



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES



Département de chimie

Licence Sciences et Techniques (LST)

TECHNIQUES D'ANALYSE ET CONTROLE DE QUALITE (TACQ)

**Suivi des concentrations des chlorures et d'ammonium de l'eau
potable par cartes de contrôle**

Présenté par :

- ◆ **CHAL Nouhayla**
- ◆ **Encadré par :**
- ◆ **Pr. A. BOUAYAD (FST-Fès)**
- ◆ **Mr. R .ERMAIDI (Société)**

Soutenu Le Juin 2022 devant le jury composé de:

- Pr.
- Pr.
- Pr.

Stage effectué à QEE

Année Universitaire 2021 / 2022

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35

🌐 Site web: <http://www.fst-usmba.ac.ma>

Remerciements

J'adresse tout d'abord mes remerciements à mon Professeur, **Mr BOUAYAD Abdelouahed** enseignant chercheur à la Faculté des Sciences et Techniques Fès, pour son encadrement et ses remarques constructives.

Je remercie chaleureusement **Mr. FARHAT Kamal** le directeur du laboratoire QEE, pour l'opportunité des stages qui offre aux stagiaires pour enrichir leurs connaissances scientifiques.

Je tiens particulièrement à remercier mon encadrant de stage **Mr.ERMAIDI Reda** pour l'attention et l'aide qu'elle m'a apporté au quotidien pendant mon stage.

Je remercie Messieurs Pr () et Pr () d'avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements à toute l'équipe du laboratoire QEE, pour son accueil et sa bonne humeur.

J'exprime également ma reconnaissance à tous mes collègues pour leurs commentaires et suggestions.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect, mon cher père.

A la femme qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse mon adorable mère.

A mes frères et mes sœurs qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout le long de mes études.

Listes des figures

Figure 1: Organigramme de laboratoire.....	8
Figure 2: Cycle de l'eau dans la nature.....	9
Figure 3: PH mètre.....	10
Figure 4: Conductimètre.....	11
Figure 5: Turbidimètre.....	12
Figure 6: Carte de contrôle des concentrations des témoins d'ammonium.....	21
Figure 7: Carte de contrôles des concentrations des témoins des chlorures.....	23

Listes des tables

Tableau 1: Tableau des coefficients pour calculer les limites de la carte R.....	18
Tableau 2: Tableau des coefficients pour calculer les limites de la cartes S.....	18
Tableau 3: Les concentrations des témoins d'ammonium.....	21
Tableau 4: Concentration des témoins des chlorures.....	23

Sommaire

Introduction.....	6
Présentation de laboratoire	7
I-Généralité sur l'eau	7
1-Définition	8
2-Cycle de l'eau	9
3-L'eau potable	8
II-Quelque analyse chimique réalisée au laboratoire de contrôle de qualité de l'eau potable (QEE)	10
1-Potentiel hydrogène	9
2-Conductivité.....	10
3-Turbidité.....	11
4-Dosage des chlorures	11
5-Dosage d'ammonium	13
6-Dosage des nitrates	15
7-Dosage des sulfates	16
8-Dosage des nitrites	16
III-Carte de contrôle.....	14
1-Définition	16
2-Principe	16
3-Les buts et les bénéfices.....	17
4-Types de cartes de contrôle.....	17
IV-Etude expérimental.....	20
1-Application de la carte de contrôle sur le témoin de l'ammonium	20
2-Application de la carte de contrôle sur le témoin des chlorures.....	22
V-Les causes et les situations hors contrôle	24
Conclusion	26

Introduction

La qualité d'un produit ou d'un service étant son aptitude à satisfaire les clients et les utilisateurs. Quel que soit le type d'entreprise son personnel porte la responsabilité de données des résultats, des produits, qui répondent aux satisfaction et aux besoin des clients en suivant une démarche de travail collective qui suit les normes et qui respectent les bonnes pratiques.

Ils sont confrontés quotidiennement à l'amélioration des performances de l'ensemble de leur processus afin de garantir leur pérennité et leur compétitivité.

La qualité d'un produit a deux ennemis, les écarts aux spécifications cibles et la dispersion excessive autour des spécifications cibles c'est pour cela l'utilisation d'un outil qualité va permettre d'éviter toute sorte d'écart et garder le processus sous contrôle.

Dans ce rapport, j'ai traité les analyses physico-chimiques effectuées au sein de laboratoire QEE du contrôle qualité de l'eau potable. Mon choix été fixé sur deux paramètres les chlorures et l'ammonium afin d'établir les cartes de contrôles pour s'assurer si le processus est sous contrôle ou non.

Présentation de laboratoire

❖ La fiche signalétique :



1. Dénomination du laboratoire : Laboratoire Qualité Eau Environnement.
2. Date de création : 01/01/2009.
3. Statut juridique : S.A.R.L (société à responsabilité limitée).
4. Le directeur du laboratoire : Dr. FARHAT Kamal.
5. Téléphone : 05 35 60 80 17.
6. Fax : 05 35 60 81 32.
7. Adresse : 12, Rue 11, bureau n°1 Marché Hay Lalla Soukaina-Zouagha-Fés.
8. Site web: www.laboqee.ma.
9. N° de registre commerce : 3063.
10. N° d'identification fiscal : 402721811.
11. Capital : 750 000.00 DH

❖ Accréditation :

Cette dernière apporte la garantie que les résultats obtenus selon des méthodes validées et des procédures conformes à des références précises.

En choisissant un laboratoire accrédité, les analyses sont réalisées à un haut niveau de fiabilité c'est le cas du laboratoire QEE désormais accrédité SEMAC , reconnue et accrédité par ONSSA selon le référence NM ISO 17025. Il est engagé dans une démarche dynamique collective d'amélioration basée sur le savoir-faire et le savoir être du personnel, le respect des règles d'impartialité, d'indépendance, de transparence et de confidentialité, et aussi la satisfaction aux attentes des clients en leurs prêtant une écoute attentive, une communication claire et une réactivité efficace.

❖ Activités et prestation au laboratoire :

Les principales activités du laboratoire QEE sont :

*Hygiène alimentaire : renferme la microbiologie des aliments

*Hygiène de l'eau destinée à l'agro-industrie ou à l'élevage : renferme les analyses microbiologique et physico-chimique des eaux.

