

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et
d'Hydraulique



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع...../2020

Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème

**Surveillance intelligente de la turbidité dans
l'usine d'eau d'ELKANTARA**

Nom et Prénom de l'étudiant :
Semoud Hadia

Encadreur : Bouziane Mohamed Tewfik

Année universitaire : 2019 – 2020

Remerciements

Je remercie, tout d'abord, mon Dieu qui m'a donné la force et la sagesse pour achever ce modeste travail.

Je tiens particulièrement à remercier et exprimer toute ma gratitude au Pr Bouziane M T, pour son encadrement, pour son aide précieux, pour tous ses efforts et pour les conseils judicieux qu'il m'a donnés.

Je remercie vivement les enseignants du département d'hydraulique.

Je voudrai remercier toute l'équipe du département d'hydraulique, pour leur aide, leur collaboration, leur amitié et les bons moments passés ensemble

Enfin, je rends hommage et j'exprime ma reconnaissance à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère adorée qui a su se montrer patiente et qui n'a jamais cessé de ménager leurs efforts pour que j'atteigne ce niveau.

Mon père

Qu'ils trouvent en ce travail la preuve de tout mon amour et ma tendresse

A mes chers frères : Mohamed , Hamza

A mes chers sœurs :Bochra, Meriem et Ikhlas.

A tous mes amis(es) . A tous ce que j'aime et qui m'aiment

MERCI

Hadia

Introduction Générale.....	
Chapitre I Synthèse bibliographique.....	3
Introduction.....	3
I.1 Ressources en eau.....	3
I.2 Les eaux naturelles et leurs classifications.....	4
I.3 Les eaux souterraines.....	4
I.4 Les eaux de surfaces.....	5
I.5 Les eaux de mer.....	5
I.6 Normes et qualités des eaux potables.....	5
I.7 Procédés de traitement.....	7
Coagulation.....	8
Floculation.....	8
Décantation.....	8
Filtration.....	9
I.II La filtration sur sable.....	9
Historique.....	9
I.II.1 Rôle de la filtration.....	11
I.II.2 Principe de filtration.....	11
I.II.3 Différents types de filtre.....	11
Les filtres lents à sable.....	13
Filtres rapides.....	13
Filtres sous pression.....	13
Filtres à terre diatomée.....	15
Filtration sur charbon activé.....	15
I.II.4 Constitution d'un filtre.....	15
Le fond.....	15
Le gravier support.....	15
Le matériau filtrant.....	15
I.II.5 La nature du milieu Poreux.....	15
I.II.6 Paramètres de sélection d'un milieu filtrant.....	16
I.II.7 Le diamètre effectif et le coefficient d'uniformité.....	16
Le diamètre effectif.....	16
Le coefficient d'uniformité.....	16
Types de matériaux.....	16
Sable.....	16
Le sable concassé.....	16
Le sable roulé.....	16
L'anthracite.....	17
Le charbon.....	17
Le charbon actif.....	17
I.II.8 Mécanisme de la filtration.....	17
I.II.9 Mécanisme de capture.....	17
❖ Tamisage mécanique.....	17
❖ Dépôt sur le matériau.....	17
I.II.10 Mécanisme de fixation.....	17
I.II.11 Mécanisme de détachement.....	17
I.II.12 Hydraulique de la filtration Perte de charge.....	19
I.II.13 La filtration lente sur sable.....	20
➤ Avantage.....	20
➤ Inconvénients.....	20
➤ I.II.14 Lavage à l'air et à l'eau.....	21
Conclusion :	21

Chapitre II. Présentation et structure de la chaîne de production Introduction	
II.1. Présentation de la SARL INDTRAV	23
II.2. Organigramme général de la chaîne de la SARL INDTRAV	24
II.3. Description des formats de bouteilles	25
II.4. Principe de la ligne d'embouteillage	25
Le PET	25
II.5. Convoyeur aéraulique	27
II.6. Sou tireuse.....	28
II.7. Remplisseuse.....	29
II.8. La Bouchonneuse.....	29
II.9. Etiqueteuse.....	30
II.10. Le dateur.....	31
II.11. Fardeleuse.....	31
II.12. Tapis roulant.....	32
II.13. Le palettiseur.....	33
II.14. Banderoleuse.....	33
Conclusion.....	34
Partie pratique :	35
Surveillance intelligente de la turbidité.....	36
Partie pratique : surveillance intelligente de la turbidité.....	36
Introduction :	36
I.1 Description du matériel.....	36
Raspberry Pi3 modèle B.....	36
Spécifications.....	37
Entrée / sortie à usage général (GPIO):	37
Turbidimètre.....	39
Matériel complémentaire.....	40
1) Convertisseur analogique-numérique.....	40
ADS1115	41
2) Montage électrique.....	41
• Planche à pain	42
• Fils de cavalier :	42
• Circuit des résistances	43
I.2 Description des logiciels.....	43
I.3 Langage de programmation.....	44
I.3.1 IDE logiciels	44
• Pycharm7	44
• Android Studio8.....	45
I.3.2 Configuration de la messagerie Cloud Firebase.....	45
I.3.3 Affichage des données historiques.....	47
I.3.4 Interfaces d'application mobile :	48
Interface de connexion.....	48
Interface d'enregistrement	48
Interface de configuration de compte	49
I.4 Résultats et discussions	49
• Environnement de travail.....	49
Vérification de la turbidité.....	51
Conclusion.....	52
1) Vue générale du système.....	53
2)Schéma de communication des données système selon le protocole MQTT...53	
Pseudo-Algorithmes.....	54
Pseudo Algorithme.....	54
Conclusion générale.....	59

Sommaire

Références bibliographiques

Résumé

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Classification des paramètres qui contrôle la qualité de l'eau6

Tableau I.2 : Limites maximales acceptables pour les substances chimiques dans
l'eau.....7

Liste des abréviations

- ONU** : L'Organisation des Nations Unies
OMS : L'Organisation mondiale de la Santé
UNT : Unités Néphélométriques de Turbidité
AFNOR : Association Française de Normalisation.
pH : Potentiel d'hydrogène
MES : Matière en suspension
TE : La taille effective
Cu : Coefficient d'uniformité
MF : Module de finesse
Q : le débit
 ε : la porosité
A : la surface
L : l'épaisseur
DH : La hauteur
TAC : titre alcalimétrique complet
TH : titre hydrotimétrique
T : la température
K : Perméabilité
He : la hauteur d'eau
Hs : la hauteur de sable

Introduction

Générale

La qualité et la sûreté/sécurité des systèmes d'Eau dans la chaîne de production d'eau de la SARL INDTRAV sont essentielles pour la santé publique. Les infrastructures d'eau constituent ainsi une cible possible pour des actes de malveillance, par introduction volontaire d'agents contaminants. Il est donc nécessaire de prévenir toute intrusion dans ces systèmes, et de détecter au plus vite des pollutions, qu'elles soient intentionnelles ou accidentelles. En outre, des Contrôles qualité réguliers et très stricts sont réalisés depuis le captage jusqu'à l'embouteillage.

L'objectif de notre étude est la **mise en place d'un système de contrôle automatisé de la turbidité** basé sur la transparence du liquide qui confirme l'existence d'une relation forte entre la turbidité et le temps de remplacement des filtres amont.

De nos jours, aucune activité économique ne saurait se permettre de négliger la recherche de l'excellence et la réalisation des performances. La Qualité en tant que facteur de réussite sur le marché n'a jamais été autant d'actualité. Elle est déterminante pour amener une entreprise à des niveaux supérieurs et son intégration dans le cadre d'une vision globale et impérieuse, car elle permet d'accroître l'espérance de vie de l'entreprise ; bien plus, sa compétitivité en dépend.

Notre étude concerne une entreprise privée la SARL INDTRAV EL-KANTARA qui a mené une politique de développement basée sur la qualité et a pu avec son laboratoire de qualité des eaux obtenir des résultats très satisfaisants sur le marché.

la SARL INDTRAV EL-KANTARA possède un laboratoire de contrôle équipé de matériel étalonné pour veiller sur la qualité des produits depuis la réception jusqu'aux produits finis afin de fournir un produit micro biologiquement propre au client. Pour cette raison, il est doté depuis sa création d'une salle blanche.

De nos jours, surtout dans les pays les plus développés, les rendements sont optimisés ceci est le résultat de l'approche techno-hydro. Cette approche permet de surveiller avec les moyens technologiques les plus modernes de manière rigoureuse toutes les étapes de la production.

Ainsi pour élaborer une stratégie de contrôle, on doit être équipé d'un système muni de différents capteurs qui permettent à la fois l'acquisition des données, et le contrôle automatique des paramètres de la chaîne de production pour un meilleur suivi en temps réel .

Pour cela nous subdivisons notre étude en deux grandes parties, une partie théorique composée de deux chapitres et l'autre d'application.

Le premier chapitre de la partie théorique est consacré à l'étude bibliographique sur les eaux naturelles, des généralités sur les principales propriétés de l'eau, ainsi on détaille le procédé de filtration sur sable (les mécanismes, hydrauliques de la filtration et les caractéristique physique de lit filtrant (sable));

Dans le second chapitre de la première partie nous présenterons la SARL INDTRAV, sa structure générale et toutes les étapes de production d'eau minérale, pour avoir une idée générale sur cette chaîne de production d'eau minérale dont la nomination est EL-KANTARA.

Dans la partie application nous allons réaliser une centrale de surveillance intelligente permettant d'acquérir les données de la turbidité et de les transmettre vers une plateforme d'affichage.

Cette architecture comporte tous les éléments classiques d'un système à microprocesseur. Notre choix est porté sur Le Raspberry Pi qui présente un ensemble d'avantages dans ce genre d'acquisition et le langage de programmation Python utilisable dans de nombreux contextes et qui s'adapte à tout type d'utilisation grâce à des bibliothèques spécialisées.

Une conclusion générale ainsi que quelques perspectives seront présentées en fin de ce mémoire.

Chapitre I Synthèse bibliographique

Introduction

L'eau potable de bonne qualité est essentielle à la santé. A cet effet, il est indispensable d'avoir une eau saine, car l'eau contaminée par des produits chimiques ou des micro-organismes peuvent nuire à la santé. Cette eau doit répondre à des normes pré- établies qui fixent les concentrations « seuil » à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses et pouvant y être présentes. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) publie, régulièrement, des Directives de qualité pour l'eau de boisson dont de nombreux pays s'inspirent pour élaborer leurs propres normes nationales.

Ces directives représentent une appréciation scientifique des risques sanitaires associés aux substances biologiques et chimiques de l'eau de boisson et de l'efficacité des mesures déployées pour y remédier.

L'OMS recommande aux autorités nationales de prendre en considération les aspects sociaux, économiques et environnementaux en procédant à une évaluation comparative des risques et des avantages lorsqu'ils adaptent ces directives aux normes nationales [3].

L'eau est un bien précieux qui subit diverses pollutions et dégradations : les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés. Les pollutions présentes dans l'eau sont d'origines diverses : industrielle, domestique ou agricole [4].

I.1 Ressources en eau

Elles sont définies comme 'l'offre en eau' de la nature, à comparer aux demandes en eau du point de vue social et économique. Il existe des ressources en eau naturelles renouvelables et des ressources en eau naturelles non renouvelables [5].

Autrement, elles représentent la quantité d'eau de surface ou souterraine disponible à l'échelle mensuelle ou annuelle dans une région et susceptible de satisfaire les besoins domestiques, industriels, agricoles ou autres [6]. Dans ce cas, les ressources en eau sont des eaux souterraines (ou superficielles) renouvelables et disponibles (offre/demande) quantitativement pour la satisfaction des besoins des ménages.

I.2 Les eaux naturelles et leurs classifications

Les eaux destinées à la consommation humaine sont les eaux de distribution publique (eau du robinet), eaux conditionnées (les eaux de source, les eaux minérales naturelles et les eaux rendues potables par traitement), et les eaux de puits privés utilisées pour la boisson.

L'eau prélevée des milieux naturels n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit subir des traitements selon les exigences réglementaires de qualité en tous points du réseau, pour pouvoir être consommée sans danger par l'ensemble de la population.

Toutes les eaux de consommation n'ont pas la même composition chimique, puisqu'elles ne contiennent pas toutes les mêmes substances minérales considérées comme des paramètres spatio-temporels. Avec l'accroissement de la population mondiale et le développement économique de la planète, la consommation d'eau a presque doublé au cours de ces dernières années [7].

Généralement, les réserves des eaux naturelles sont constituées des eaux de surfaces qui comprennent les eaux courantes des rivières et des canaux, des eaux de surfaces stagnantes ou plan d'eau (les lacs, retenues de barrages, étangs ...) des eaux des mers et des océans et des eaux souterraines provenant de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol qui constituent les nappes.

