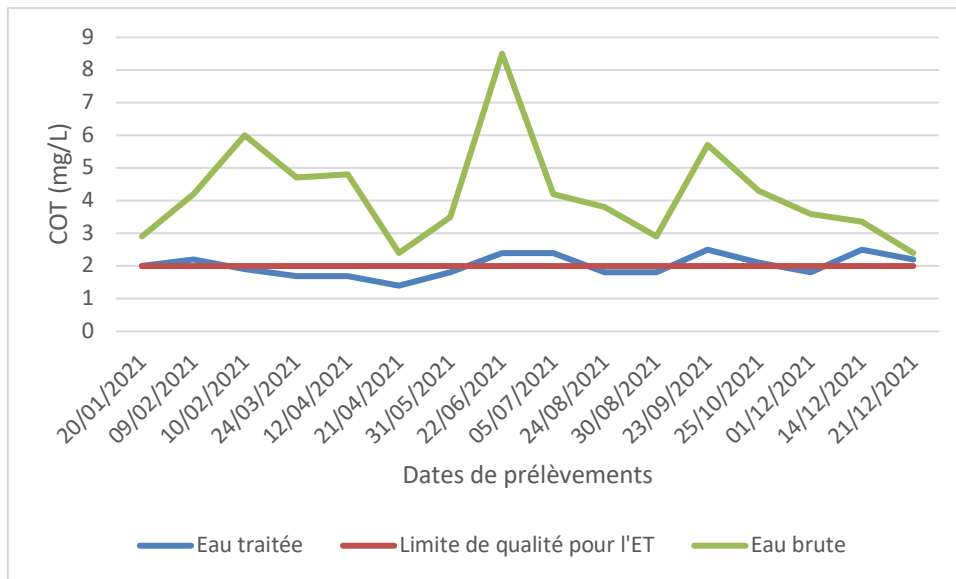


Figure 4 : Évolution du COT dans l'eau brute et dans l'eau traitée dans l'ancienne usine pour l'année 2021

La figure 4 présente l'efficacité de l'ancienne usine vis-à-vis de l'élimination du COT sur une période d'un an. Ce suivi prend en compte les variations saisonnières, les pics de COT, et l'efficacité générale du traitement par rapport à une référence de qualité fixée à 2 mg/L.

Les données sur l'eau traitée montrent une efficacité partielle de l'ancienne filière à respecter la norme de potabilisation vis-à-vis du COT. Une moyenne annuelle de 1,98 mg/L est observée très proche de la référence de qualité avec de nombreux dépassements au cours de l'année. Ces fluctuations correspondent aux périodes de régime torrentiel du cours d'eau, qui apportent une charge organique accrue difficile à traiter. Cela souligne la nécessité d'utiliser des techniques de traitement plus avancées et plus efficaces pour éliminer ou réduire au maximum le COT. Ces observations serviront de base pour évaluer l'efficacité et les améliorations apportées par la nouvelle usine en cours de réhabilitation.

En conclusion, il est notable que des mesures de réhabilitation de l'usine sont nécessaires pour faire face aux défis rencontrés. Notamment, une attention particulière doit être portée à renforcer les processus d'élimination du COT et réduire la turbidité de manière efficace. Ces actions de réhabilitation sont essentielles pour garantir la qualité de l'eau potable fournie aux consommateurs et maintenir la sécurité et la santé publique.

5. Présentation de la nouvelle usine

5.1. Présentation générale

La clarification ne peut plus être l'unique étape dans une filière de complexité croissante ; en effet la qualité des eaux brutes s'est progressivement dégradée, de nouvelles méthodes d'analyses permettent de mettre en évidence des polluants tels que les THM, enfin, les normes impliquent une eau de grande stabilité qui n'évolue pas dans le réseau de distribution.

Les travaux de réhabilitation ont donc débuté courant 2021 pour un début de fonctionnement prévu au 1^{er} juillet 2024.

Des premiers résultats d'analyse terrain sont obtenus depuis le mois de mai, l'usine est en fonctionnement dans sa globalité depuis le mois de juillet avec quelques adaptations de taux de traitement sur ce mois.