❖ Les clients du laboratoire :

Ce sont les particuliers, les industries, les organismes nationaux (ONEP ,RADEEF ,etc...).

❖ L'organigramme de l'entreprise :

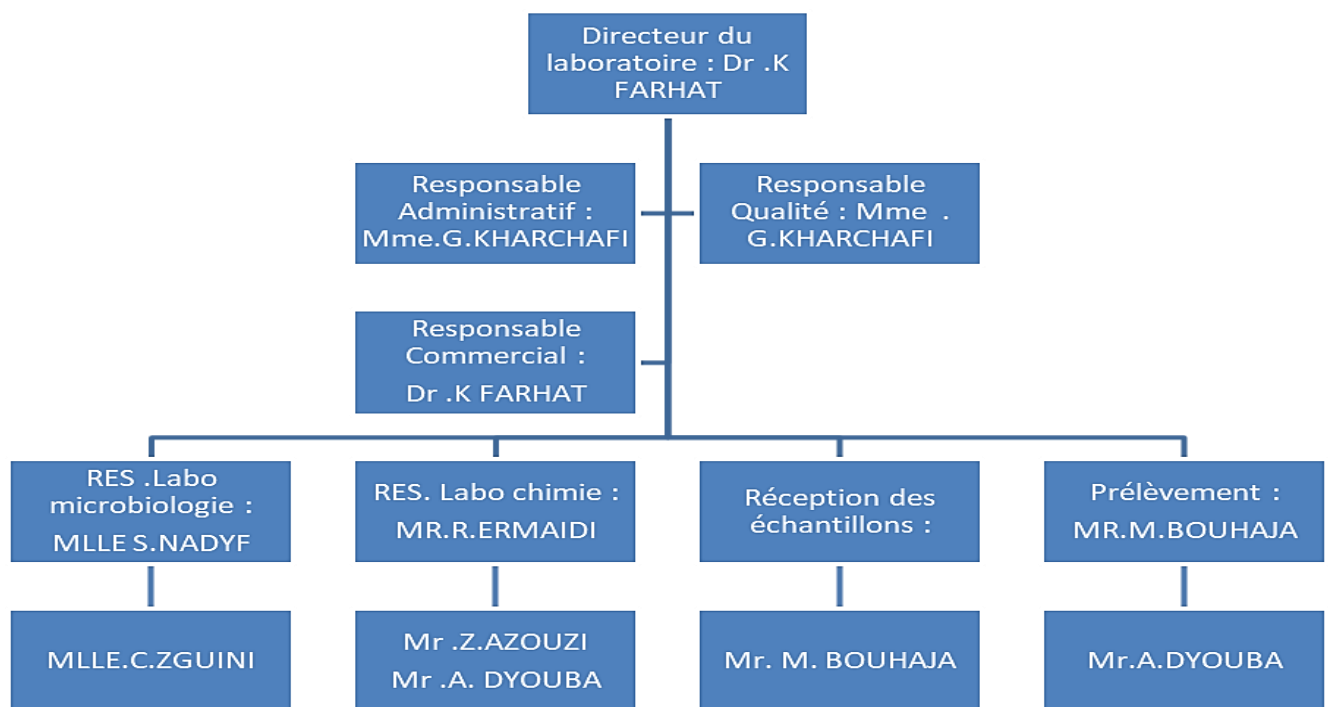


Figure 8: Organigramme de laboratoire

I-Généralité sur l'eau :

1-Définition :

L'eau appelée oxyde d'hydrogène ou hydroxyde d'hydrogène est un composé chimique simple très stable avec des propriétés complexes à causes de sa polarisation. Sa formule chimique est H_2O , chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène entre deux atomes d'hydrogène disposés en V très ouvert.

L'eau est un ubiquitaire sur terre et dans l'atmosphère, sous ses trois états, solide, liquide et gazeux. C'est un constituant biologique important, essentiel sous sa forme liquide pour tous les organismes vivants connus.

2-Cycle de l'eau :