I.3 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les eaux de sous-sol qui constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. Les eaux souterraines sont en interaction avec les autres types de masses d'eau, d'une part les eaux douces continentales (cours d'eau, zones humides, lacs...) et d'autre part avec les eaux marines en bordure littorale. Le sens de ces transferts peut varier au cours de l'année ainsi qu'en fonction des conditions hydrologiques. Elles assurent souvent le débit de base des systèmes d'eaux continentales superficielles et de ce fait influencent leur qualité. En d'autres termes, les effets de l'activité humaine sur la qualité des eaux souterraines et les débits des nappes peuvent se répercuter sur la pérennité et la qualité écologique des écosystèmes aquatiques associés et des écosystèmes terrestres directement dépendants [8].

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface [9]. La protection des eaux souterraines est devenue un objectif majeur dès les années 1970 [10].

I.4 Les eaux de surfaces

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes (courantes) ou stockées (stagnantes). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement d'eau de ruissellement. Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organique, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique du type nitrate et pesticide d'origine agricole [11].

Ces eaux sont le siège, dans la plus part des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec l'extérieur.

I.5 Les eaux de mer

Les mers sont les grandes masses d'eau salée qui recouvrent les deux-tiers de la surface du globe terrestre, et elles représentent près de 97,4 % de la capacité des grands réservoirs d'eau à la surface de la terre [12]. La teneur moyenne en sel varie en fonction de l'arrivée d'eau douce (pluies et fleuves), plus il y a d'eau douce, moins il y a de sel.

Le dessalement de l'eau de mer et celui des eaux saumâtres constitue, aux dernières années, la solution à la pénurie d'eau dans de nombreuses parties du monde. Cependant, le coût de dessalement demeure encore trop élevé.

I.6 Normes et qualités des eaux potables

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des qualités et des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau [13].

On note de 5 millions de Personnes meurent chaque année dans le monde du fait de la mauvaise qualité de l'eau ! L'assurance de la qualité et de l'hygiène de l'eau et des exigences prioritaires de la santé publique [14].

Le tableau I.1 regroupe les différents paramètres qui contrôlent la qualité de l'eau

Tableau I.1 : classification des paramètres qui contrôlent la qualité de l'eau
[14]

Paramètres	Exemples
organoleptiques	Couleur, turbidité, odeur
physico-chimiques Liés à la structure naturelle des eaux	Température, pH, chlorures, sulfates, magnésium, sodium, potassium. etc
substances indésirables	Nitrates, nitrites, hydrocarbures, détergents, phénols, fer, manganèse, fluor, argent...
substances toxiques	Arsenic, cadmium, mercure, chrome, béryllium, plomb, nickel, hydrocarbures polycycliques aromatiques...
Pesticides	Aldrin, hexa chlorobenzène
microbiologiques	Coliformes, streptocoques, salmonelles, entérovirus, staphylocoques, bactériophages fécaux...

Pour savoir si une eau peut être consommée, elle doit répondre à des critères de qualité très stricts. Ces critères sont fixés par le conseil supérieur d'hygiène publique de France, sont au nombre de 63, et font l'objet de lois strictes [15].

Pour cela on utilise des micro-organismes, les coliformes, qui peuvent mettre en évidence la contamination d'une eau.

Tableau I.2 : Limites maximales acceptables pour les substances chimiques dans l'eau [16].

<i>Substance chimique</i>	<i>Concentration maximale acceptable (mg/L)</i>
Substances ne constituant pas un risque pour la santé :	
Chlorures	250
Cuivre	1
Fer	0,3
Manganèse	0,05
Sulfures	0,05
Zinc	5
Substances dangereuses pour la santé :	
Argent	0,05
Arsenic	0,05
Baryum	1
Bore	5
Cadmium	0,005
Chrome	0,05
Cyanures	0,2
Fluorures	1,5
Mercure	0,001
Nitrates et nitrites	10
Plomb	0,05
Sélénium	0,01

I.7 Procédés de traitement

Il existe de nombreux procédés de traitement classiques ou innovateurs. On ne cesse d'améliorer les systèmes de traitement de l'eau et de les combiner à de nouvelles technologies et à de nouveaux procédés. Voici quelques exemples de procédés de traitement de l'eau potable [17]. La figure I.1 représente les différentes étapes de traitement de l'eau potable d'une eau de surface.

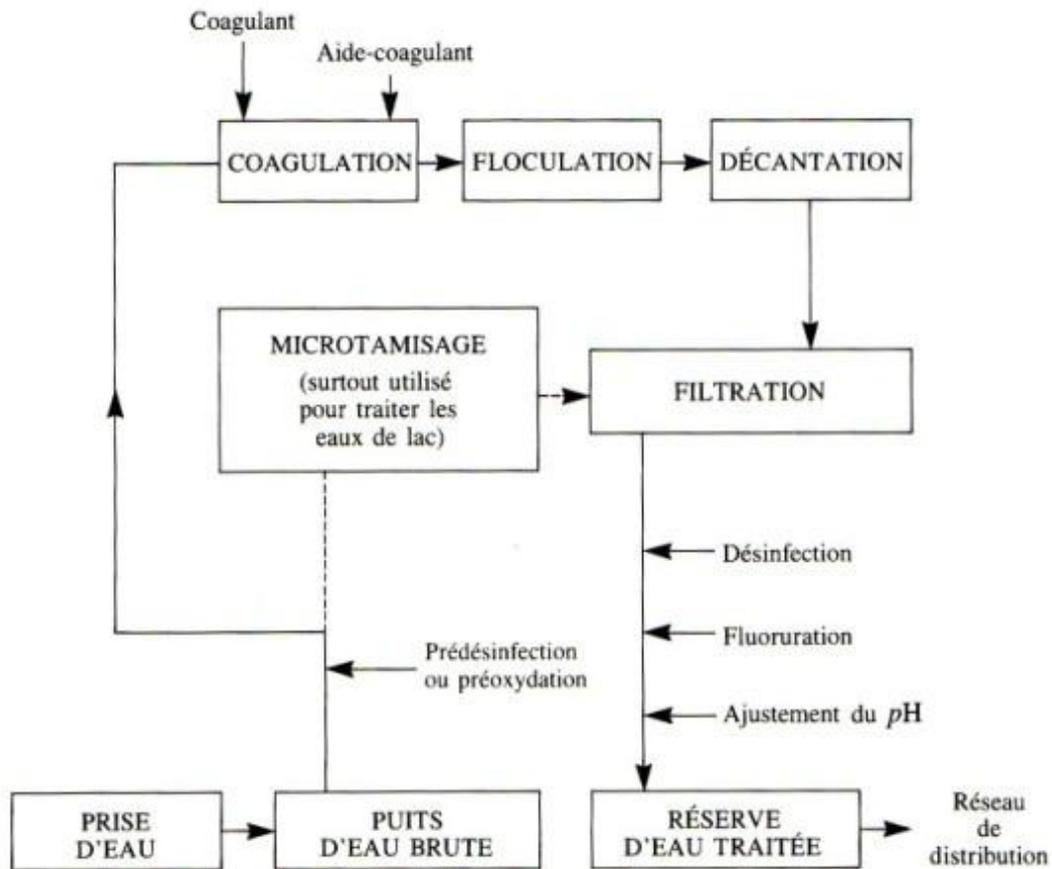


Figure 1 : Etapes et unités de traitement d'une eau de surface [16]

✓ Coagulation

procédé qui consiste à ajouter un produit chimique qui attire les particules en suspension pour former des agrégats de matières en suspension plus gros, plus denses et assez lourds pour se déposer plus rapidement que les particules individuelles.

✓ Flocculation

Procédé de mélange lent qui consiste à ajouter un coagulant à l'eau et à mélanger pour que les particules forment des flocons; on augmente ainsi le poids et les flocons se déposent sous l'effet de la gravité dans le bac de flocculation.

➤ Décantation

La décantation est un traitement essentiel pour l'obtention d'une eau de bonne qualité. Ce phénomène est assuré par voie physique, il s'opère par effet de gravité.

La sédimentation permet l'élimination des matières en suspension présentes dans l'eau brute et celles formées par l'étape de coagulation floculation. Ceci provoque le dépôt des particules en suspension et la formation des boues au fond du bassin.

➤ Filtration

Procède qui consiste à retirer les particules en suspension en faisant passer l'eau à travers plusieurs types de milieux filtrants, comme le sable, le gravier, le charbon en grains et divers filtres à tissu, à fibres et à céramique. La majorité des filtres reposent sur un procédé physique de tamisage, mais certains fonctionnent également grâce à des mécanismes chimiques.

I.II La filtration sur sable

Historique

La filtration est l'une des techniques les plus anciennes et de loin la plus appliquée dans les opérations de traitement de l'eau, qu'elle soit à usage industriel ou domestique.

C'est en 1804 qu'un écossais, du nom de John Gibb, a conçu et construit pour la première fois un filtre à sable expérimental pour sa blanchisserie série de Daisley. Produisant plus d'eau "traitée" qu'il n'en avait besoin, il commença à en vendre le surplus à la population. Par la suite, lui-même et d'autres techniciens perfectionnèrent cette méthode, à tel point qu'en 1829 fut construite pour la première fois une installation de filtration de l'eau, destinée à la consommation de la ville de Londres, sous la direction d'un nommé James Simpson. Depuis, cette méthode de traitement commença à se proliférer dans le monde industrialisé de l'Europe de l'époque. Elle a prouvé son efficacité par suite de nombreuses épidémies qui ont ravagé certaines populations consommant de l'eau non filtrée et épargnant pendant la même période d'autres populations consommant la même eau, mais filtrée. C'est le cas de l'épidémie de choléra de 1892, dont près de la moitié de la population de Hambourg a été victime, consommant les eaux de l'Elbe à l'état brut, et dont est sortie indemne la population d'Altona, procédant à la filtration de ces eaux.

De nos jours encore, la filtration demeure une étape indispensable dans une chaîne de traitement d'eau potable, à l'exception d'eau souterraine captée en forages, puits ou sources, et jugée de qualité assez bonne pour se passer de celle-là [18].

I.II.1 Rôle de la filtration

Une filtration est souvent indispensable, ne serait ce que mesure de sécurité et pour parvenir à une clarification correcte de l'eau. la chaîne de traitement se termine donc, dans la grande majorité des cas, par un filtre ou plus exactement par une batterie de plusieurs filtres, permettant de maintenir le fonctionnement de l'installation lorsqu'un des filtres est à l'arrêt pour une anomalie. Les particules à éliminer peuvent exister à l'état naturel dans les ressources à l'état d'argiles, limons, sables, plancton, bactéries, parasites et des virus [19].

I.II.2 Principe de filtration

La rétention des particules se déroule à la surface des grains, grâce à des forces physiques. La plus au moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériaux utilisés. L'espace inter granulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre colmate et les pertes de charges augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétro lavage, la biomasse qui se développe sur le matériau filtrant, peut efficacement réduire le taux d'ammonium de l'eau par la nitrification. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité et indirectement les odeurs [11].

I.II.3 Différents types de filtre

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer travers un milieu poreux [12].

Le but de la filtration est de procéder à la séparation la plus complète possible entre l'eau et les différentes sortes de particules en suspension la séparation s'effectue à travers une masse granulaire [20]. Le liquide est l'eau et les éléments indésirables sont l'ensemble des particules colloïdales, dissoutes ou en suspension, qu'elle contient à l'état brut, la rendant impropre à la consommation. Quant au milieu filtrant, il peut être de nature diverse et fonctionner de diverses manières [18].

La filtration habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries de couleur, de la turbidité et indirectement de certains goûts et odeurs [12]. On distingue :

➤ **Les filtres lents à sable**

Les filtres à sable lents doivent être construits de telle sorte que l'eau traverse lentement une couche de sable fin et que les particules les plus grosses soient arrêtées près de la surface du sable, ces particules forment une couche poreuse très fine dont la surface totale de veinules ou de pores est très grande, ce qui facilite l'adsorption des impuretés par cette couche ou par le sable sous-jacent. Cette couche poreuse est constituée de bactéries, d'algues et de protozoaires ; la filtration lente combine donc les effets de processus physiques et de processus biologiques [16].