La nouvelle usine a été raccordée uniquement au réservoir de Pouzol le 1^{er} août 2024, des complications ayant reporté le raccordement du réservoir de Plantadis que seule l'ancienne usine de Solignac approvisionne en eau.

Les critères de dimensionnement des installations sont les suivants :

Tableau 8 : Dimensionnement des installations de la nouvelle usine

	Unité	Valeur usine terminée (pompage exhaure)	Valeur usine terminée (gravitaire)	Valeur usine mois d'août
Débit horaire d'eau brute	m ³ /h	250	210	200
Débit horaire d'eau traitée	m ³ /h	236	200	180
Temps de fonctionnement journalier	h/j	22	22	6
Débit journalier d'eau traitée	m ³ /j	5 192	4 400	1 080

Par rapport à l'ancienne usine, seul le temps de fonctionnement journalier est modifié ce qui entraîne la possibilité d'une quantité quotidienne d'eau traitée plus importante.

5.2. Filière de traitement

Le traitement de l'eau de la nouvelle station est résumé dans le synoptique (Figure 5) suivant :

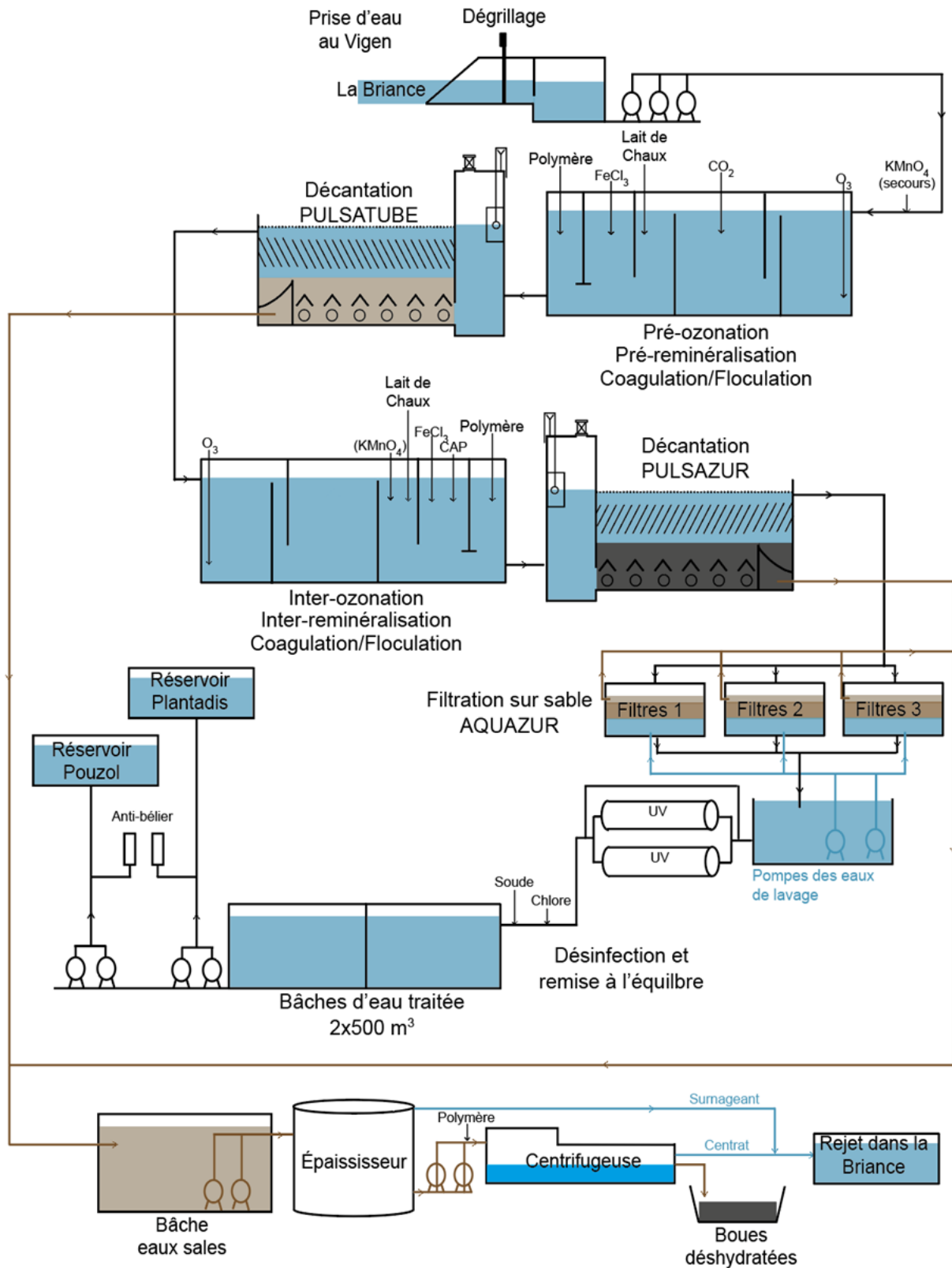


Figure 5 : Synoptique de la nouvelle usine

Il a été choisi de mettre en place deux étages de clarification/décantation. Les décanteurs sont des décanteurs lamellaires, le premier à lit de boue (Pulsatube), le second a lit de charbon actif en poudre pulsé (Pulsazur).

Cette double étape de clarification permet une élimination plus efficace des matières organiques, à la fois dissoutes et particulaires. Le premier décanteur élimine principalement les matières en suspension, tandis que le deuxième décanteur, équipé du CAP, renforce l'élimination des matières organiques dissoutes (MOD) par adsorption.

- Premier étage :