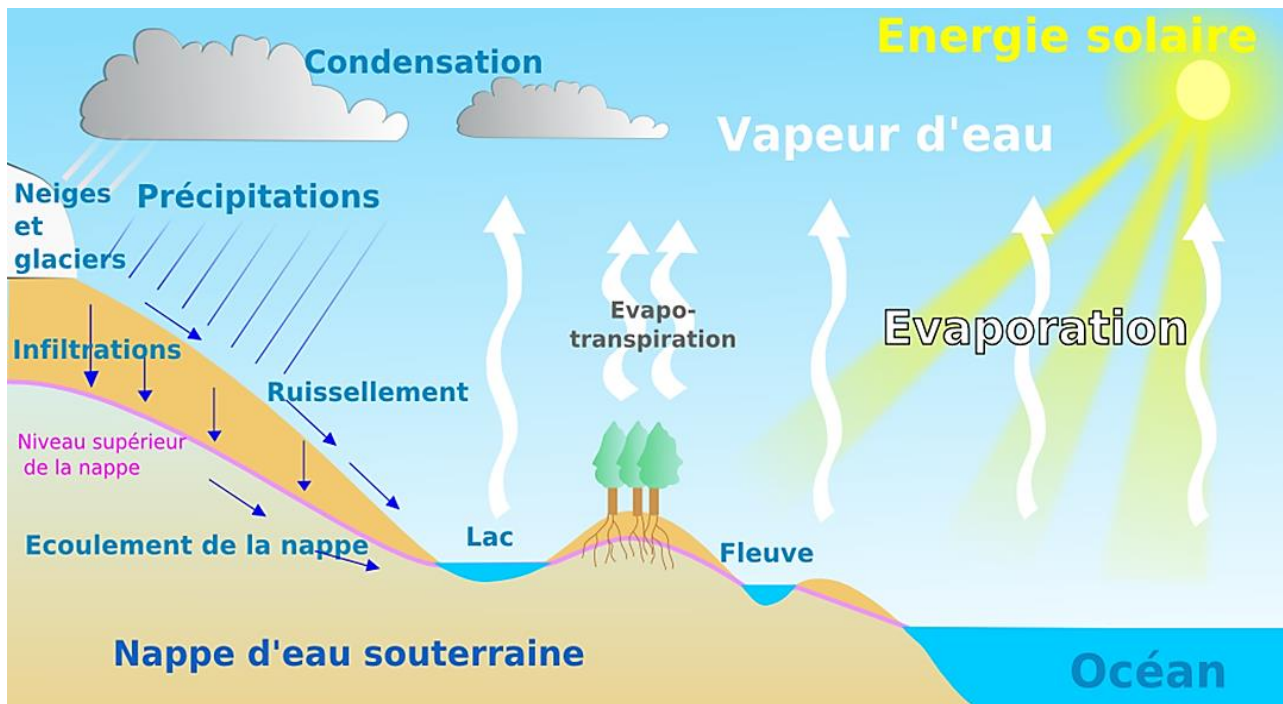


Figure 9: Cycle de l'eau dans la nature

3-L'eau potable :



L'eau potable selon les normes de qualité est une eau qui peut être bue, ou utilisée à des fins domestiques et industrielles sans danger pour la santé pour cela, elle doit répondre à une série de critères :

- **Organoleptiques** : odeur, couleur, saveur.
- **Physico-chimique** : température, pH, teneurs en chlorures, sulfates, nitrates....
- **Microbiologiques.**

II-Quelque analyse chimique réalisée au laboratoire de contrôle de qualité de l'eau potable (QEE) :

Ces analyses donnent un aperçu sur la qualité de l'eau. Une eau de bonne qualité doit être en toute conformité avec les normes des paramètres de chaque région, les paramètres à analyser sont choisis selon l'objectif recherché.

1-Potentiel hydrogène :

Le PH est un indicateur sur l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. L'acidité de l'eau provoque une corrosion des tuyauteries métalliques conduisant à une augmentation des concentrations de certaines substances métalliques tandis que la basicité de l'eau entraîne un dépôt de calcaire dans les canalisations.

Le PH dépend de l'activité des ions H_3O^+ dans le milieu selon la relation $PH = -\log[H_3O^+]$.

Les mesures de PH se font avec un PH mètre, les électrodes du PH mètre doivent être rincé avec l'eau distillé avant chaque utilisation.



Figure 10:PH mètre

PH=7	Neutre
7<PH<8	Neutralité approchée majorités des eaux de surfaces
5.5<PH<8	Eaux souterraines
PH>8	Alcalinité

2-Conductivité :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. C'est une fonction de la concentration totale en ions, de leur mobilité, de leurs valences, de leur concentration relatives.

La conductivité dépend également de la température de l'eau, elle est importante lorsque la température est élevée. Elle est mesurée par un conductimètre, mais avant d'introduire les électrodes dans l'eau à examiner, il faut bien les rincer par l'eau distillée. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{s}/\text{cm}$.



Figure 11: Conductimètre

3-Turbidité :

La turbidité est un paramètre organoleptique et une expression de propriété optique d'eau à absorber ou à diffuser la lumière. Elle est due à la condition plus ou moins trouble ou moins trouble d'une eau, due à la présence de matière fines en suspension (limons, argiles, micro-organismes, etc.....).

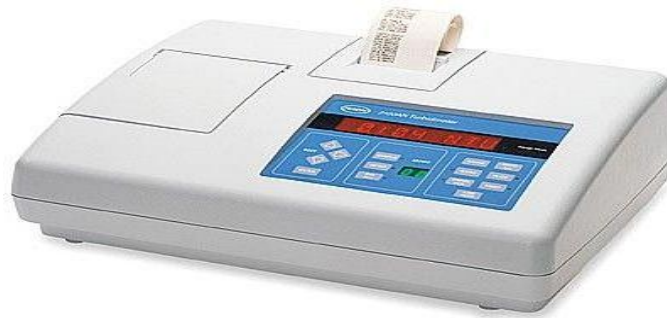


Figure 12:Turbidimètre

4-Dosage des chlorures :

➤ Les chlorures :

C'est un ion très répandus dans la nature sous formes de plusieurs sels (NaCl / KCl / CaCl_2) présent dans toutes les eaux et il constitue 0,05% de la lithosphère.

Les chlorures proviennent soit d'origine naturelle comme le lessivage des terrains, l'érosion des sols, la pénétration de l'eau de mer dans le sol...soit d'origine anthropique déglacage routier, lixiviation des décharges ...

➤ Principe de dosage des chlorures :

Ce dosage se base sur la réaction entre les ions chlorures et les ions d'argent pour former le chlorure d'argent insoluble qui se précipite quantitativement, avec l'addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromate qui ont été ajouté comme indicateur coloré.

➤ Réactifs utilisés :

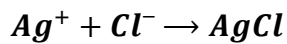
- Solution de nitrate d'argent.
- chromate de potassium.
- Chlorure de potassium.

➤ Mode opératoire :

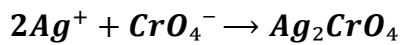
- On remplit la burette par la solution de nitrate d'argent.
- On introduit 50ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer.
- On ajoute 1ml de chromate de potassium.
- On dose l'eau jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge brique.

➤ Réaction

Réaction1 : Réaction du dosage du Cl^- par $AgNO_3$



Réaction 2 : Association des ions Ag^+ et les ions CrO_4^-



5-Dosage d'ammonium :

L'ammonium est un élément polluant lorsque sa concentration dépasse la valeur de 4 mg/l, car ce dernier favorise le développement des bactéries nitrifiantes .