➤ **Filtres rapides**

Les filtres rapides reçoivent généralement de l'eau prétraitée provenant de décanteurs pour achever l'opération entamée par ces derniers. Ils jouent alors un rôle essentiellement de tamisage éliminant les flots résiduels. Dans certains cas, ils servent même de lits de contact pour achever la coagulation et la clarification de l'eau avant qu'elle n'atteigne le fond du filtre lorsque cette opération a été médiocrement faite dans les ouvrages précédents. Il s'ensuit un très rapide colmatage des pores laissés par les grains de sable entre eux, une diminution progressive de la vitesse apparente d'écoulement, mais une augmentation de la vitesse réelle, d'où une augmentation des pertes de charge à tel point que le débit désiré n'est plus obtenu. Il peut arriver que l'adhésion des particules de colmatage soit très faible et que l'augmentation des pertes de charge, créant aussi un accroissement des effets de frottement, provoque l'arrachement de ces particules, qui descendent en aval de proche en proche pour se retrouver dans le filtrat [18].

➤ **Filtres sous pression**

Les filtres sous pression fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres à sable rapides, sauf que leurs couches de sable et de gravier, ainsi que leur réseau de drainage, sont situés dans des cylindres horizontaux ou verticaux, lesquels sont conçus pour supporter des pressions de l'ordre de 1000kPa. On peut ainsi filtrer de l'eau sous pression et la distribuer sans recourir au double pompage. Cet avantage ne compense toutefois pas les difficultés auxquelles on se heurte lorsque les filtres sont précédés d'unités de coagulation, de floculation et de décantation. En effet pour éviter le double pompage, il faut alors que toutes ces unités de traitement fonctionnent sous pression [16].

➤ **Filtres à terre diatomée**

La terre diatomée qui constitue le milieu filtrant est produite à partir de dépôts naturels de diatomite, laquelle est une roche formée par des débris de diatomées. Ces algues brunes unicellulaires, microscopiques qui croissent dans les eaux douces ou salées, et dont la membrane est entourée d'une coquille siliceuse [16].

➤ **Filtration sur charbon activé**

C'est un procédé qui permet l'élimination des goûts, des odeurs, des micropolluants (phénols, métaux lourds, hydrocarbures, détergents, pesticide, etc.) par adsorption sur le charbon actif est un matériau poreux à haut capacité d'adsorption avec une surface spécifique considérable de l'ordre de $1000 \text{ m}^2/\text{g}$, il est obtenu par la carbonisation de végétaux ou de minéraux tels que le bois, la tourbe, l'antracite, la noix de coco. Le charbon actif existe en poudre et en grains. Le filtre à charbon est également utilisé comme catalyseur, il permet d'éliminer le chlore résiduel et les chlorures [21].

I.II.4 Constitution d'un filtre

Tout filtre est composé de trois parties:

➤ **Le fond** : Doit être solide pour supporter le poids de l'eau, du sable et du gravier. Il doit permettre la collecte et l'évacuation de l'eau filtrée ;

➤ **Le gravier support** : A pour rôle de retenir le sable et d'améliorer la distribution de l'eau de lavage dans le filtre ;

➤ **Le matériau filtrant** : Les matériaux utilisés sont des granules libres non adhérents les uns aux autres, insolubles, inattaquables par le liquide filtré ni par les particules solides retenues [11].

I.II.5 La nature du milieu poreux

Le sable quartzéux a été le premier des matériaux utilisés pour la filtration et c'est encore le matériau de base pour la plupart des filtres actuels. Certains filtres utilisent une combinaison de plusieurs matériaux (filtres multicouches), le sable peut alors être associé à : de l'antracite, du grenat, des schistes plus au moins poreux. Enfin la filtration peut s'effectuer sur du charbon actif granulé, suffisamment résistant [22].

I.II.6 Paramètres de sélection d'un milieu filtrant

Les principales caractéristiques d'un milieu filtrant sont : le diamètre effectif, le coefficient d'uniformité, la densité relative, la masse unitaire sèche et la porosité. Il existe d'autres caractéristiques beaucoup plus difficiles à mesurer, comme la forme des grains et la surface spécifique [16].

I.II.7 Le diamètre effectif et le coefficient d'uniformité

Le diamètre effectif et le coefficient d'uniformité, sont deux caractéristiques importantes d'un matériau filtrant.

✓ Le diamètre effectif

Le diamètre effectif correspond à la taille des mailles du tamis qui laissent passer 10% de la masse de l'échantillon.

✓ Le coefficient d'uniformité

Il s'agit du rapport entre deux diamètres apparents définis de telle sorte que la taille de 60% et respectivement 10% des particules soit inférieure. Soient d_{60} et d_{10} étant les valeurs lues en abscisse pour les points de la courbe granulométrique correspondant aux ordonnées de 60% et 10%.

$$Cu = d_{60} / d_{10} \quad (I.1)$$

Types de matériaux

Les trois matériaux les plus employés sont [23] :

✓ Sable

Le sable utilisé en filtration est un matériau naturel, à la base de silice, provenant de rivières, gisements naturels, les dunes, ou obtenu à partir de galets marins sa densité réelle est d'environ 2.5 à 2.7.

- **Le sable concassé**

Est obtenu par un broyage de silex de carrière ou de galets de mer, suivi d'opération de lavage, séchage et tamisage, il présente des grains anguleux, favorables à la rétention des particules lors de la filtration.

- **Le sable roulé**

Est un sable naturel, tamisé après lavage et séchage, contrairement au sable concassé, il possède des grains arrondis.

✓ **L'anthracite**

L'anthracite est un matériau à base de carbone, obtenue par calcination de matériel végétal tel que le bois ou la tourbe, il se présente sous la forme de grains durs et anguleux.

✓ **Le charbon actif**

Le charbon actif est également un matériau à base de carbone, obtenu par calcination et activation de bois, houille, tourbe ou noix de coco.

I.II.8 Mécanisme de la filtration

Suivant les caractéristiques des particules à retenir et du matériau filtrant mis en œuvre, peuvent intervenir l'un ou plusieurs des trois mécanismes principaux suivants: capture, fixation et détachement [22].

I.II.9 Mécanisme de capture

La capture est caractérisée par l'interception de la particule par frottement grâce à son inertie et sa décantation [11]. Les mécanismes de capture sont essentiellement de deux natures :

❖ *Tamisage mécanique*

Il s'agit de la rétention des particules plus grosses que la maille du filtre ou que celle des éléments déjà déposés, formant eux-mêmes le matériau filtrant. Ce phénomène intervient d'autant plus que la maille du matériau filtrant est plus fine [22].

❖ *Dépôt sur le matériau*

La particule en suspension suit dans le liquide une ligne de courant. Sa taille, comparée celle des pores, pourrait lui permettre de traverser le matériau filtrant sans être arrêtée. Différents phénomènes entraînent cependant un changement de trajectoire et le contact avec le matériau. Ces différents mécanismes de capture interviennent principalement dans la filtration en profondeur [22].

I.II.10 Mécanisme de fixation

La fixation des particules à la surface du matériau filtrant est favorisée par une faible vitesse d'écoulement. Elle est due à des forces d'origine physique (coincement, cohésion...), et à des forces d'adsorption, principalement les forces de Van der Waals[11].

I.II.11 Mécanisme de détachement

Sous l'action des mécanismes précédents, il se produit une diminution de l'espace entre les parois du matériau recouvertes de particules déjà déposées.

Les dépôts déjà retenus peuvent se détacher partiellement et être entraînés plus en avant dans le matériau filtrant ou même dans le filtrat [13]. Le détachement se fait sous l'influence de la vitesse de l'eau lors du lavage [11].

I.II.12 Hydraulique de la filtration

Tous les processus (physiques, bactériologiques ou chimiques) qui interviennent dans l'épuration par filtration lente exigent pour un meilleur rendement des vitesses d'écoulement et des diamètres de grains faibles. L'écoulement de l'eau est laminaire et obéit donc à la loi de Darcy [18] :

$$H=V/K*e \quad (I.2)$$

H : pertes de charge en m.

K : perméabilité en m/h.

V : vitesse de filtration en m/h.

e : épaisseur du milieu filtrant.

Perte de charge

Au cours de sa percolation au travers d'un lit filtrant granulaire, l'eau subit par frottement une perte d'énergie, c'est -à-dire de pression, appelée perte de charge. Celle-ci est régie à faible vitesse (écoulement en régime laminaire) par lois de darcy :

$$\Delta P/H= (\mu/K)*V=R*\mu*V \quad (I.3)$$

$$D'ou: \quad R=1/K= (\Delta P/H)*(1/V*\mu) \quad (I.4)$$

V: la vitesse de filtration

K : perméabilité de la couche filtrante

ΔP : perte de charge à travers la couche filtrante

H : la hauteur de couche considérée

μ : viscosité dynamique de l'eau

R : résistance à la filtration de la couche filtrante

I.II.13 La filtration lente sur sable

La filtration lente est une méthode d'épuration biologique qui consiste à faire passer l'eau à traiter à travers un lit de matériau filtrant à une vitesse de 0,1 à 0,2 m/h, le matériau filtrant le plus approprié est le sable. Au cours de ce passage, la qualité de l'eau s'améliore considérablement par diminution du nombre de micro-organismes (bactéries, virus, kystes), par l'élimination de matières en suspension et colloïdales et par des changements dans sa composition chimique. A la surface du lit, il se forme une mince couche appelée « membrane biologique », cette mince couche superficielle est essentielle car c'est à ce niveau que le processus d'épuration se déroule [24].

➤ Avantage

Cette méthode de purification est souvent la plus économique dans les pays en développement et offre l'avantage d'une grande efficacité et d'une exploitation simple. Ainsi, elle répond aux besoins d'amélioration de la qualité de l'eau tout en offrant la possibilité d'associer la collectivité à la gestion, à l'entretien et à l'exploitation des installations.

Son aptitude à apporter une amélioration simultanée des qualités physiques, chimiques et bactériologiques de l'eau brute à représenter un avantage considérable par rapport à d'autres techniques : celui d'accéder à une qualité de l'eau satisfaisante sans rajouter d'autres étapes dans le processus de purification. Ceci contribue largement à en faire une technique appropriée spécialement pour les collectivités des pays en développement. A noter que son efficacité et son coût ont suscité un nouvel intérêt dans les pays développés.

➤ Inconvénients

Effets des algues sur les filtres : Les algues se développent dans l'eau stagnante sous l'influence des rayons du soleil à condition que cette eau contienne des substances nutritives telles que des nitrates et des phosphates. Bien que strictement parler, elles ne participent pas au mécanisme de filtration, certains types d'algues sont importants au fonctionnement d'un filtre biologique. Ces effets peuvent être bénéfiques ou nuisibles,

Selon les conditions Par ailleurs, sous certaines circonstances (climat, qualité de l'eau

brute) une prolifération de certains types d'algues peut provoquer un colmatage rapide du lit filtrant et par conséquent poser des problèmes d'exploitation. Couvrir les filtres aide à résoudre ce problème si la prolifération prend place dans la couche d'eau surnageant.

Il convient de souligner que la filtration lente n'est pas une panacée à tous les problèmes de traitement de l'eau et qu'elle a une certaines limitations.

I.II.14 Lavage à l'air et à l'eau

Jusqu' à présent les techniques dominantes du lavage des filtres utilisent l'air. Le lavage à l'eau vient deuxième place, en incluant une courte phase intermédiaire de lavage à l'eau et à l'air mélangé, en fait, cette technique et une particulière européenne, le lavage à l'eau et à l'air a le grande avantage d'empêcher la formation de zones de fermentation et le développement d'agglomérats (boules de bous) lorsque l'eau traitée provient d'eaux de surface, il faut éviter qu'il y ait une croute sur la surface de filtre lorsqu'on utilise de l'aire pour le lavage, lors des phases intermédiaire de lavage, la vitesse de l'air doit être de 15m/h au minimum et est généralement fixée entre 40et 60m/h.

Après le lavage à l'air, qui dure normalement entre 2 à 3 min, le débit de l'eau se superpose à celui de l'air. La phase intermédiaire se termine lorsque le lavage à l'air est arrête, et ceci pour éviter que le substrat du filtre ne soit emporté. Après la superposition des étapes, qui dure moins de 1 min, la période de lavage à l'eau seule prend place.

Lorsqu' il s'agit du traitement d'une eau de surface préalablement coagulée, floculée et décantée, le cycle de filtration d'un filtre à sable rapide de type ouvert c'est-à-dire, l'intervalle entre deux lavage consécutifs avec un flux d'eau libre, s'étende normalement sur 24h au moins. Dans des conditions normales de travail, cet intervalle peut atteindre 40 à 60 h ou une moyenne de deux jours [25]

Conclusion :

L'eau à filtrer percole à travers un lit filtrant constitué d'un ou plusieurs matériaux granulaire, dont les caractéristiques et la hauteur de couche doivent être adaptées à l'eau à traiter et au type de filtre choisi. Il existe une perte de charge maximale que le filtre ne pourra dépasser.