La 1^{ère} clarification vise à abattre la turbidité et la plus grande partie du COT en éliminant la fraction « floculable » des matières organiques (MOP et MO colloïdales, en particulier la plupart des acides humiques responsables de la couleur). A cet effet, l'ancien coagulant (PAX) a été remplacé par le chlorure ferrique. $FeCl_3$, avec ses ions Fe^{3+} trivalents, forme des floccs plus denses et plus stables que le PAX, favorisant une meilleure clarification. Il est également plus robuste face aux variations de pH et excelle dans l'élimination des matières organiques, des phosphates et des métaux lourds, ce qui le rend particulièrement adapté à des conditions d'eau plus complexes. Cependant, il peut nécessiter une correction du pH en raison de son impact sur l'alcalinité. Il a tendance à abattre facilement le TAC, ce qui engendre des taux de traitement de certains réactifs (chaux ou soude) parfois plus conséquents qu'en utilisant le PAX comme coagulant.

Le Pulsatube (Figure 6) permet de clarifier l'eau et par conséquent d'éliminer la MO.

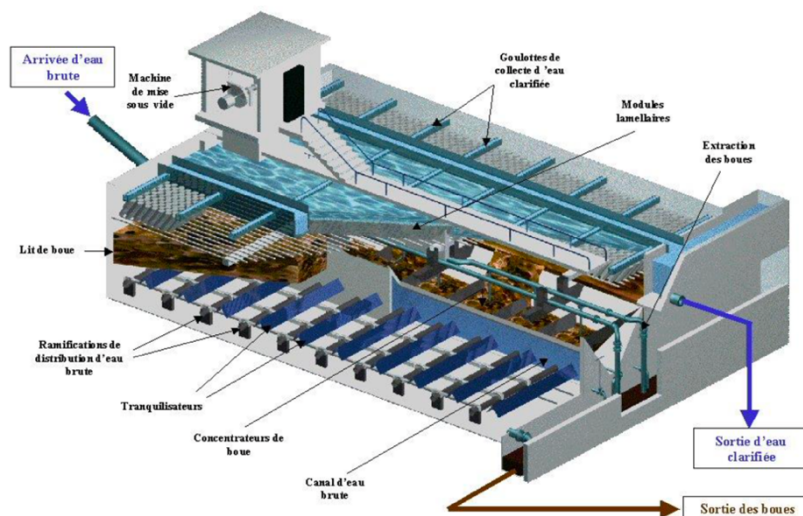


Figure 6 : Principe de fonctionnement du Pulsatube [3]

- Deuxième étage :

Le Pulsazur est un appareil de traitement des eaux qui permet de réaliser l'optimisation de l'adsorption sur CAP, en aval d'une étape de décantation. Lors de cette étape les MOD résiduelles et les micropolluants seront adsorbés. Ce réacteur d'adsorption sur CAP met en série un second étage de clarification de la matière organique et ainsi optimisera la qualité de l'eau. Le coagulant permet aussi d'éliminer les fines particules de CAP et éviter ainsi les fuites sur l'étage aval.