➤ Principe :

Ce dosage se base sur le mesurage spectrométrique de composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

➤ Réactifs utilisés :

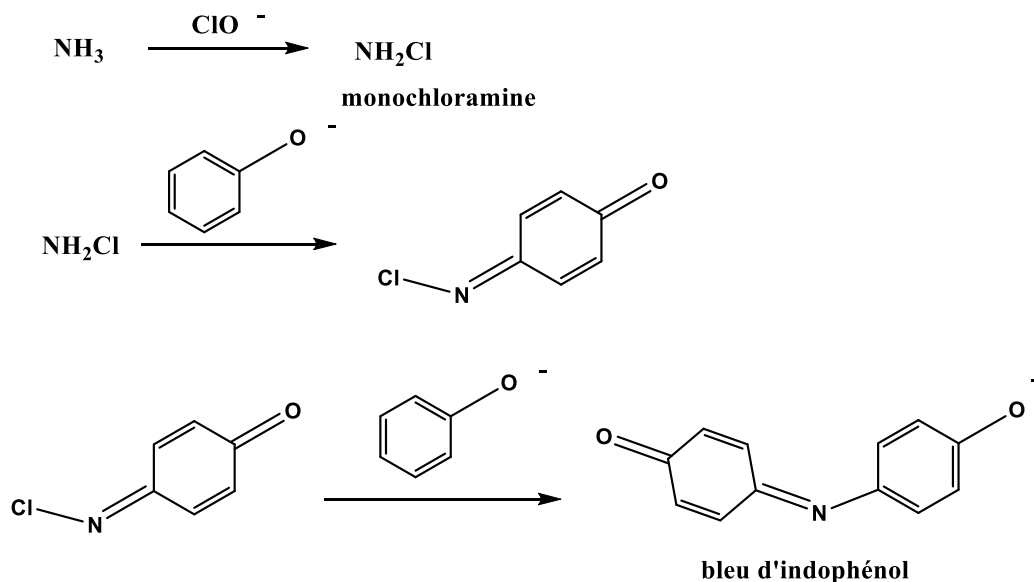
- Chlorure d'ammonium
- Salysilate de sodium
- Citrate tri sodique
- Nitroprussiate de sodium
- Solution alcaline

➤ Mode opératoire :

- On fait une prise d'essai de 40 ± 1 ml de l'eau à analyser dans une fiole de 50ml.
- On ajoute $4 \pm 0,05$ ml de la solution alcaline de dichloroisocyanurate de sodium .
- On ajoute $4 \pm 0,05$ ml de l'indicateur coloré (salicylate de sodium, Citrate , Trisodique, Nitroprussiate).
- On agite puis on place la solution dans un bain marie (25 ± 1 C°) au moins 60min.
- On effectue la lecture au spectromètre à $\lambda = 655$ nm dans les étuves de 10nm.

➤ Réaction :

Les ions ammoniums sont transformer en mono-chlore amines (NH_2Cl) en donnant le bleu indophénol susceptible d'être doser par spectrophotométrie.



6-Dosage des nitrates :

Les nitrates de formule NO_3^- ; représentant la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Leur présence est un indice de pollution d'origine agricole ou industrielle.

➤ Principe :

En présence de salicylate de sodium ; les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'être dosé par spectrophotométrie.

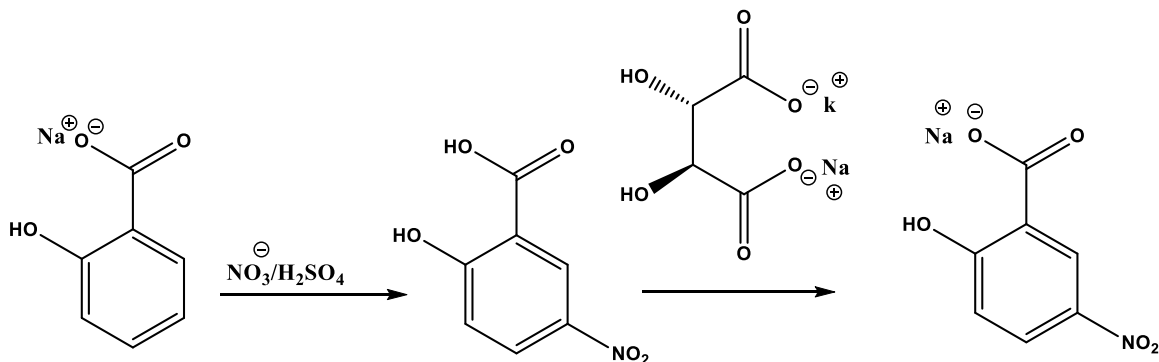
➤ Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium.
- Acide sulfurique concentré.
- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et potassium.

➤ Mode opératoire :

- Introduire dans un bécher 10 ml d'eau à analyser et 1ml de salicylate.
- Evaporer au bain marie ou dans une étuve portée à 75 °C ou 80°C.
- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu par 2ml d'acide sulfurique concentré.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée et 15ml du tartrate double sodium et potassium qui développe la couleur la couleur jaune.
- Faire la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre.

➤ Réaction :



7-Dosage des sulfates :

Les sulfates proviennent du gypse et des roches volcaniques. La concentration élevée des sulfates dans un milieu aquatique est due aux rejets industriels.

➤ Principe :

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution tween 20%.

Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre.

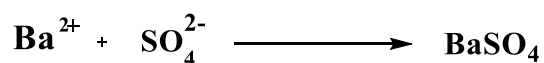
➤ Réactifs :

- Solution d'acide chlorhydrique.
- Solution de tween 20 à 25 % sulfates
- Solution de chlorure de baryum.

➤ Mode opératoire :

- Dans un bécher, introduire 39 ml d'eau à analyser, 1 ml HCL et 5 ml du chlorure de baryum stabilisé.
- Ajout de tween.
- Agiter énergiquement et laisser reposer pendant 15 ml.
- Agiter de nouveau et faire la lecture à une longueur d'onde de 650 nm par le spectrophotomètre.

➤ Réaction



8-Dosage des nitrites :

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable. Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux de formule NO_2^- ; ils sont très nocifs pour la santé humaine, leur toxicité est identique à celle des nitrates. Sous l'action des phénomènes biologiques, l'équilibre donc de

procéder au dosage des nitrates le plutôt possible.

➤ **Principe :**

L'acide sulfanilique en présence du phénol, forme avec l'ion NO_2^- un complexe jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de NO_2^- .

➤ **Réactifs :**

- Réactif chloré.
- Eaux distillé.

➤ **Mode opératoire :**

- Introduire dans une fiole de 50 ml , 40ml de l'eau distille .
- Ajouter 1ml du réactif chloré.
- Attendre 20ml .
- Mesurer la concentration par le spectrophotomètre a une longueur d'onde de 540 nm.