Chapitre II. Présentation et structure de la chaîne de production

Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons la SARL INDTRAV, sa structure générale et toutes les étapes de production d'eau minérale, pour avoir une idée générale sur cette chaîne de production d'eau minérale dont la nomination est **EL-KANTARA**

II.1. Présentation de la SARL INDTRAV

La S.A.R.L INDTRAV, est une société commerciale où la responsabilité est limitée jusqu'à concurrence, pour la production d'eau minérale. Fondée en 2017 par un groupe d'associés, située au chef-lieu de commune d'EL-KANTARA, une oasis située dans le sud-ouest des Aurès, à 52 km au nord de Biskra et à 62 km au sud-ouest de Batna



Fig.1: Localisation géographique de l'entreprise.

II.2. Organigramme général de la chaîne de la SARL INDTRAV

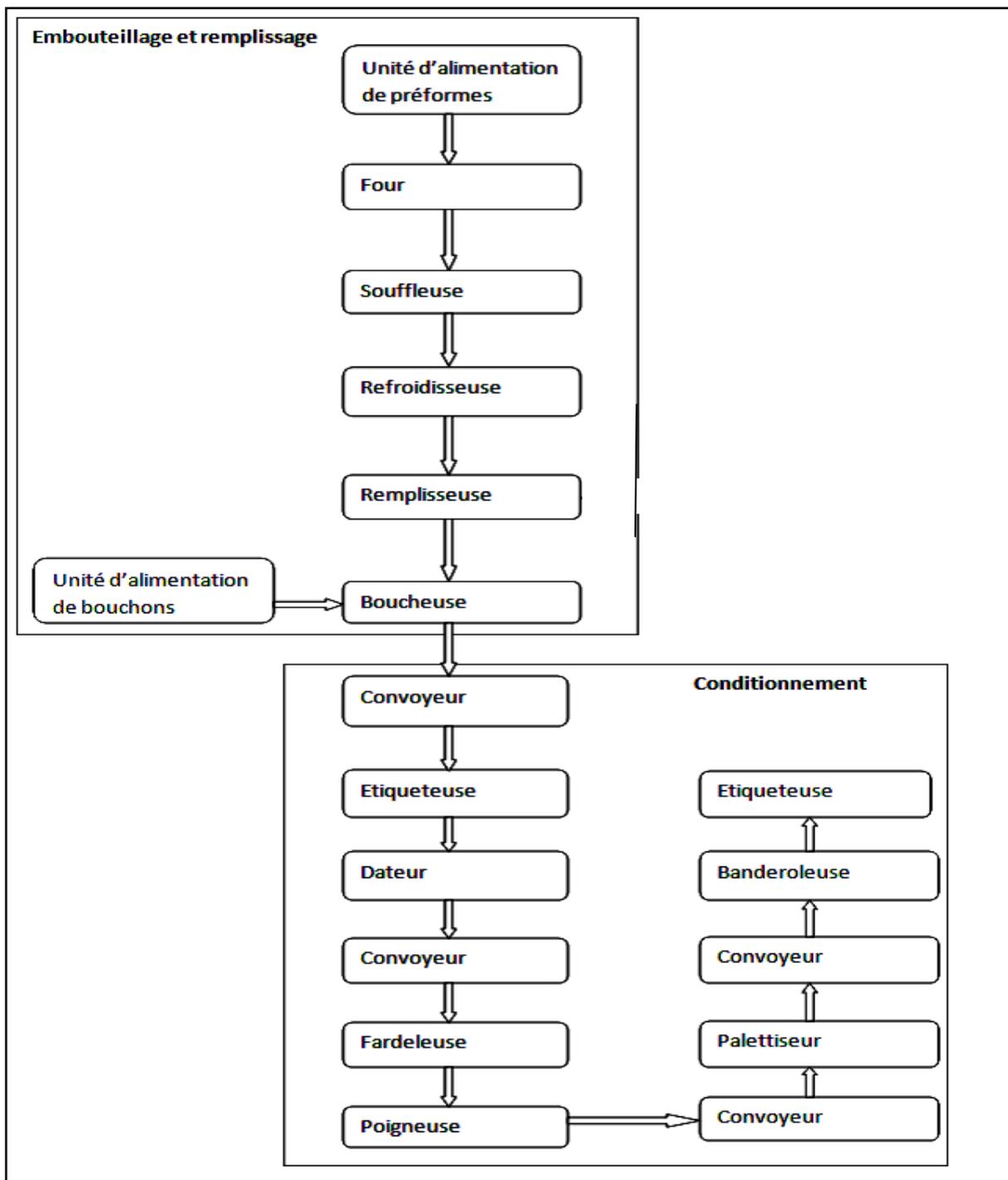


Fig. II : Organigramme général

II.3. Description des formats de bouteilles

La ligne d'embouteillage est construite pour remplir les bouteilles de (5 litres, 1,5 litre, 0,5 litre). Alimentation unique pour produire tous types de formats de bouteilles d'où l'avantage de cette innovation à la différence des chaînes précédentes.



Fig.II.2 : Format de bouteille supporté

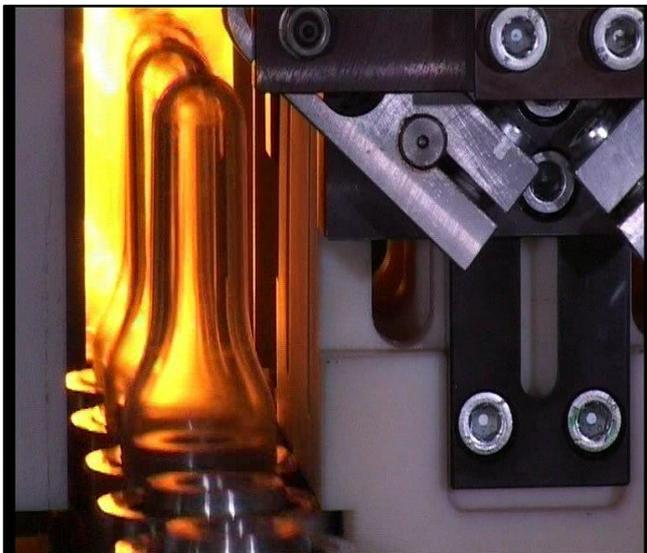
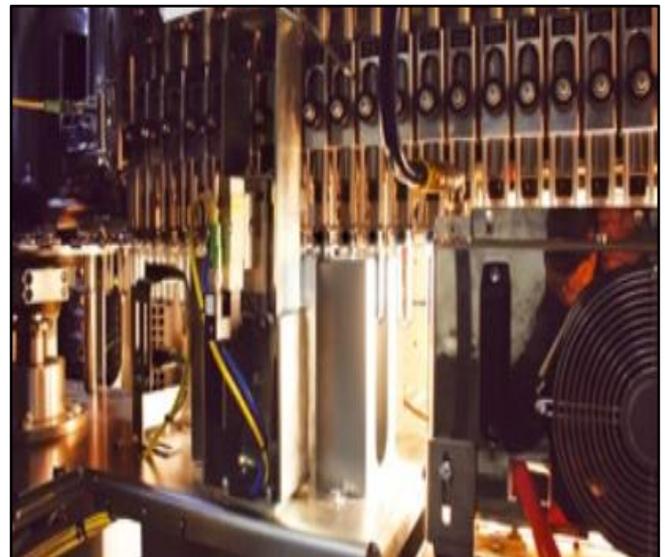
II.4. Principe de la ligne d'embouteillage

D'abord chaque bouteille se présente sous forme de préforme fabriquée en PET.

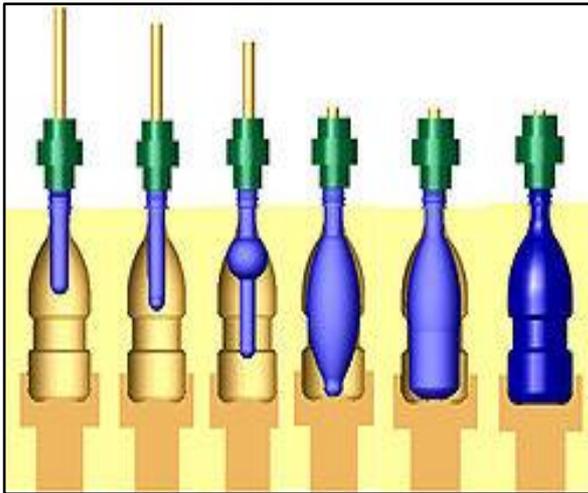
Le PET : polyéthylène téréphtalate peut être décrit comme un pétrole raffiné, les produits liquides initiaux, l'éthylène glycol et les connexions téréphtalate, sont issus du pétrole qui a été partiellement transformé avec l'oxygène[1].

**Fig II.4** :Alimentation des préformes**Fig II.5** :Préforme en PET

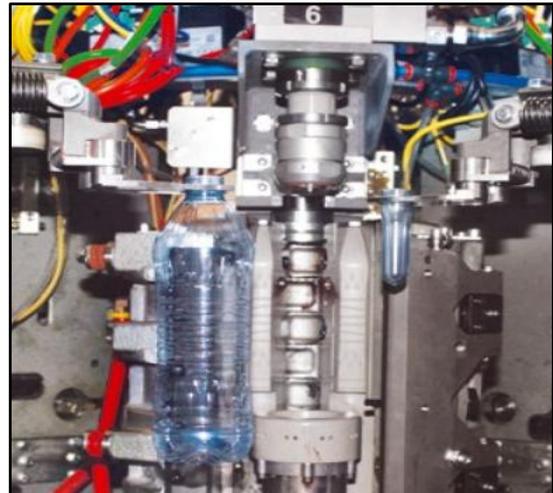
Cette dernière sera introduite dans une machine appelée souffleuse. Placée sur un support la préforme sera introduite dans un four qui la fera chauffer. Ce four est en forme de tunnel qui est composé de lampes halogènes la préforme sera chauffée à une température optimale « elle est suffisamment chaude pour se délater sans qu'elle fonde ».

**Fig II.6** : Préforme à la sortie du four.**Fig II.7** :Chauffage des préformes

La préforme sera introduite dans un moule qui présente le format de la bouteille désiré.



FigII.8 :Les étapes du soufflage d'une préforme.



FigII.9 : Souffleuse de préforme.

Il vient alors le tour des transporteurs aériens qui ont pour fonction de transporter les bouteilles soufflées de la souffleuse à l'entrée de la remplisseuse elle s'appelle. Le convoyeur aéraulique

II.5. Convoyeur aéraulique

Le convoyeur aéraulique permet de transporter des bouteilles en PET vide, entre les différents équipements de soufflage et remplissage d'une ligne, les charges sont transportées par l'énergie du soufflage d'air, ce souffle est produit par les colonnes de ventilation, équipées de filtre garantissant un air propre.



Fig II.10 : Convoyeur aérien de bouteilles.

A la fin de convoyeur vient la soutireuse.

II.6. Soutireuse

Elle comporte deux machines : la remplisseuse et la bouchonneuse.



Fig II.11 : Machine soutireuse

II.7. Remplisseuse

La remplisseuse est l'unité chargée du remplissage des bouteilles du produit fini dont la vitesse du remplissage peut être variée. Elle est constituée essentiellement de la cuve qui est remplie d'eau à partir des bacs journaliers par l'intermédiaire des pompes de soutirage, ces cuves donnent une indication sur le niveau d'eau à l'intérieur à l'aide de quatre voyants reliés aux capteurs, cette même information est utilisée pour la variation de la vitesse des pompes ou leur arrêt de démarrage[1].



Fig II.12 : Remplisseuse de bouteilles.

A la sortie de remplisseuse vient la bouchonneuse.

II.8. La Bouchonneuse

La bouchonneuse se trouve encastrée dans la remplisseuse pour permettre le bouchage des Bouteilles juste à la fin de leur remplissage pour éviter le débordement, les bouchons sont fabriqués et préparés par une autre unité, donc ils sont prêts à être utilisés directement par la bouchonneuse.