La mise en œuvre de ce réacteur dans la filière permettra d'abattre aussi les quelques pesticides présents dans l'eau.

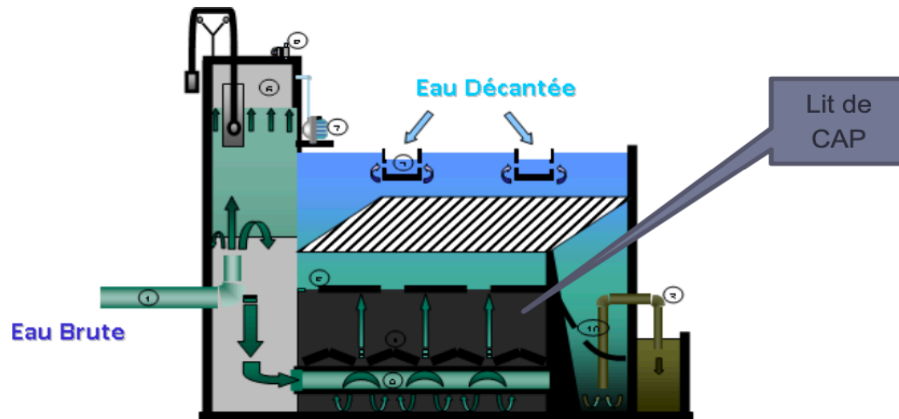


Figure 7 : Principe de fonctionnement du Pulsazur [3]

D'autres étapes interviennent dans la filière :

- Oxydation
 - L'ozone ne sera injecté qu'en cas de situation dégradée. En pré-ozonation, cela favorisera la coagulation en décomposant la MO en composés moins résistants à la coagulation. En ozonation intermédiaire, l'oxydation préalable des MOD peut transformer ces composés réfractaires en produits plus adsorbables par le CAP.
 - Le permanganate de potassium sera utilisé en secours de l'ozone ou en cas de by-pass du deuxième étage et en présence de manganèse.
- Reminéralisation
 - La pré-reminéralisation permet d'assurer un pH bas (5,8) de manière à favoriser la coagulation. Un pH optimal permet aux coagulants de fonctionner efficacement, favorisant la formation de floccs stables qui peuvent être facilement éliminés par décaantation.
 - L'inter-reminéralisation va réhausser le pH afin qu'il soit à l'équilibre calco-carbonique en fin de traitement. Elle vise aussi à ajuster la composition minérale de l'eau.
- Filtration :
 - Le nombre de filtres à sable a été porté à trois. Cette augmentation de la capacité de filtration permet de mieux répartir la charge de traitement sur les filtres, réduisant ainsi la pression exercée sur chacun d'eux. En conséquence, l'efficacité de rétention des matières organiques particulières est améliorée, contribuant à une meilleure qualité de l'eau.

En fin de traitement, le pH est ajusté par l'injection de soude, après une désinfection par réacteur UV, qui permet de limiter l'utilisation excessive de chlore pour des raisons économiques. Enfin, du chlore est ajouté pour assurer la désinfection et maintenir un effet rémanent jusqu'à la distribution au robinet du consommateur.

L'adoption de ces technologies telles que le changement de coagulant et une étape plus poussée de la clarification avec deux différents décaanteurs en série devrait permettre de traiter plus efficacement les contaminants présents dans l'eau brute, tels que les pesticides et les matières organiques. Ces technologies offrent des possibilités de traitement sûrement plus

efficaces et pourraient garantir une eau potable de qualité, tout en renforçant la résilience de l'usine face aux évènements climatiques.