III-Cartes de contrôle

1-Définition :

La carte de contrôle est l'un des outils de base utilisé pour la maîtrise statistique des procédés. C'est une représentation graphique constituée d'une suite d'images de la production. Elle permet de visualiser la variabilité du procédé en distinguant les causes aléatoires et les causes assignables entrainant la dérive. L'intérêt de l'outil se situe dans la présentation graphique des résultats, permettant de visualiser en temps réel la régularité et la variabilité du processus.

2-Principe :

Une carte de contrôle est un graphique représentant des images successives de la production, prises à une certaine « fréquence de prélèvement », à partir d'échantillons prélevés sur la production. La ligne centrale d'une carte de contrôle (LC) représente la moyenne des valeurs de contrôle.

- La carte de contrôle comporte également quatre lignes. Deux de ces lignes, les limites de surveillances (lignes d'avertissement) sont situées à une distance \pm deux fois l'écart type de la ligne centrale ($LC \pm 2s$) , à Condition que les résultats soient normalement Distribués, environ 95% des résultats devraient se Situer à l'intérieur de ces limites. Sur la carte de contrôle, deux autres lignes (lignes d'action) sont également tracées à une distance de \pm trois fois l'écart-type de la ligne centrale ($LC \pm 3s$). Ces lignes s'appellent limites d'action et 99,7 % des données normalement distribuées devraient se situer à l'intérieur de ces limites.
- Quand le procédé est sous contrôle, presque tous les points doivent se trouver entre les limites

de contrôle .Un point observé hors des limites de contrôle indique que le procédé est hors contrôle. Il faut alors tenter d'en trouver la raison et d'éliminer la cause responsable de ce comportement.

- La carte de contrôle est un outil simple à utiliser, elle permet l'amélioration continue des Procédés en portant plusieurs bénéfices.

3-Les buts et les bénéfices :

Les cartes de contrôle ont de nombreux buts et avantages notamment les suivants :

- La carte de contrôle augmente la productivité et diminue les coûts.
- La carte de contrôle empêche les sous ou le sur contrôle.
- La carte de contrôle donne des indications sur les causes des problèmes.
- La carte de contrôle permet de mesurer la capacité (ou aptitude) du procédé.

4-Types de cartes de contrôle :

Selon la nature de la caractéristique suivie, les cartes de contrôle peuvent être classées en deux grandes branches : les cartes de contrôle aux mesures et les cartes de contrôle aux attributs.

Lorsque la caractéristique suivie est une variable mesurable (par exemple : poids, diamètre, longueurs, pression, etc.).

La maîtrise et le pilotage du processus sont effectués à l'aide de cartes de contrôle aux mesures.

Le contrôle par attributs s'utilise lorsque la caractéristique contrôlée est qualitative c'est-à-dire les données sont classées comme «Conforme » , ou «Non Conforme ».

Les différents types des cartes de contrôle sont :

i. Carte de contrôle par mesure :

Carte de la Moyenne

Carte de moyenne : Une des cartes les plus utilisées et les plus simples est la carte de contrôle pour la moyenne (Carte X), qui se base sur la distribution des valeurs de contrôle autour d'une valeur vraie ou attendue.

Cette carte peut être utilisée pour surveiller la combinaison d'effets systématiques et aléatoires sur les valeurs de contrôle, se fondant sur des résultats individuels ou sur la moyenne obtenue par des analyses multiples. En utilisant un matériau de référence similaire à un échantillon de contrôle, le biais peut être contrôlé en comparant la valeur moyenne avec la valeur de référence pendant un certain temps.

Les limites des cartes X sont calculées par les relations suivantes :

- Limite de contrôle supérieure : $LSCX = \text{Moyenne} + A2 \times R$
- Limite de contrôle inférieure : $LICX = \text{Moyenne} - A2 \times R$

Carte d'étendue :

Une carte d'étendue (R et r%) comporte une ligne centrale, une limite de surveillance supérieure et une limite d'action supérieure. Les cartes d'étendue sont essentiellement utilisées pour effectuer des contrôles de répétabilité. L'étendue est définie comme la différence entre le résultat individuel le plus petit et le plus grand pour deux ou plusieurs échantillons. En pratique, dans les laboratoires d'analyse, la carte R apparaît seulement sous sa forme la plus simple, par des déterminer Répétées d'échantillons à analyser dans chaque série d'analyse

Les limites de la carte R sont calculées par les relations suivantes :

- Limite de contrôle supérieure : **LSCR= D4 × R**
- Limite de contrôle inférieure : **LICR= D3 × R**

Taille de l'échantillon	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A2	1,88	1,023	0,729	0,577	0,483	0,419	0,373	0,337	0,308
D3	0	0	0	0	0	0,076	0,136	0,184	0,223
D4	3,267	2,575	2,282	2,115	2,004	1,924	1,864	1,816	1,77

Tableau 5:Tableau des coefficients pour calculer les limites de la carte R

✚ Carte Moyenne/Ecart type :

Utilisée si la taille de l'échantillon est supérieure ou égale à 6, dans ce cas on utilise l'écart type plutôt que l'étendue.

On utilise l'estimateur de l'écart type de l'échantillon, on se basant sur le calcul de la moyenne générale et la moyenne des écarts types.

Les limites de la carte S sont calculées par les relations suivantes :

Limite de contrôle supérieure : **LSCS = B4 × S**

Limite de contrôle inférieure : **LICS = B3 × S**

Avec : $S = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x - \bar{x})^2}{N-1}}$

Taille de l'échantillon	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A2	1,88	1,023	0,729	0,577	0,483	0,419	0,373	0,337	0,308
D3	0	0	0	0	0	0,076	0,136	0,184	0,223
D4	3,267	2,575	2,282	2,115	2,004	1,924	1,864	1,816	1,77

Tableau 6:Tableau des coefficients pour calculer les limites de la cartes S

✚ Carte Médiane/ Etendue :

La carte de contrôle aux médianes présente aussi des possibilités intéressantes. La médiane est la valeur telle qu'il y a autant de valeurs d'un côté que de l'autre. De plus, le fait de reporter les valeurs individuelles et de repérer la médiane permet à l'opérateur de bien dissocier les deux

aspects du pilotage des procédés :

- l'action sur les produits (bon/ pas bon) fondée sur les valeurs mesurées.
- l'action sur le procédé (réglage) fondée sur la médiane.