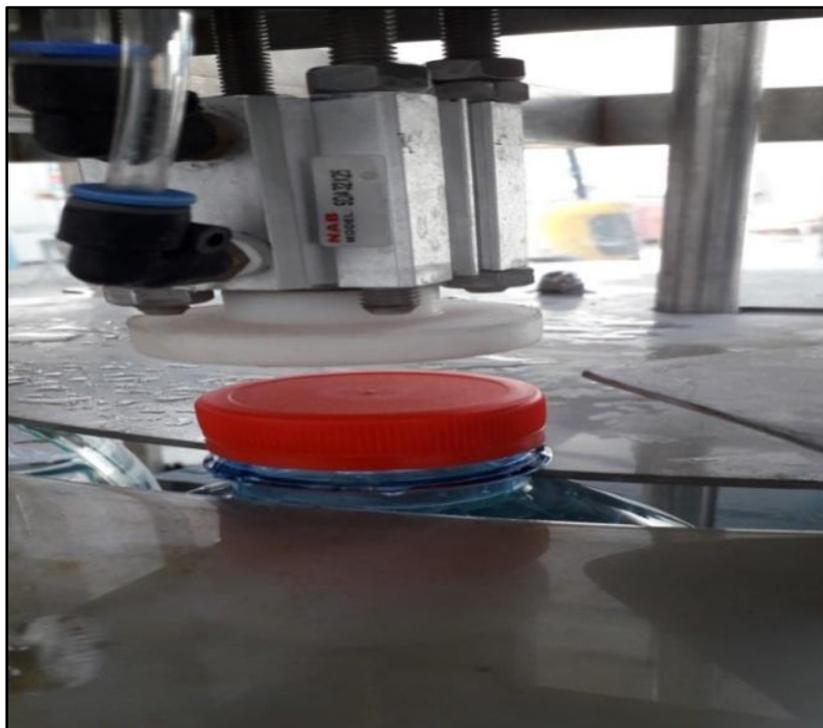


Fig II.13 :Bouchonneuse des bouteilles

À la sortie de la Soutireuse vient l'étiqueteuse

II.9. Etiqueteuse

L'étiqueteuse est destinée à coller des étiquettes enveloppantes sur des récipients cylindriques portant des informations sur le produit et le fabricant.



Fig I.14 : Etiqueteuse de bouteille.

À la sortie de l'étiqueteuse vient le dateur

II.10. Le dateur

Le dateur sert à mentionner la date et l'heure de fabrication du produit, chaque ligne dispose de deux types de dateurs, soit celle qui utilise l'impression à jet d'encre ou celle qui emploie la gravure directe sur la bouteille à l'aide d'un laser.



Fig II.15 : Le dateur

À la sortie du dateur vient La fardeleuse

II.11. Fardeleuse

Machine automatique de construction simple, son rôle est de recevoir les bouteilles et les envelopper avec un film thermo rétractable, la machine est de type barre de soudeur avec

Superposer de film de paquet

La machine fardeleuse comporte les éléments suivants :

- Bobine de film, placé dans la partie inférieure de la machine,
- Frein progressif pour assurer une tension électrique constante du film,
- Mandrin porte bobine,
- Barre de soudeur manuel pour le raccordement du film quand la bobine en utilisation est terminée,
- Coupe film,
- Résistance du tunnel de thermo rétractable,
- Refroidisseur des fardeaux à la sortie du tunnel.

La fardeleuse qui rassemble les bouteilles selon un format exigé $3 \times 2 = 6$ pour bouteilles «5.litres, 1.5 litre» et $3 \times 4 = 12$ pour bouteilles « 0.5 litres» en fardeau.



Fig II.16 : Fardeleuse de bouteilles PET

II.12. Tapis roulant

Le tapis roulant est un moyen de transport des fardeaux de la sortie de la fardeleuse jusqu'à

L'entrée du palettiseur, ce tapis roulant est entraîné à l'aide de moteurs asynchrones



Fig II.17 :Le tapis roulant

II.13. Le palettiseur

Cette machine est destinée à superposer des couches de fardeaux sur une palette. Il comporte

Plusieurs organes :

- Tourne fardeaux,
- Pousseur des fardeaux,
- Ascenseur,
- Magasin palettes,
- Convoyeur à rouleaux d'alimentation palettes vides et évacuation palettes pleines



Fig II.18 : Robot Palettiseur.

Après l'opération de robot palettiseur vient directement une autre opération elle s'appelle le bond roulage.

II.14. Banderoleuse

Cette machine enveloppe la charge avec la palette arrêtée au moyen de la rotation du bar porte-bobine, et assure un emballage stable et compact des produits palettisés par un banderolage à plusieurs couches en film étirable non toxique.

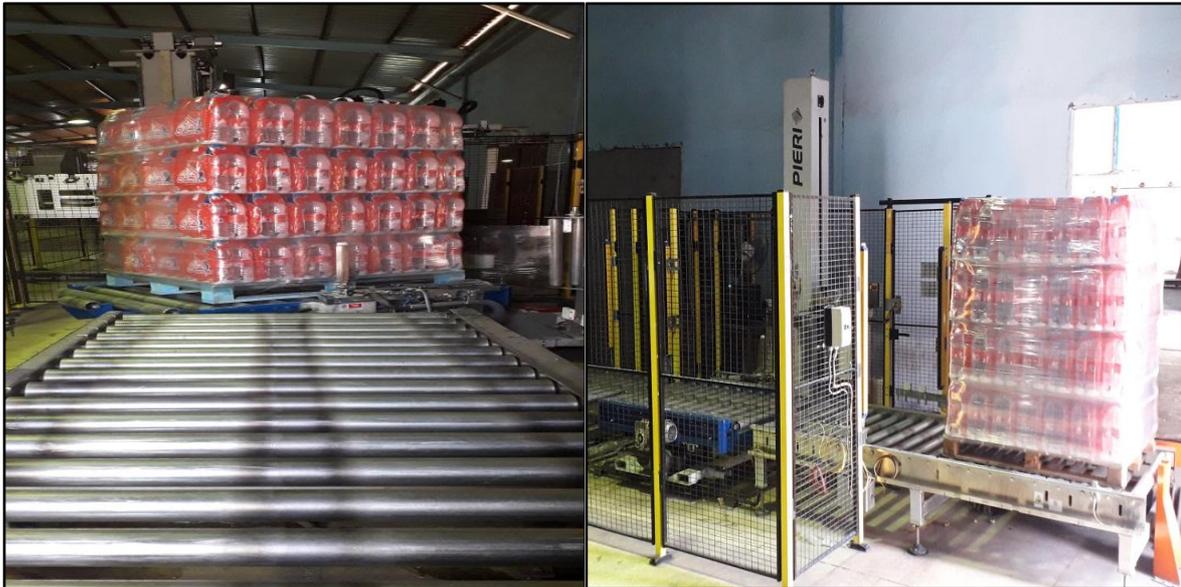


Fig II.19 : Machine Banderoleuse

Conclusion

Toutes ces opérations sont synchronisées, de la mise en bouteilles jusqu'au produit fini. La succession de ces opérations consomme de l'énergie pour fonctionner, leurs efficacités énergétiques dépendent largement du choix judicieux.

Partie pratique :
Surveillance intelligente de la turbidité

Partie pratique : surveillance intelligente de la turbidité

Introduction :

Dans cette partie pratique, l'accent est mis sur les études d'expérimentation et d'évaluation du système. La mise en place de notre système permet d'obtenir les résultats de la turbidité via un Smartphone en vue de remplacer la cartouche filtrante sans se déplacer vers la station de filtration. Cette évaluation est effectuée à l'aide d'un ensemble de tests.

Le reste de cette partie comprend une description des logiciels et les besoins du logiciel.

I.1 Description du matériel

Toutes les expériences sont effectuées sur un ordinateur portable ProBook Pro à 2,10 GHz Processeur Intel Core (i3) et 4 GO RAM. Cependant, le matériel utilisé pour la réalisation de notre système est le suivant :

Raspberry Pi3 modèle B

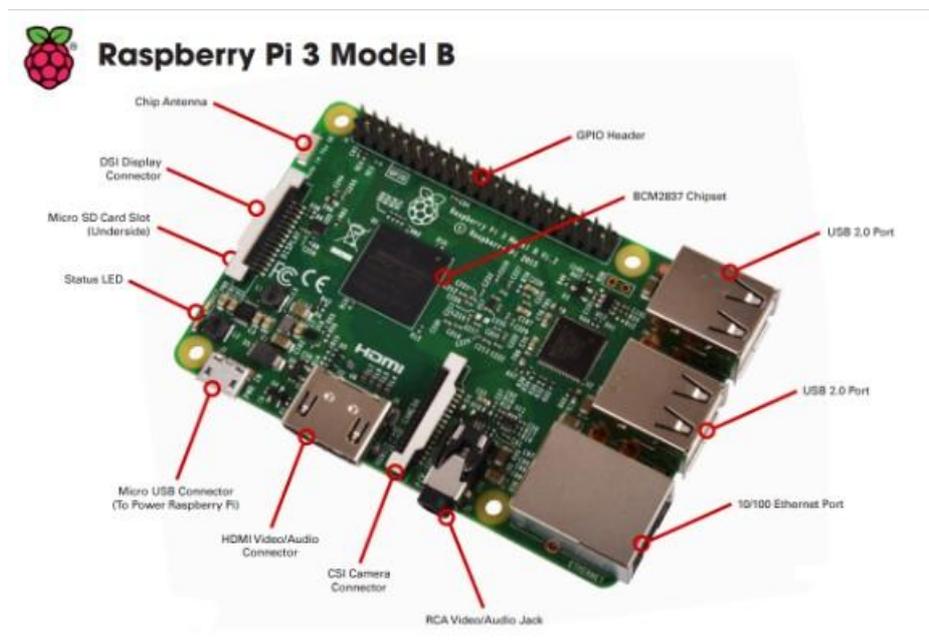


Fig 1. Raspberry Pi3

Le modèle Raspberry Pi3 B1 est une plate-forme qui peut être utilisée pour construire les systèmes d'automatisation. De toute évidence, la carte Raspberry Pi3 modèle B est

parfaite lorsqu'elle est utilisée comme un «hub» pour les systèmes d'automatisation, se connectant à d'autres open-source des pièces matérielles comme des capteurs. Le Raspberry Pi3 Model B est une carte simple de petite taille ordinatrice capable de faire tout le travail comme un ordinateur de bureau: les feuilles de calcul, le traitement de texte, Internet, la programmation, les jeux, etc.

Spécifications

Raspberry Pi3 modèle B Construit sur le dernier Broadcom 2837 ARM processeur v8 64 bits. La nouvelle génération de Raspberry Pi3 Model B est plus rapide et puissant que ses prédécesseurs. Avec la connectivité sans fil et Bluetooth intégrée, il devient la solution idéale pour l'IoT. Il se compose de 1,2 GHz QUAD CoreBroadcom, 1 Go de RAM, 4 ports USB 2, sortie vidéo GPIO étendue à 40 broches, HDMI et RCA. Il n'a pas de mémoire interne autre que la ROM.

Il a une fente pour carte SD qui est capable de lire jusqu'à 32 Go. Les broches GPIO du Raspberry Pi3 Le modèle B est programmé à l'aide du langage de programmation Python. Les périphériques d'E / S comme des capteurs sont donnés aux broches GPIO chaque fois que nécessaire.

Installation du logiciel

Raspberry Pi3 Model B fonctionne sur un noyau Linux systèmes d'exploitation. Il démarre et s'exécute à partir de la carte SD. Les débutants devraient commencer par le gestionnaire d'installation du système d'exploitation NOOBS (New Out Of Box Software), ce qui donne à l'utilisateur un choix de système d'exploitation parmi les distributions standard.

Les cartes SD avec NOOBS préinstallées devraient être disponibles dans n'importe lequel de nos distributeurs et revendeurs. Vous pouvez également télécharger NOOBS. Raspbian est le système d'exploitation recommandé pour une utilisation normale sur un Raspberry Pi.

Entrée / sortie à usage général (GPIO):

Une caractéristique puissante du Raspberry Pi3 modèle B est la rangée de broches GPIO le long du bord de la carte (Figure 4.2).

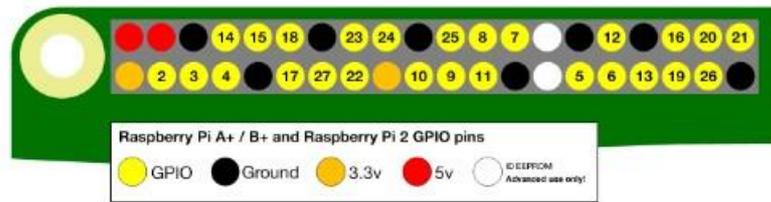


Fig 2. Broches GPIO

Les tensions du GPIO sont : deux broches 5V et deux broches 3V3 sont présentes sur la carte, ainsi qu'un certain nombre de broches de terre (0 V), qui ne sont pas configurables. Le reste des broches sont toutes des broches 3V3 à usage général, ce qui signifie que les sorties sont définies sur 3V3 et les entrées sont tolérants au 3V3. Les sorties de la broche GPIO désignée comme broche de sortie peuvent être définies à haute (3V3) ou basse (0V). Cependant, ses entrées désignées comme une broche d'entrée peuvent être lu comme haut (3V3) ou bas (0V). Le programme peut être écrit sur les broches pour interagir de manière incroyable avec le monde réel.