Les caractéristiques des nouveaux ouvrages sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Caractéristiques des principaux ouvrages de la nouvelle usine

Ouvrages	Caractéristiques
Dégrillage	Automatique à mailles 5mm
Tour de pré-reminéralisation au CO ₂ et à la chaux	Volume = 11 m ³ Temps de contact = 2,6 minutes
Générateur d'ozone	720 g/h
Tour de pré-ozonation (en situation dégradée)	Volume = 16,5 m ³ Temps de contact = 4 minutes
Coagulation (FeCl ₃) - floculation	Volume = 17 m ³ Temps de contact = 4,1 minutes
Décanteur PULSATUBE	Volume = 250 m ³ Temps de floculation = 27,2 min
Inter-ozonation (en situation dégradée)	Volume = 16,5 m ³ Temps de contact = 4 minutes
Inter-reminéralisation au CO ₂	Volume = 12,5 m ³ Temps de contact = 3 minutes
Inter-reminéralisation à la chaux	Volume = 16,5 m ³ Temps de contact = 4 minutes
Coagulation- floculation et injection de CAP	Volume = 10,5 m ³ Temps de contact = 2,5 minutes
Réacteur à charbon actif PULSAZUR	Volume = 113 m ³ Temps de floculation = 27,2 min
3 filtres à sable	Surface = 16,4 m ² chacun Vitesse de filtration = 5,1 m/h
2 citernes d'eau traitée	Volume = 500 m ³ chacune
Pompes de reprises de 250 m ³ /h	2 pour le réservoir de Plantadis à 25 bars 2 pour le réservoir de Pouzol à 14 bars
Épaississeur à boues	Volume = 350 m ³

Contrairement à l'ancienne usine, la gestion de l'usine se fait via un programme automate piloté par le logiciel de supervision TOPKAPI, tout en conservant l'instrumentation HACH (Figure 17) pour l'analyse continue (pH, température, turbidité, chlore libre, absorbance UV) avec du matériel neuf.

L'intégration des analyseurs en continu HACH avec le logiciel de supervision TOPKAPI permet une gestion automatisée et en temps réel de l'usine. Les sondes HACH, installées directement dans les flux d'eau, surveillent en continu des paramètres critiques. Ces données sont transmises à TOPKAPI, qui centralise la supervision et permet à l'exploitant de visualiser l'état des équipements et d'agir à distance. Grâce à l'automatisation des processus, TOPKAPI ajuste automatiquement les traitements en fonction des analyses pour optimiser la consommation de réactifs et d'énergie. Cette technologie améliore l'efficacité opérationnelle, réduit les interventions manuelles et garantit une qualité d'eau conforme aux normes en temps réel.

Les taux de traitements de tous les réactifs sont automatiquement adaptés en fonction des résultats d'analyse des différents paramètres de l'eau brute. Cette technologie devrait permettre de diminuer la consommation des réactifs et la consommation énergétique ainsi que de libérer du temps pour les exploitants.

Sur le mois d'août 2024, les taux de traitements des différents réactifs employés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Taux de traitement des différents réactifs utilisés pour le mois d'août 2024 dans la nouvelle usine

Traitement	Réactifs employés	Taux de traitement (g/m ³)	Paramètres corrigés
Oxydation	Ozone	0	Algues, Fer et Mn, MO
	KMnO ₄	Secours	Manganèse, algues et MO
Reminéralisation	CO ₂	32,2	Équilibre calcocarbonique
	Chaux	43,7	
Coagulation	FeCl ₃	43	Colloïdes (MO)
Adsorption Pulsazur	CAP	4,9	MOD + micropolluants + paramètres organoleptiques
Floculation	Polymère	0,25	Colloïdes (MO)
Désinfection	Chlore	1,3	Micropolluants
Neutralisation	Soude	3,6	Ajustement final du pH

5.3. Le traitement de la matière organique

Les résultats des analyses de COT (Annexe 2) pour les deux premières semaines d'août sont regroupés dans le graphe suivant :