Les limites de la carte Médiane /Etendue sont calculés par les relations suivantes :

- Limite de contrôle supérieure : **LSC = Cible + R**
- Limite de contrôle inférieure : **LIC = Cible – R**

ii. Carte de contrôle aux attributs

🚦 Carte P :

On utilise cette carte pour suivre la proportion p de défectueux contenus dans un échantillon en provenance d'un lot ou d'une machine. Sur un prélèvement au hasard, à intervalle régulier, d'un échantillon de n pièces, on note le nombre de défectueux trouvés que l'on divise par l'effectif de l'échantillon n ($n > 50$) pour obtenir p .

$p = \text{nombre de pièces défectueuses} / \text{nombre de pièces dans l'échantillon}$

- Limite de contrôle inférieure : **LIC = $\bar{P} - 3 \sqrt{\bar{P}(1 - \bar{P})/n}$**
- Limite de contrôle supérieure : **LSC = $\bar{P} + 3 \sqrt{\bar{P}(1 - \bar{P})/n}$**

🚦 Carte np :

L'utilisation de la carte np est recommandé si l'effectif n de l'échantillon demeure le même pour chaque série d'échantillons. On reporte sur la carte np le nombre de défectueux observés chronologiquement dans les prélèvements successifs. Le nombre de défectueux dans un échantillon de taille n est $d = np$. Pour k prélèvements d'effectif n , le nombre moyen de défectueux est :

- Limite de contrôle supérieure : **LSC = $\bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$**
- Limite de contrôle inférieure : **LIC = $\bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$**

🚦 Carte C :

La carte c est utilisée pour suivre chronologiquement le nombre de défauts par unité contrôlée (100 mètres de câble, 20 mètres de rouleau de papier peint,...). Elle est différente des cartes p et np , car le critère suivi est le nombre de défauts et non le nombre de défectueux (refusés), une pièce présentant des défauts pouvant être ou non acceptée. Suivant le critère de gravité du défaut (critique, majeur ou mineur), la pièce sera ou non considérée comme défectueuse. Le nombre moyen de défauts observés sur k unités contrôlées est :

$$\bar{C} = \sum C/k$$

Les limites de contrôle sont donc :

- Limite de contrôle inférieure : $LIC = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$
- Limite de contrôle supérieure : $LSC = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$

Carte U :

Une carte U est utile dans le cas d'une production pour laquelle le nombre d'unités inspectées n'est pas constant. Elle permet de suivre dans le temps la proportion d'unités non conformes pour chaque control.

- Limite de contrôle supérieure : $LSC = \bar{U} + 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$
- Limite de contrôle inférieure : $LIC = \bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$

IV-Etude expérimental :

Cette partie sera consacrée à l'application de la carte de contrôle de la moyenne sur les matériels étalons de références des chlorures et d'ammonium.

Comme il est indiqué précédemment d'une carte de contrôle pour la moyenne comporte une ligne centrale, des limites de surveillance supérieure et inférieure, et des limites d'action supérieure et inférieure.

➤ Application de la carte de contrôle sur les témoins d'ammonium

1-Préparation du témoin de l'ammonium :

- Pour préparer un témoin d'ammonium on suit les étapes suivantes :
- On prélève 1ml de la solution étalon (chlorure d'ammonium) de concentration 1000mg/l.
- On verse le volume prélever dans une fiole jaugé de 100 ml , puis on complète le volume avec l'eau distillé jusqu'à le trait de jauge.
- On prélève ensuite 10ml de la solution précédente et on la verse dans une fiole jaugé de 100ml puis on complète le volume avec l'eau distillé jusqu'à le trait de jauge.
- On fait une prise d'essai de 40 ± 1 ml dans une fiole de 50ml.
- On ajoute $4 \pm 0,05$ ml de la solution alcaline de dichloroisocyanurate de sodium
- On ajoute $4 \pm 0,05$ ml de l'indicateur coloré salicylate de sodium / Citrate / Trisodique / Nitroprussiate.
- On agite puis on place la solution dans un bain marie (25 ± 1 C°) au moins 60min.
- On effectue la lecture au spectromètre à $\lambda = 655$ nm dans les étuves de 10nm.

2-Résultats :

D'après l'étude faite durant dix jours les valeurs trouvées sont les suivants :

JOURS	Concentration	LC	LCS	LCI	Ecart type	LSS	LSI
05/05/2022	0,4877	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
07/05/2022	0,5053	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
09/05/2022	0,4872	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
10/05/2022	0,4838	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
11/05/2022	0,4932	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
12/05/2022	0,4953	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
13/05/2022	0,4964	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
16/05/2022	0,5091	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
17/05/2022	0,4882	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
19/05/2022	0,5053	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
Moyenne	0,49515	0,49515	0,5216473	0,4686527	0,0088309	0,5128118	0,4774882
2*S	0,0176618						
3*S	0,0264927						

Tableau 3: Les concentrations des témoins d'ammonium

La carte de contrôle de la moyenne pour les témoins d'ammonium est donnée par cette figure :