Par exemple, la sortie peut tout faire, de l'allumage d'une LED à l'envoi d'un signal ou des données vers un autre appareil. Si le Raspberry Pi3 B est sur un réseau, vous pouvez contrôler les appareils qui y sont connectés de n'importe où et ces appareils peuvent renvoyer des données. La connectivité et le contrôle des appareils physiques sur Internet est une chose puissante, excitante, et le Raspberry Pi3 modèle B est idéal .

Accessoires

Il existe une grande variété d'accessoires pour le Raspberry Pi Pi3 modèle B dont nous avons besoin dans notre projet (voir figure 3).



Fig 3. Accessoires

Turbidimètre

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent.

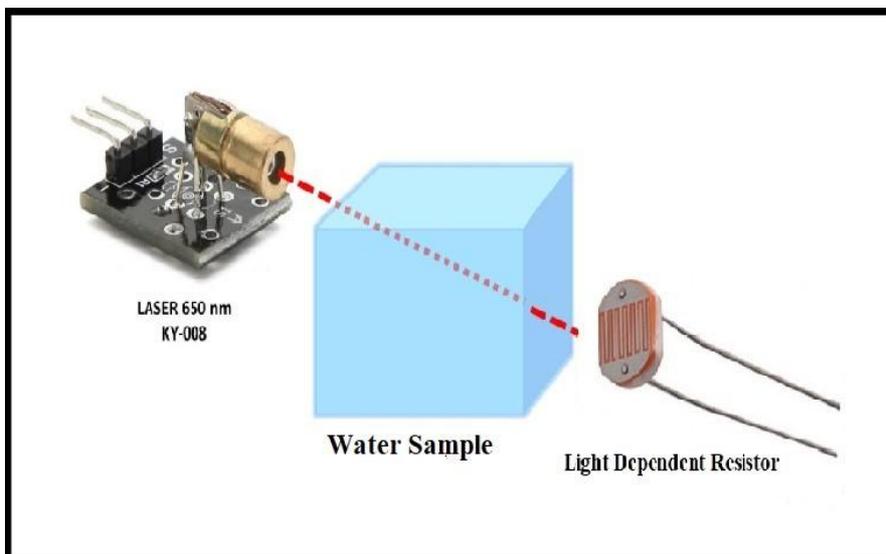
Le turbidité mètre est un instrument optoélectronique qui évalue la turbidité en mesurant la diffusion de la lumière traversant un échantillon d'eau contenant particules colloïdales qui abritent des agents pathogènes. La turbidité est le plus souvent quantifiée par l'unité de turbidité néphélométrie (NTU). La néphélométrie fait référence au processus de viser un faisceau de lumière sur un échantillon de liquide et mesurer l'intensité de la lumière diffusé à 90 ° par rapport au faisceau [8].

Pour mesurer la turbidité, nous utiliserons deux composants; un LDR (Light Dependent Résistance) ou photorésistance qui va changer sa résistance en fonction de la lumière.

Cette propriété permet au LDR d'être utilisé comme capteur de lumière [8]. Nous

utiliserons également le module émetteur laser comme ressource lumineuse.

(voir figure4).



Le turbidimètre contient une source de lumière dirigée à travers l'eau échantillon, une chambre pour contenir l'échantillon d'eau et un ou plusieurs photos détectrices placées autour de la chambre. Ce capteur surveille uniquement la lumière diffusée par les particules en suspension dans l'eau pour générer une tension de sortie proportionnelle à la turbidité ou aux solides en suspension. Il fonctionne sur le principe que lorsque la lumière passe à travers un échantillon d'eau, la quantité de lumière transmise à travers l'échantillon dépend de la quantité de particules en suspension dans l'eau.

Matériel complémentaire

La liste des éléments complémentaires dont nous aurons besoin pour mener à bien notre projet :

1) Convertisseur analogique-numérique ADS1115

Il s'agit d'un convertisseur (ADC) 16 bits (de type sigma-delta) dont la fréquence d'échantillonnage peut aller jusqu'à 860 Hz. Il comporte un amplificateur à gain programmable (PGA) et un multiplexeur permettant de faire des mesures sur 4 voies simples ou sur 2 voies en mode différentiel. L'interface numérique est I2C. Ce convertisseur est intéressant pour les mesures physiques nécessitant une grande précision de numérisation (16 bits) ou un fort gain d'amplification (jusqu'à 24).

Faciles à utiliser avec le Raspberry Pi à l'aide de son I2C ADS1115 est un ADC 16 bits de plus haute précision avec 4 canaux (voir figure 6). Nous utilisons le convertisseur analogique-numérique dans notre projet de lecture de capteurs analogiques parce que le Raspberry n'a que des broches numériques. Plus techniquement, connexion ADC au Pi comme suit :

- ADS1x15 VDD à Raspberry Pi 3.3V.
- ADS1x15 GND à Raspberry Pi GND.
- ADS1x15 SCL à Raspberry Pi SCL.
- ADS1x15 SDA à Raspberry Pi SDA.

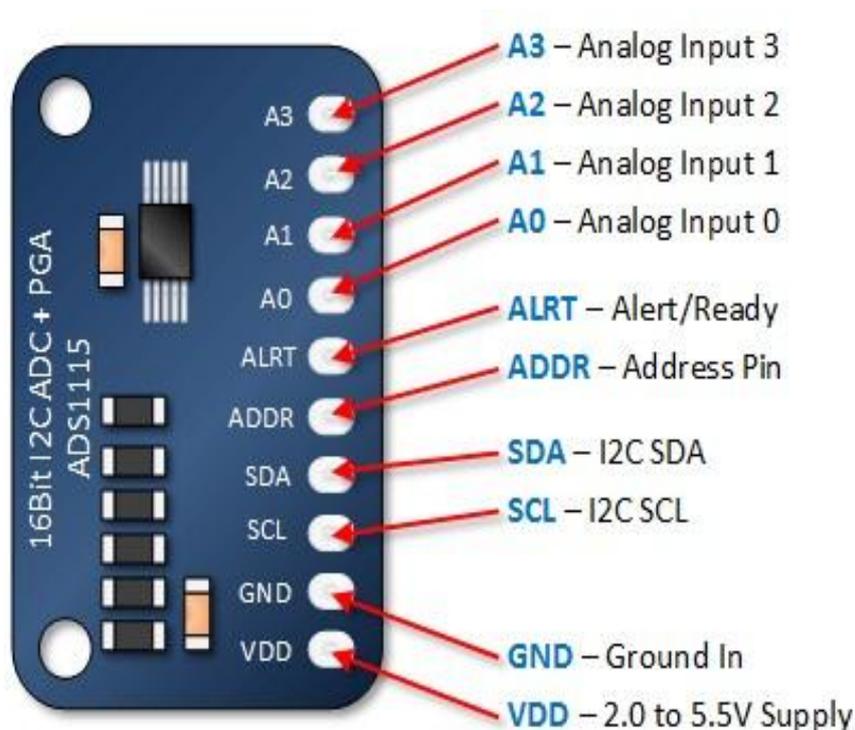


Figure 6 : Convertisseur analogique-numérique (ADS1115)

2) Montage électrique

L'ADS1115 est alimenté par la carte arduino : la borne GND est reliée à la borne GND de l'arduino et la borne VDD est reliée à la borne +5V de l'arduino si celui-ci fonctionne en +5 V (arduino nano, uno, mega). Si l'arduino fonctionne en 3,3 V (arduino yun, nano 33 ble, etc.) il faut relier VDD à la borne 3,3 V de l'arduino (et non pas à la borne +5 V). Les tensions appliquées sur les entrées analogiques (A0,A1,A2,A3) doivent être comprises entre 0 et VDD. Lorsque la tension à mesurer est délivrée par un capteur lui-même alimenté par GND et VDD, cela ne pose pas de problème. Si l'on veut mesurer une tension alternative, on place en amont de l'entrée un circuit à base d'amplificateur linéaire intégré, qui permet d'ajouter un décalage à une tension alternative. Ce circuit a en outre l'intérêt de protéger l'entrée de l'ADS1115 d'éventuelles tensions sortant de la place [GND,VDD].

• Planche à pain

Un élément très important pour connecter le Raspberry, sans soudure (voir figure 7). L'utilisation d'une planche à pain permet de créer des prototypes temporaires et expérimenter les différentes conceptions des circuits. À l'intérieur des trous (points d'attache) du boîtier en plastique, sont des clips métalliques qui sont connectés les uns aux autres par des bandes de matériau conducteur.

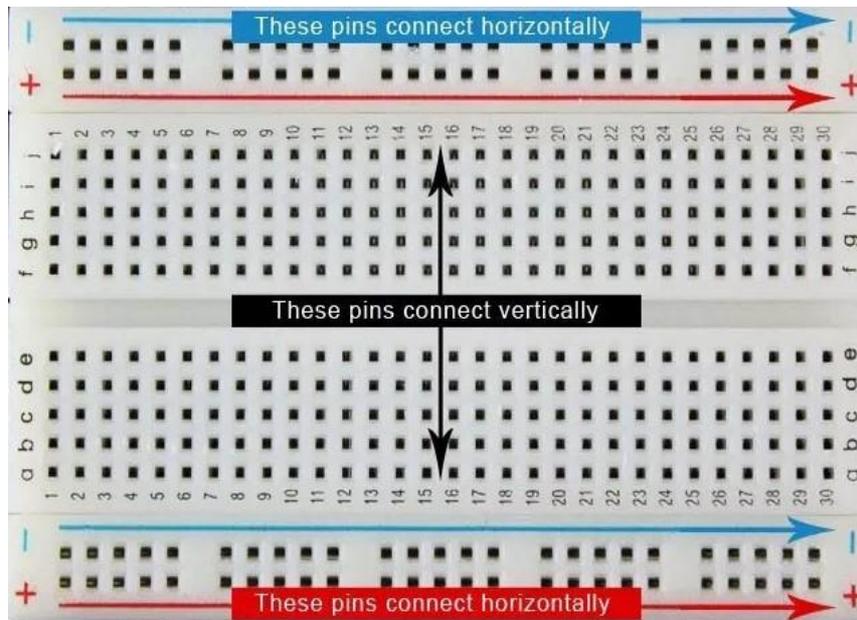


Figure.7 : planche à pain

• Fils de cavalier :

Pratique pour réaliser des faisceaux de câbles ou des sauts entre les en-têtes des circuits imprimés. La planche à pain a besoin d'alimentation depuis la carte Raspberry à l'aide de fils (Figure 8). Ces fils sont également utilisés pour former le circuit en connectant des résistances, commutateurs, capteurs et autres composants ensemble.

I.3 Langage de programmation

- Python: est un langage de programmation de haut niveau conçu pour être facile à lire et simple à mettre en œuvre [12]. Raspberry Pi3 Model B et le serveur Web le code est écrit en langage Python.
- SQLite3 : SQLite est un système de gestion de base de données relationnelle contenu dans une Bibliothèque de programmation C. Les fichiers de base de données SQLite sont couramment utilisés comme conteneurs pour transférer du contenu riche entre les systèmes et en tant que format d'archivage à long terme pour les données [12].
- HTML4 : Signifie "HypertextMarkupLanguage". HTML est la langue utilisée pour créer des pages Web. "Hypertexte" fait référence aux hyperliens qu'un HTML la page peut contenir. Le «langage de balisage» fait référence à la façon dont les balises sont utilisées pour définir la mise en page et les éléments de la page [12]. Le serveur web est implémenté en utilisant HTML et SQLite.
- Java5 : Java est un langage de programmation de haut niveau développé par Sun Microsystems. Il a été initialement conçu pour développer des programmes pour les décodeurs et les appareils portables, mais plus tard, il est devenu un choix populaire pour la création d'applications Web [13]. L'application mobile nécessite des langages Java et XML.
- XML6 : Signifie «Extensible MarkupLanguage». XML est utilisé pour définir des documents avec un format standard qui peuvent être lus par n'importe quel format compatible XML application [13]. Nous utilisons le langage XML pour décrire les éléments qui peuvent être accessibles lors du chargement d'une page Web. Il permet de créer une base de données d'informations sans avoir une base de données réelle.

I.3.1 IDE logiciels

- **Pycharm7** : La plateforme de développement PyCharm est facile à utiliser et vous aide à créer des programmes intégrés qui fonctionnent. L'éditeur et le débogueur PyCharm sont intégrés dans une seule application qui fournit un environnement de développement de projet. Nous l'avons utilisé pour la mise en œuvre de notre serveur Web pour différentes raisons telles que la création d'installations, l'édition de code source, débogage de programme et la simulation complète dans un environnement puissant.