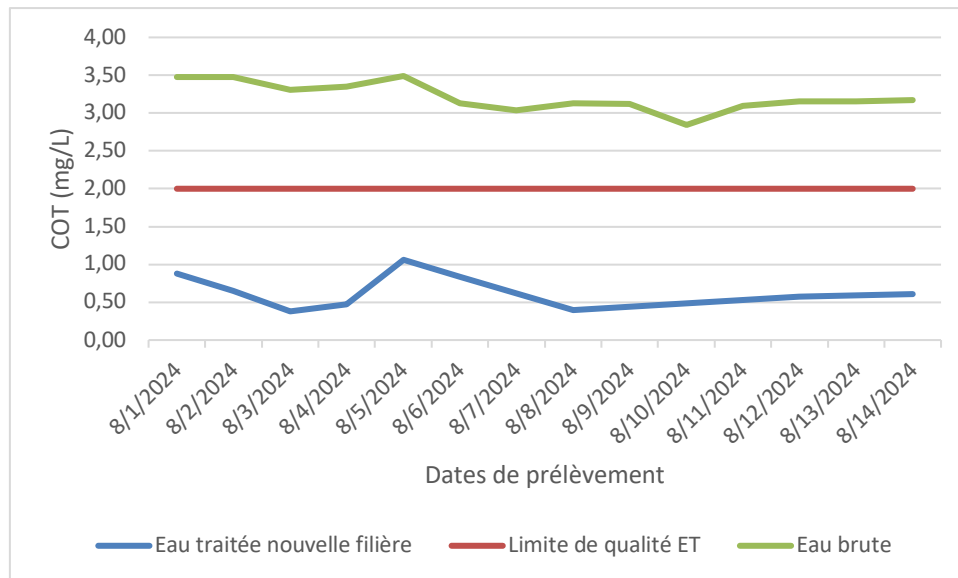


Figure 8 : Évolution du COT dans l'eau brute et dans l'eau traitée pour août 2024 dans la nouvelle usine

Les résultats obtenus par mesure de l'absorbance UV sont très satisfaisants puisque les valeurs ne dépassent jamais la limite de qualité de 2 mg/L pour une teneur moyenne en COT dans l'eau brute de 4,2 mg/L. Elles sont même en dessous de la valeur de 1,5 mg/L fixée dans les objectifs de SUEZ lors de la livraison de la nouvelle filière. Les objectifs attendus en ce qui concerne la présence de COT dans l'eau distribuée semblent donc atteints.

En conséquence, la qualité de l'eau potable fournie aux consommateurs devrait être améliorée, ce qui contribuera à maintenir la sécurité et la santé publique.

6. Comparaison des deux filières

S'il est maintenant évident que, sur les deux premières semaines d'août, le traitement du COT est très satisfaisant dans la nouvelle usine, il est important de comparer aussi les résultats des autres analyses ainsi que les taux de traitement et le bilan énergétique avec ceux de l'ancienne usine sur la même période. Bien évidemment, ces résultats devront être vérifiés dans différentes conditions et sur des périodes plus longues.

L'ancienne usine étant toujours en fonctionnement pour alimenter le réservoir de Plantadis, les comparaisons se feront sur les 15 premiers jours d'août.

6.1. Comparaison des résultats d'analyses

Le tableau suivant montre les résultats des analyses effectuées sur l'eau traitée de quelques paramètres pour les deux usines.

Tableau 11 : Comparatif des résultats d'analyses de quelques paramètres de l'eau traitée

Paramètres	Eau brute	Eau traitée ancienne usine	Eau traitée nouvelle usine	Référence de qualité	Limite de qualité
pH	7,21	7,92	8,16	-	-
Turbidité (NTU)	3,09	0,22	0,23	-	-
TAC (°f)	4,25	8,85	8,2	0,5	1
COT (mg/L)	4,2	2,3	0,7	2	-
Fer (mg/L)	0,52	<0,05	0,04	0,2	-
Manganèse (mg/L)	0,17	<0,02	0,01	0,05	-
Pesticides (µg/L)	0,052	0,04	<0,02	-	0,1

On remarque que les résultats pour la turbidité, le fer et le manganèse sont sensiblement les mêmes et sont en dessous des valeurs de référence de qualité.

En revanche, on peut noter :

- ✓ Une diminution significative du COT dans la nouvelle usine et donc des matières organiques ce qui implique moins de risque de formations de sous-produits de désinfection comme les THM.
- ✓ Des résultats pour le pH et le TAC plus proches de ceux d'une eau à l'équilibre calco-carbonique. De plus le pH est légèrement plus élevé que le pH à saturation qui est de 8,05 ce qui donne un caractère légèrement entartrant à l'eau distribuée

protégeant ainsi les canalisations du réseau de distribution et par conséquent la santé des consommateurs.

On peut donc déduire que la minéralisation de l'eau est mieux maîtrisée dans la nouvelle usine.