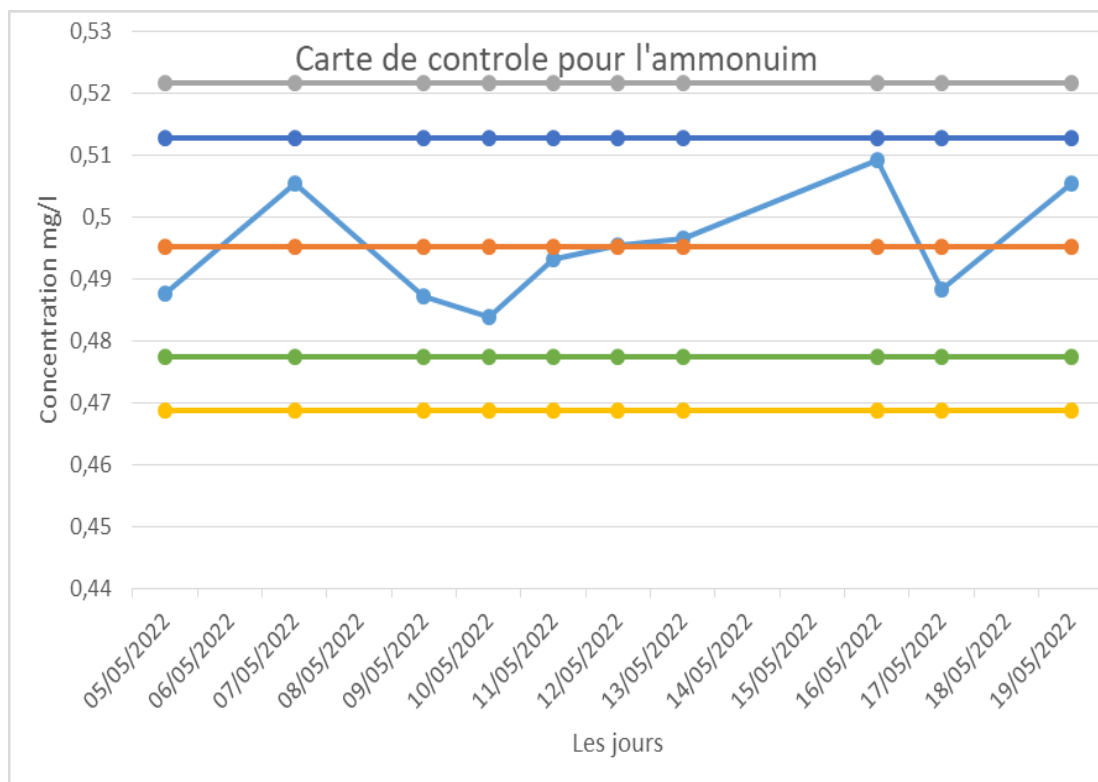


Figure 6: Carte de contrôle des concentrations des témoins d'ammonium

3-Interprétation des résultats :

Les résultats obtenus à l'issue de l'établissement des carte de contrôle montrent que les valeurs de contrôle se situent à l'intérieure des limites de surveillances.

On conclue que ce procédé est sous contrôle statistique et il montre une stabilité durant la période de collecte des 10 valeurs qui ont permis de calculer les limites de contrôle.

➤ Application de la Carte de contrôle sur les témoins des chlorures

1-Préparation du témoin des chlorures :

Pour préparer le témoin des chlorures on suit les étapes suivantes :

- On prélève 10ml de la solution étalon (chlorure de potassium) de concentration 500mg/l.
- On verse le volume prélevé dans une fiole et on complète avec l'eau distillé jusqu'à le trait de jauge
- On met la solution dans une erlenmeyer et on ajoute 1ml de l'indicateur coloré bichromate de potassium(K_2CrO_4).
- On dose la solution étalon préparé par le Nitrate d'argent ($AgNO_3$).
- On note les tombées de burettes et on détermine la concentration des chlorures pour chaque témoin par la relation : $(V_s - V_b) * C * F / V_a$

Avec :

V_s =Volume en ml de la solution $AgNO_3$ utilisé pour le titrage de l'échantillon

V_b =Volume en ml de la solution $AgNO_3$ utilisé pour le titrage du blanc

C = La concentration réelle de $AgNO_3$ exprimé en mol/l

F =Facteur de conversion = 35453mg/l

V_a =Volume en ml de l'échantillon pour essai

2-Résultats :

Jours	Concentration LC	LCS	LCI	Ecart type	LSS	LSI	
29/04/2022	50,34	50,479	51,9607422	48,9972578	0,49391407	51,4668281	49,4911719
05/05/2022	50,69	50,479	51,9607422	48,9972578	0,24695704	51,4668281	49,4911719
06/05/2022	50,69	50,479	51,9607422	48,9972578	0,24695704	51,4668281	49,4911719
07/05/2022	50,34	50,479	51,9607422	48,9972578	0,24695704	51,4668281	49,4911719
10/05/2022	50,34	50,479	51,9607422	48,9972578	0,24695704	51,4668281	49,4911719
12/05/2022	50,34	50,479	51,9607422	48,9972578	0,24695704	51,4668281	49,4911719
14/05/2022	49,98	50,479	51,9607422	48,9972578	0,24695704	51,4668281	49,4911719
17/05/2022	50,69	50,479	51,9607422	48,9972578	0,24695704	51,4668281	49,4911719
18/05/2022	50,69	50,479	51,9607422	48,9972578	0,24695704	51,4668281	49,4911719
24/05/2022	50,69	50,479	51,9607422	48,9972578	0,24695704	51,4668281	49,4911719
Moyenne	50,479						
2*S	0,98782814						
3*S	1,48174221						