Figure 10 : Logo de PyCharm.

• **Android Studio** : Android Studio est l'environnement de développement intégré officiel (IDE) pour le développement d'applications Android. Il est basé sur IntelliJ IDEA, un environnement de développement intégré Java pour les logiciels, et intègre ses outils d'édition de code et de développement [13]. Nous avons utilisé cet IDE software pour développer notre partie d'application mobile.



Figure 11 : Logo d'Android Studio.

I.3.2 Configuration de la messagerie Cloud Firebase

Tout d'abord, nous devons ajouter le service FCM à notre application mobile après la connexion à Firebase en utilisant un e-mail et créer un nouveau projet.

Cas côté client : prend comme paramètres à la fois le titre et le corps du message.

Ensuite, nous générerons nos notifications à la suite d'un message FCM reçu.

```
@Override
public void onMessageReceived(RemoteMessage remoteMessage) {
    FirebaseMessaging.getInstance().subscribeToTopic("rasp");
    // TODO(developer): Handle FCM messages here.
    // If the application is in the foreground handle both data and notification messages here.
    // Also if you intend on generating your own notifications as a result of a received FCM
    // message, here is where that should be initiated. See sendNotification method below.
    Log.d(TAG, "From: " + remoteMessage.getFrom());
    // Check if message contains a data payload.
    if (remoteMessage.getData().size() > 0) {
        Log.d(TAG, "Message data payload: " + remoteMessage.getData());
    }
    if (remoteMessage.getNotification() != null) {
        Log.d(TAG, "Message Notification Body: " + remoteMessage.getNotification().getBody());
    }
    //The message which i send will have keys named [title,message] and corresponding values.
    String title = remoteMessage.getNotification().getTitle();
    String message = remoteMessage.getNotification().getBody();
    sendNotification(title, message);
}
```

Figure 13 : Recevoir le code source de notification.

Cas côté serveur : nous utilisons Raspberry comme serveur car il gère un temps court que la machine du serveur Web.

```
from pyfcm import FCMNotification

# Your api-key can be gotten from: https://console.firebase.google.com/project/<project-name>/settings/cloudm
push_service = FCMNotification(api_key="AAAAdnTdlqs:APA91bHVWjZICB0Bp-wNmGniYeNoMD7sWsjyVrEwXnztzycTB2gm0CmEvF

#result = push_service.notify_single_device(topic=specific_topic,
# registration_id=registration_id, message_title=message_title, message_body=message_body)
result=push_service.notify_topic_subscribers("rasp",message_title="alret",message_body="water is contaminated")
print result
```

Figure 14 : Source de code de notification push.

I.3.3 Affichage des données historiques

Afin de consigner les données de mesure du capteur de turbidité dans la base de données, nous avons créé deux tables (une base de données peut contenir plusieurs tables). Nos tables nommées "turbidités" et il a 3 colonnes, où nous allons enregistrer les données collectées : heure (date et heure), valeur de turbidité et un identifiant pour chacune des tables.

```
def insert_values(sensor_id, cond, turb):  
  
    conn=sqlite3.connect('C:/feryel-M2/memoire/Pi-Temp-master/lab_app/app.db') #It is important  
    #absolute path to the database  
    #file, otherwise Cron won't be  
    #able to find it!  
  
    curs=conn.cursor()  
    curs.execute("""INSERT INTO Conductivities values(datetime(CURRENT_TIMESTAMP, 'localtime'),  
    (?), (?))""", (sensor_id,cond))  
    curs.execute("""INSERT INTO turbidities values(datetime(CURRENT_TIMESTAMP, 'localtime'),  
    (?), (?))""", (sensor_id,turb))  
    conn.commit()  
    conn.close()
```

Figure 17 : Insérer des valeurs de capteur dans la base de données.

Nous avons construit nos graphiques sur la base de données historiques, en envoyant comme paramètre d'entrée la période pendant laquelle nous voulons l'analyser pour être récupéré de notre base de données.

I.3.4 Interfaces d'application mobile :

Interface de connexion

L'utilisateur se connecte à l'application à l'aide d'un e-mail et d'un mot de passe. Une connexion à l'interface offre la possibilité à l'utilisateur, afficher le statut et vérifier personnel.

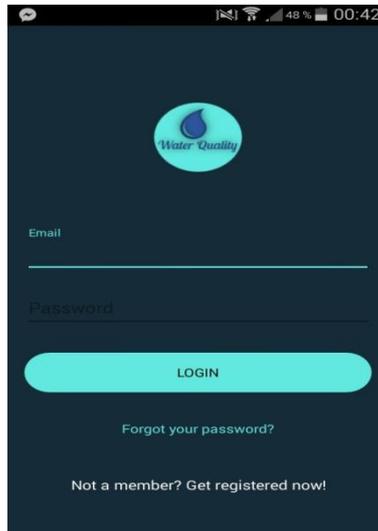


Figure 19 : Interface de connexion

Interface d'enregistrement

Nous recherchons les informations clés dont nous avons besoin pour connecter à notre compte et y accéder vers les autres avantages d'un compte d'interface. Ainsi, l'inscription contient un supplément champ qui est l'identificateur de framboise.

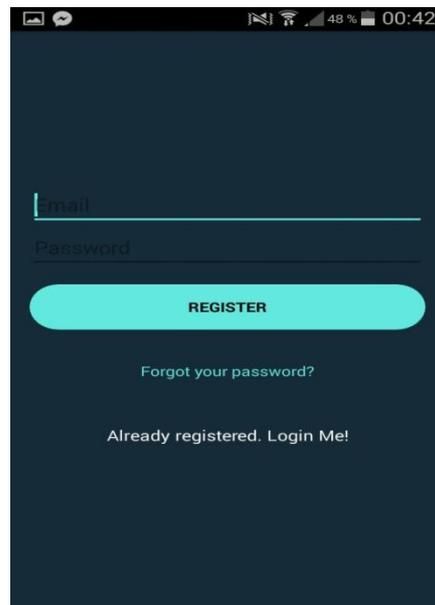


Figure 20 : Interface d'enregistrement

Interface de configuration de compte

Dans cette interface, nous avons toutes les options de compte de changement de mot de passe, e-mail, réinitialisation mot de passe, supprimer l'utilisateur et vous déconnecter.

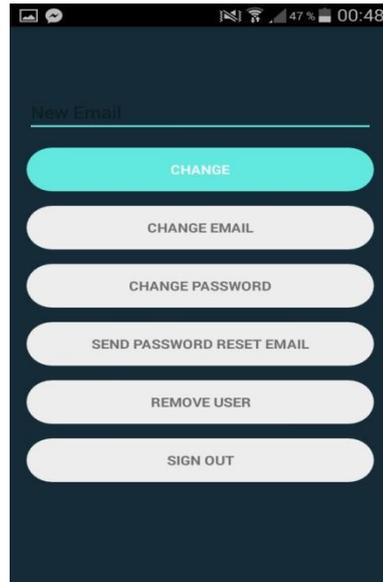


Figure 21 : Interface de configuration de compte

I.4 Résultats et discussions

- **Environnement de travail**

Comme indiqué, notre environnement de projet contient à la fois : framboise, capteurs, ordinateur et autres accessoires.

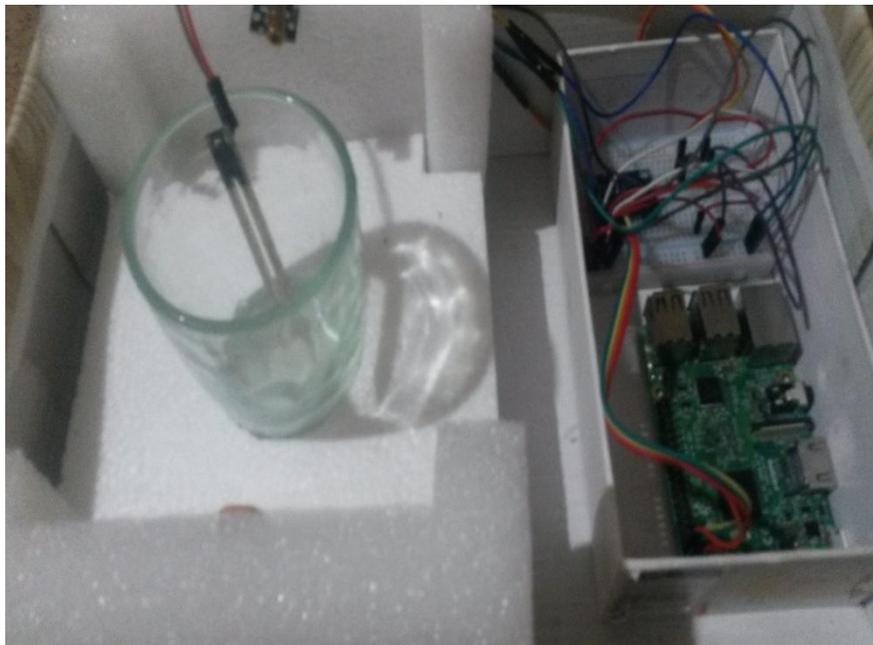


Figure 22 : Environnement de travail.

Nous établissons une connexion entre Raspberry et l'ordinateur à l'aide de la télécommande Connexion préinstallée sur Windows pour accéder à Raspberry Desktop.

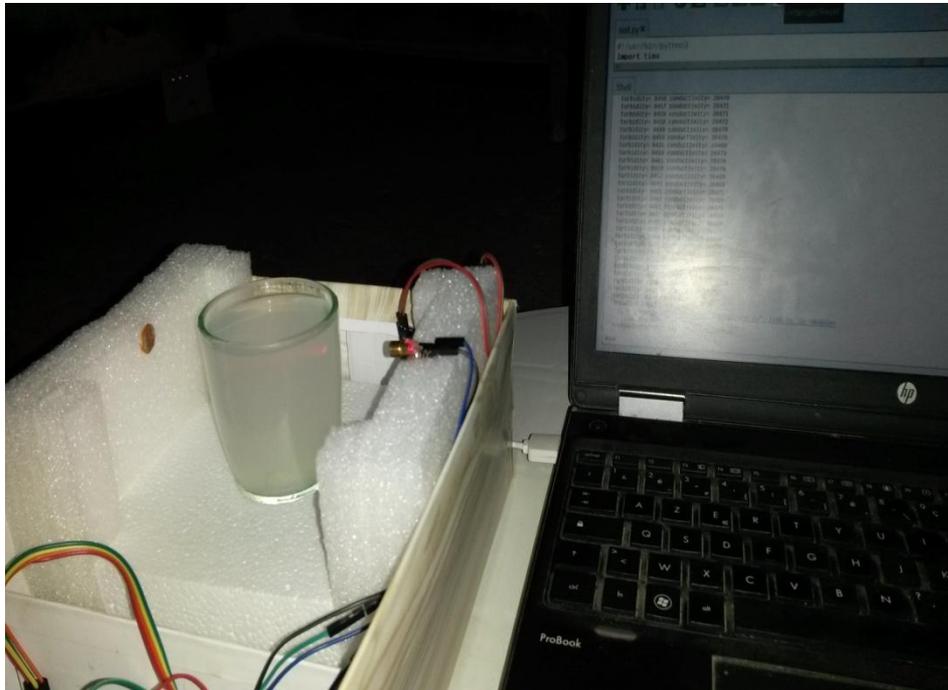


Figure 23 : données du capteur disponible au bureau de connexion à distance
Vérification de la turbidité

Nous avons testé notre système sur deux conditions ; sur l'eau propre et sur l'eau trouble. Les résultats sur l'eau propre nous donnent une gamme de signaux analogiques qui nous permet de définir le processus du changement du filtre.

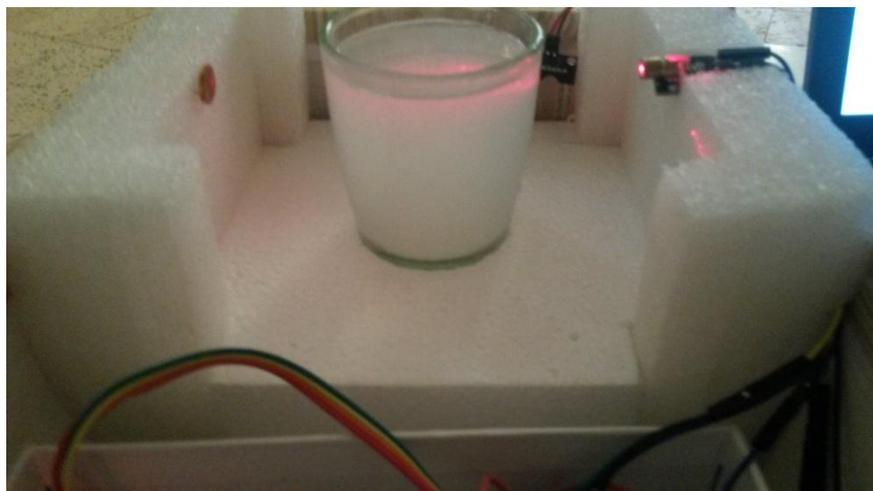


Figure 24 : Vérification de la turbidité.