Il est donc clair, que lorsqu'on compare les résultats des analyses de l'eau traitée, la nouvelle usine remplit tous les objectifs fixés permettant la distribution d'une eau préservant la santé des consommateurs.

6.2. Comparaison financière

Il semble judicieux de comparer les coûts en réactifs et en énergie des deux usines.

- Consommation en réactifs

Le logiciel « supervision » permettant d'adapter les quantités de réactifs en fonction des paramètres de l'eau brute, les taux de traitements devraient être inférieurs dans la nouvelle usine.

Tableau 12 : Comparaison des taux de traitement des réactifs utilisés dans les deux usines

Réactifs employés	Taux de traitement ancienne usine (g/m ³)	Taux de traitement nouvelle usine (g/m ³)
Ozone	15	0
KMnO ₄	-	Secours
CO ₂	40	32,2
Chaux	35	43,7
Coagulant	75	43
CAP	8	4,9
Polymère	0,1	0,25
Chlore	1	1,3
Soude	60	3,6

Les taux de traitement sont effectivement moins élevés dans la nouvelle filière, excepté pour la chaux et le polymère. Ceci s'explique par la présence de l'inter-reminéralisation consommatrice de chaux et de la double coagulation/floculation, consommatrice de polymère et de coagulant. Cependant le nouveau coagulant (FeCl₃) dont l'efficacité est plus grande que le PAX voit son taux de traitement nettement diminué.

On peut donc estimer, sur cette période, un bénéfice d'environ 40 € pour 1000 m³ d'eau brute traitée mais là encore, on ne peut pas généraliser ce bénéfice à l'année car les consommations en réactifs sont susceptibles de varier en fonction de la qualité de l'eau brute.

- Consommation énergétique

Tableau 13 : Comparaison des consommations électriques dans les deux usines entre le 1er et le 15 août 2024

	Ancienne usine	Nouvelle usine
Consommation en kWh	54 698	19 123

Trois principales raisons peuvent expliquer cette forte différence :

- La production d’ozone est fortement consommatrice d’énergie or dans la nouvelle filière, pendant la période considérée, la qualité de l’eau brute n’a pas nécessité d’ozonation.
- Dans la nouvelle usine, l’exhaure est prioritairement gravitaire alors qu’il se fait par pompage dans l’ancienne usine.
- Les filtres de l’ancienne usine sont lavés quotidiennement alors que ceux de la nouvelle ne le sont que tous les trois jours.

Cette différence aurait pour conséquence une baisse de 5 000 € sur la facture d’électricité pour la période considérée, soit environ 350 € pour 1000 m³ d’eau brute traitée. Ici encore, il faudra comparer sur une période plus longue pour avoir des chiffres significatifs.

Conclusion

En conclusion, la réhabilitation de l'usine de production d'eau potable de Solignac était devenue comme une nécessité pour répondre aux enjeux actuels en matière de qualité de l'eau. La problématique initiale, " Pourquoi et comment abattre la teneur en COT de l'eau à l'usine de production d'eau potable de Solignac ?", semble avoir, trouvé sa réponse.

En effet, l'ancienne usine distribuait de l'eau qui parfois avait une teneur en COT dépassant nettement la limite de qualité de 2 mg/L pouvant donc entraîner la formation de sous-produits de désinfection (THM). Sa réhabilitation à travers la mise en place d'une nouvelle filière de traitement a permis d'améliorer significativement ce paramètre. Les résultats sont très encourageants avec des valeurs de COT nettement inférieures à 1,5 mg/L.

L'ajout de deux étages de décanteurs, dont un à lit de CAP, et l'utilisation du chlorure ferrique comme coagulant en remplacement du PAX ont contribué à cette meilleure élimination des matières organiques.

Parallèlement, d'autres paramètres tels le TAC, le pH ou encore la turbidité ont été améliorés.

Sur le plan financier, les coûts en réactifs et en énergie sont également mieux maîtrisés dans la nouvelle usine. Bien que certains réactifs, comme la chaux et le polymère, soient consommés en plus grande quantité en raison de l'ajout d'étapes intermédiaires de reminéralisation et de double coagulation/floculation, l'efficacité accrue du FeCl_3 permet de réduire globalement les taux de traitement. De plus, l'optimisation des processus, tels que la filtration et l'exhaure gravitaire, a permis de réaliser des économies d'énergie significatives.