Tableau 4: Concentration des témoins des chlorures

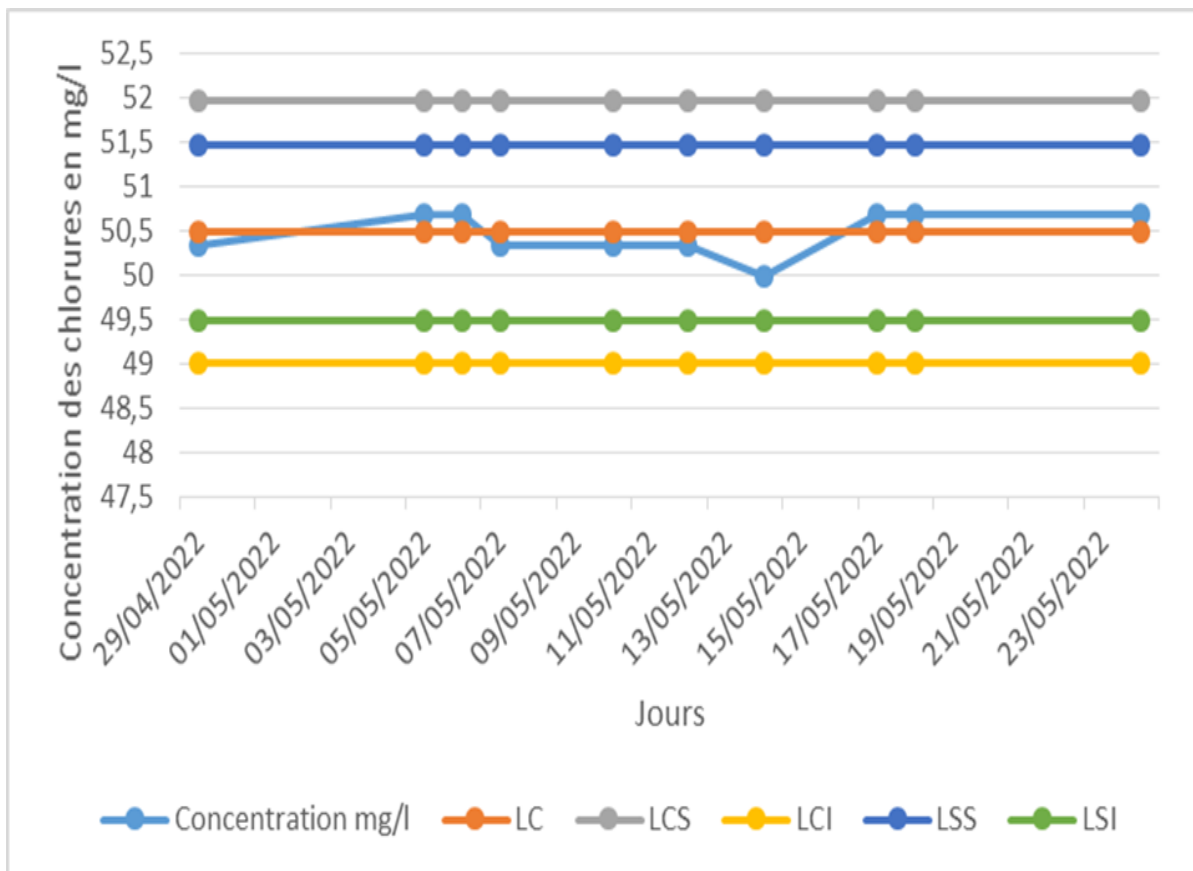


Figure 7: Carte de contrôles des concentrations des témoins des chlorures

3-Interprétation des résultats :

Les résultats obtenus à l'issue de l'établissement des cartes de contrôle montrent que les valeurs de contrôle se situent à l'intérieure des limites de surveillances.

On conclue que ce procédé est sous contrôle statistique et il montre une stabilité durant la période de collecte des 10 valeurs qui ont permis de calculer les limites de contrôle.

*Les deux paramètres traités montrent une stabilité des valeurs durant toute la période de collecte des données ce qui montre que tous les étapes du processus sont sous contrôle et tous le protocole des analyses est respecté par l'opérateur.

V-Les causes et les situations hors contrôle :

Passant maintenant au cas contraire si la carte de contrôle d'un paramètre montre un ou plusieurs points qui dépassent les limites dans ce cas une intervention rapide est nécessaire pour chercher les causes probables au problème et trouver des solutions efficaces pour rendre le processus sous contrôle. La collecte ou bien la recherche des causes qui dévient la stabilité de processus peut se faire par plusieurs outils qualités l'exemple le plus utilisés est :

Le diagramme des 5M /diagramme de causes effets/diagramme d'Ishikawa :

Ce diagramme peut être utilisé pour la recherche des causes et des effets en relation avec la non qualité d'un produit ou le dysfonctionnement d'un procédé en les classant en différentes familles. Le nom «5M» vient de l'initiation de chaque nom de famille utilisée : Main d'œuvre, Matière première, Méthode, Milieu, Matériel.

Il est la clé de voûte de la recherche des causes qui produisent l'effet et il doit être largement utilisé par les groupes de progrès comme un outil essentiel à la démarche d'amélioration permanente.

L'application de la méthode des 5M conduit à la détermination des causes qui peuvent affecter le processus parmi les causes possibles on trouve :

- **Main-d'œuvre** : opérateur non qualifiés (sans diplôme), manque de responsabilité, manque de formation....
- **Moyens** : machine traditionnelle, panne de machine, dérèglement, manque d'entretien, capacité limitée de la machine...
- **Méthodes** : méthodes de travail archaïques, simplicité de l'opération de triage, manque de moyens de contrôle...
- **Matières** : mauvaise qualité, non-conformité de matière offerte par le fournisseur ...
- **Milieu** : humidité, absence de moyens de sécurité...

*Après la détermination des causes la phase des solutions commence afin de corriger les erreurs et éviter la répétition du même problème :

- Amélioration des conditions de travail ;
- Amélioration du niveau des employés et leur rendement ;
- Amélioration de la qualité de Matière première ;
- Application de meilleures méthodes de travail ;
- Utilisation de nouvelles technologies ;
- Faire des sessions de formation ;
- Recrutement des employés qualifiés ;

Conclusion

Le contrôle de qualité des eaux est devenu une nécessité primordiale pour alimenter les populations en eau potable .Pour cela, il faut disposer d'un effectif humain et du matériel suffisants pour la réalisation de ces contrôle.

Ce projet de fin d'étude vise à mener une étude sur le contrôle de la qualité de l'eau potable au laboratoire QEE en suivant des procédés et des analyses chimiques montrant que les résultats de ces analyses effectuées au sein du laboratoire répondent bien aux norme.

Au terme de ce projet, nous estimons atteindre les objectifs fixés. En effet, nous avons pu effectuer des analyses en respectant les bonnes pratiques de laboratoire afin d'obtenir des cartes de contrôle qui montrent une stabilité et une justesse au niveau des résultats obtenues.

Cette étude, au sein du laboratoire QEE m'a permis de mettre en évidence mes connaissances acquises durant mon parcours universitaire et de suivre de près l'application des bonnes pratiques de laboratoire ,d'hygiène , santé et sécurité de travail .C'est aussi une opportunité adéquate pour confronter les difficultés réelles du monde de travail .