Notons que, lorsque la turbidité augmente, sur le Smartphone ou le PC du bureau un voyant rouge est allumé.

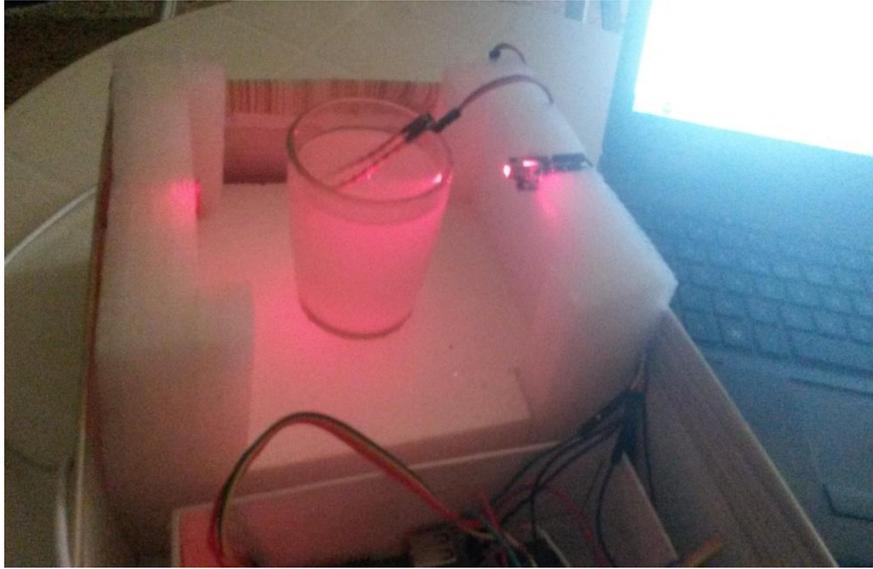


Figure 25 : turbidité maximum

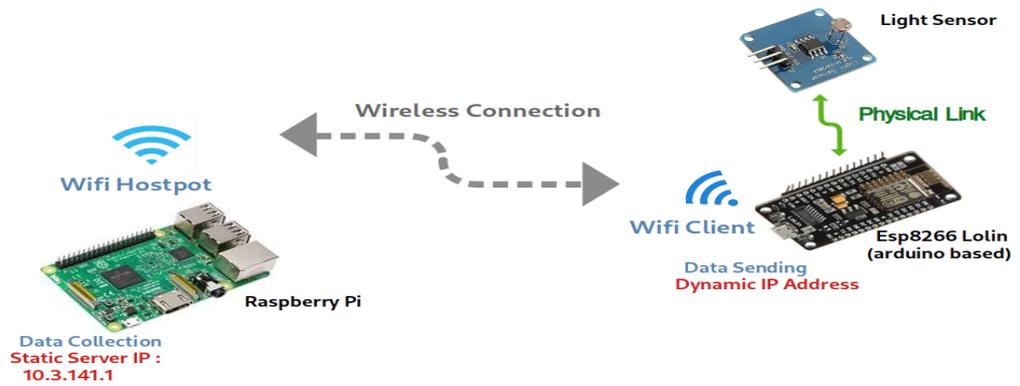
Conclusion

Notre projet vise à développer un système de surveillance de la turbidité au niveau des filtres en vue de leur remplacement. Le système développé a réussi à détecter la turbidité. Par conséquent, il met à jour la page Web, puis il informe les utilisateurs s'il y a colmatage des filtres ce qui augmente considérablement la pression à l'entrée des filtres.

Cette partie présente un système de surveillance en temps réel de la turbidité ce qui implique le remplacement des filtres.

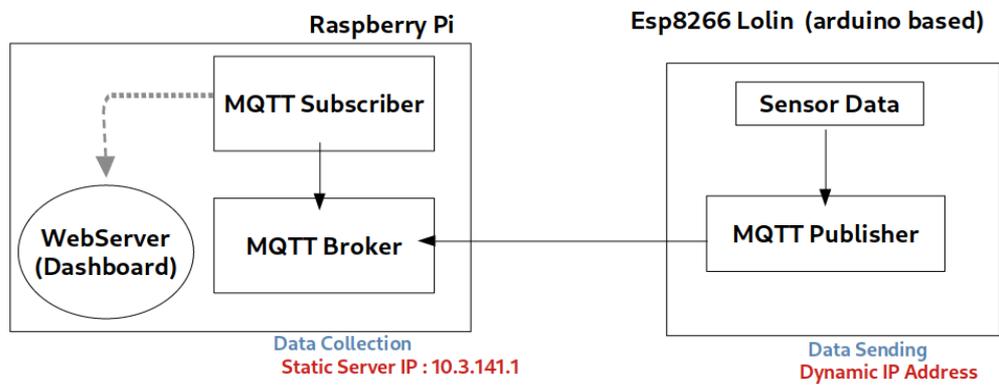
Le système développé offre une surveillance rapide et facile maintenue en permanence.

1) Vue générale du système.



2) Schéma de communication des données système selon le protocole MQTT

Communication Protocol (MQTT)



Pseudo-Algorithmes

Pseudo Algorithme du micro-contrôleur Esp8266

Algo Esp8266

Debut

connecter_au_wifi(); // hotspot wifi generer par raspberry pi

Repete :

valeur ← Lire_valeur_capteur_lumiere() ;

mqtt_publier(valeur);

Fin

Pseudo Algorithme du programme principale sur Raspberry Pi

Algo Rspi

Debut

Repete:

valeur ← lire_valeur_depuis_Broker();

couleur ← selectionner_couleur_depuis_valeur(valeur);

afficher_au_table_control(valeur,couleur)

Fin

Code Source

A) Code Source Esp8266 Lolin :

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include "Adafruit_MQTT.h"
#include "Adafruit_MQTT_Client.h"
#define WLAN_SSID    "raspi"
#define WLAN_PASS    "absolutezero"
#define AIO_SERVER    "10.3.141.1"
#define AIO_SERVERPORT 1883
#define AIO_USERNAME  ""
#define AIO_KEY       ""
WiFiClient client;
Adafruit_MQTT_Client mqtt(&client, AIO_SERVER, AIO_SERVERPORT,
AIO_USERNAME, AIO_KEY);
Adafruit_MQTT_Publish sensor1 = Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt,
"/datarcv/esp/light/");
void MQTT_connect();
void setup() {
Serial.begin(9600);
delay(10);
Serial.println(); Serial.println();
Serial.print("Connecting to ");
Serial.println(WLAN_SSID);
WiFi.begin(WLAN_SSID, WLAN_PASS);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
delay(500);
Serial.print(".");
}
Serial.println();
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: "); Serial.println(WiFi.localIP());
```

```
}  
void loop() {  
  MQTT_connect();  
  int msg_tosend = analogRead(A0);  
  delay(2000);  
  Serial.print(F("\nSending Sensor Data "));  
  Serial.println(msg_tosend);  
  Serial.print("...");  
  if (! sensor1.publish(msg_tosend)) {  
    Serial.println(F("Failed"));  
  } else {  
    Serial.println(F("OK!"));  
    msg_tosend = 2;  
  }  
  if(! mqtt.ping()) {  
    mqtt.disconnect();  
  }  
}  
void MQTT_connect() {  
  int8_t ret;  
  if (mqtt.connected()) {  
    return;  
  }  
  Serial.print("Connecting to MQTT... ");  
  uint8_t retries = 3;  
  while ((ret = mqtt.connect()) != 0) { // connect will return 0 for connected  
    Serial.println(mqtt.connectErrorString(ret));  
    Serial.println("Retrying MQTT connection in 5 seconds...");  
    mqtt.disconnect();  
    delay(5000); // wait 5 seconds  
    retries--;  
    if (retries == 0) {  
      while (1);  
    }  
  }  
}
```

```
}  
Serial.println("MQTT Connected!");  
}
```

B) Code source programme principale sur Raspberry Pi

```
import web  
import paho.mqtt.subscribe as subscribe  
topics = ['/datarcv/esp/light/']  
render = web.template.render('templates/')  
urls = (  
'/', 'index'  
)  
app = web.application(urls, globals())  
def status(percent):  
per = float(percent)  
if(per > 75):  
color = "green"  
description = "Good"  
elif(per < 75 and per > 40):  
color = "orange"  
description = "Medium"  
else:  
color = "red"  
description = "Bad"  
return [color,description]  
class index:  
def GET(self):  
m = subscribe.simple(topics, hostname="10.3.141.1", retained=False)  
percent = str(round(int(m.payload)*100/1024,2))  
stat = status(percent)  
return render.index(str(m.payload),percent,stat[0],stat[1])  
if __name__ == "__main__":  
app.run()
```

Conclusion générale

Les problèmes posés par les performances des chaînes de production, les perturbations de la sécurité de la chaîne peut mener à de graves pertes financières, nuire à la réputation de l'usine et provoque l'insatisfaction des clients voire leur perte.

C'est dans cette optique que nous avons proposé ce thème pour rapprocher l'université et du secteur utilisateur et résoudre les problèmes de performance.

Sur le site de la chaîne de production, l'équipe de maintenance et du laboratoire rencontre un problème lié au remplacement du filtre amont de la chaîne, son colmatage provoque une surpression et des pertes de charge considérable, cette situation a engendrer des visites visuel quasi journalière pour s'enquérir de l'état du manomètre pour un éventuel changement du filtre.

La mise en place de notre système permet alors d'obtenir les résultats de la turbidité via un Smartphone en vue de remplacer la cartouche filtrante sans se déplacer vers la station de filtration. Cette évaluation est effectuée à l'aide d'un ensemble de tests.

Nous proposons pour le directeur de l'usine une automatisation complète de la chaîne de production pour l'amélioration de ses performances.

Cette architecture comporte tous les éléments classiques d'un système à microprocesseur. Notre choix est porté sur Le Raspberry Pi qui présente un ensemble d'avantages dans ce genre d'acquisition et le langage de programmation Python utilisable dans de nombreux contextes et qui s'adapte à tout type d'utilisation grâce à des bibliothèques spécialisées.

- [1] KOUIDRI NEE BELALA ZOHRA. « Etude et traitement de l'eau du barrage djorf-el torba de la wilaya de bechar par filtration sur sable », Mémoire de magister. université hassiba benbouali de chlef.
- [2] HASLAY.C et LECLERC. H. Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Techniques et documentations, Paris, pp 309-347,Année 1993.
- [3] TALEB.S. Professeur« confrontation des normes algériennes des eaux potables aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS) ». Laboratoire de chimie analytique appliquée-faculté des sciences-université d. liabes- sidi bel-abbès(Algérie).
- [4] BASSOMPIERRE Cindy. « Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote a la validation de modèles »Thèse Doctorat Institut National Polytechnique De Grenoble, pp 25-42.(2007).
- [5] MARGAT (J), « ressources en eau et utilisations dans le monde », Idées reçues et réalités, article, Actes 2003
Cite internet :[http://fig-St-die.Éducation .fr /actes /actes-2003/margat/article .htm # haut \(02/03/05\)](http://fig-St-die.Education.fr/actes/actes-2003/margat/article.htm#haut).
- [6] PARCEVAUX (S) dictionnaire Encyclopédique D'agrométéorologie, Paris, 323p.1990
- [7]RABIET.M. « Contamination de la ressource en eau par les eaux usées dans un bassin versant méditerranéen apport des éléments majeurs, traces et terres rares »,
Thèse de Doctorat, Université MontpellierII.2006
- [8] KAIDRASSOU.K. « Etude des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans le bassin côtier d'Oualidia », Thèse de doctorat, faculté des sciences semlalia – marrakech FSR page 139.2009
- [9] GUERGAZI S. ACHOUR S« Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra ». Pratique de la chloration, Larhyss Journal, 4,119-127, (2005).
- BOHY M « Caractérisation de sources de pollution composées d'un mélange de solvants chlorés en aquifère alluvial, Expérimentations en laboratoire et sur site contrôlé associées à la simulation numérique ».Thèse de doctorat, université louis pasteur de Strasbourg, (2003).