Il semble donc que les objectifs attendus lors de la mise en place de cette nouvelle usine soient atteints. Toutefois, il convient de rester vigilant et de poursuivre ce travail, l'étude ne portant que sur une courte période lors de laquelle la pluviométrie et le débit de la Briance étaient faibles. Ces bénéfices devront donc être confirmés sur des périodes plus longues et sous différentes conditions d'eau brute pour évaluer pleinement la performance de la nouvelle filière à long terme.

Références bibliographiques

- [1] Légifrance. Arrêté du 30 décembre 2022. Modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321, R. 1321-3, R. 1321-7 et R1321-38 du code de la santé publique.
JORF n°0303 du 31 décembre 2022
Texte n°161
- [2] Légifrance. Décret n°2007-49 du 11 janvier 2007 relatif à la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine.
JORF n°10 du 12 janvier 2007
Texte n°20
- [3] Le Memento Degrémont de Suez
- [4] Petitjean P., Henin O., Gruau G. (2004) Dosage du carbone organique dissous dans les eaux douces naturelles. *Intérêt, Principe, Mise en Œuvre et Précautions Opératoires*, 64 p.,
Cahiers Techniques de Géosciences-Rennes n°3

Annexes

- **Annexe 1** : Résultats des analyses de COT (mg/L) dans l'ancienne usine pour l'année 2021

Dates de prélèvement	Eau traitée	Limite de qualité pour l'ET	Eau brute
20/01/2021	2	2	2,9
09/02/2021	2,2	2	4,2
10/02/2021	1,9	2	6
24/03/2021	1,7	2	4,7
12/04/2021	1,7	2	4,8
21/04/2021	1,4	2	2,4
31/05/2021	1,8	2	3,5
22/06/2021	2,4	2	8,5
05/07/2021	2,4	2	4,2
24/08/2021	1,8	2	3,8
30/08/2021	1,8	2	2,9
23/09/2021	2,5	2	5,7
25/10/2021	2,1	2	4,3
01/12/2021	1,8	2	3,6
14/12/2021	2,5	2	3,36
21/12/2021	2,2	2	2,4

- **Annexe 2** : Résultats des analyses de COT (mg/L) dans la nouvelle usine pour le mois d'août 2024

Dates de prélèvement	Eau traitée	Limite de qualité ET	Eau brute
01/08/2024	0,88	2	3,48
02/08/2024	0,65	2	3,48
03/08/2024	0,38	2	3,31
04/08/2024	0,48	2	3,35
05/08/2024	1,06	2	3,49
06/08/2024	0,83	2	3,13
07/08/2024	0,11	2	3,03
08/08/2024	0,17	2	3,13
09/08/2024	0,02	2	3,12
10/08/2024		2	2,84
11/08/2024		2	3,10
12/08/2024	0,57	2	3,15
13/08/2024		2	3,16
14/08/2024	0,61	2	3,17

Abatement du COT suite à la réhabilitation de l'usine d'eau potable de Solignac

Ce rapport analyse les impacts de la réhabilitation de l'usine de production d'eau potable de Solignac, en apportant une attention particulière aux matières organiques. Cette usine située dans le sud de la Haute-Vienne est alimentée par la Briance dont la qualité est très instable notamment avec des niveaux élevés et variables de matières organiques. Les risques de formation de sous-produits de désinfection sont donc accrus. L'objectif de cette réhabilitation est, entre autres, d'abattre le COT afin de garantir une eau potable conforme aux normes actuelles de sécurité sanitaire.

Mots-clés : Eau potable, réhabilitation, matières organiques, COT

Reduction of TOC following the rehabilitation of the Solignac drinking water plant

This report analyzes the impacts of the rehabilitation of the Solignac drinking water production plant, paying particular attention to organic matter. This factory located in the south of Haute-Vienne is supplied by Briance, the quality of which is very unstable, particularly with high and variable levels of organic matter. The risks of formation of disinfection by-products are therefore increased. The objective of this rehabilitation is, among other things, to reduce TOC in order to guarantee drinking water that complies with current health safety standards.

Keywords : Drinking water, refurbishment, organic matter, TOC

