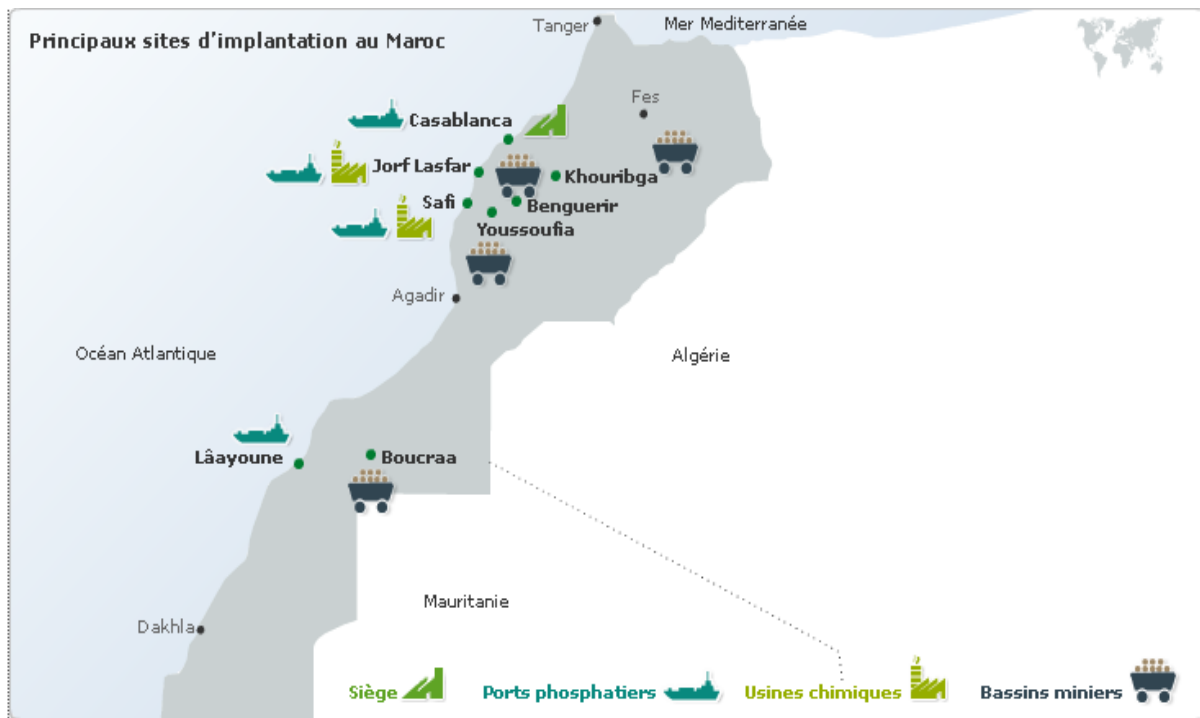


vi

vii



B. La plateforme du groupe OCP SAFI :

Figure 1 : carte d'implantation du groupe OCP au MAROC

Le groupe OCP est constitué de plusieurs centres filiales et directions, dont La Direction des industries chimiques de SAFI est un ensemble d'unités industrielles situé à 10 kilomètres de SAFI, destinés à la fabrication industrielle de l'acide phosphorique titrant 54% en P₂O₅ à partir des phosphates extraits des minerais de Youssoufia et BENGUERIR ainsi qu'à la fabrication des engrais TSP.

Les divisions sont :

- Maroc Chimie (PC), créée en 1965.
- Maroc Phosphore I (PP), Créée en 1976.
- Maroc Phosphore II (PM), Créée en 1981.
- Infrastructure de Safi (IS).

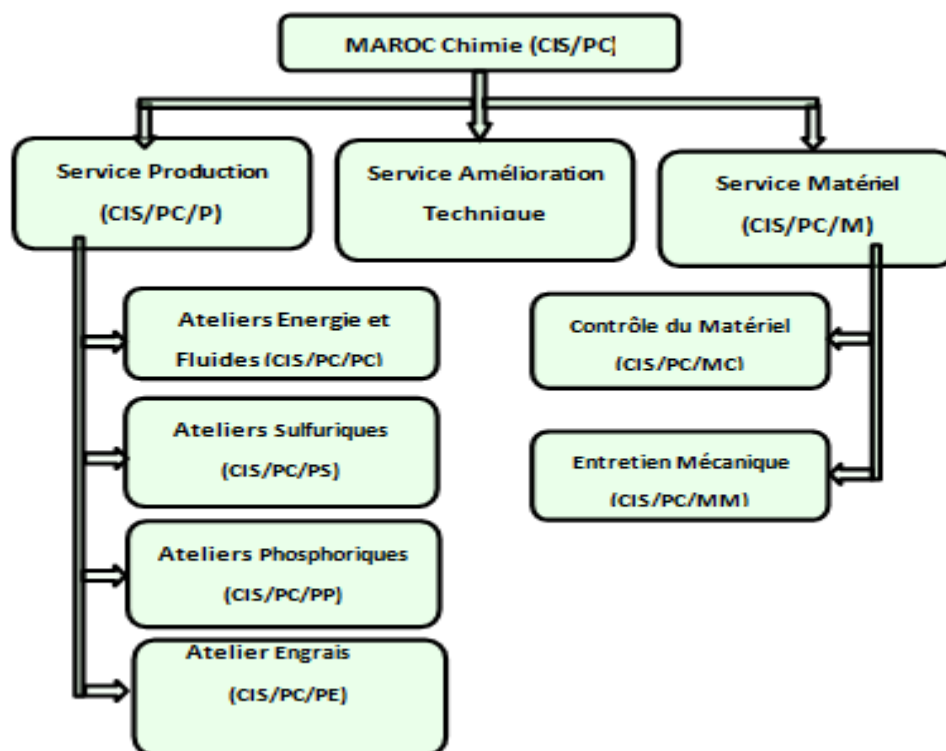


Figure 2 : Les unités principales de la division Maroc Chimie

III. PROCEDES DE FABRICATION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE

La production de l'acide phosphorique au sein de l'atelier phosphorique II se fait selon le procédé Rhone Polenc en 6 ateliers principaux :

- UNITE Déchargement
- UNITE BROYAGE
- UNITE ATTAQUE
- UNITE FILTRATION
- UNITE DE CONCENTRATION
- UNITE DE STOCKAGE

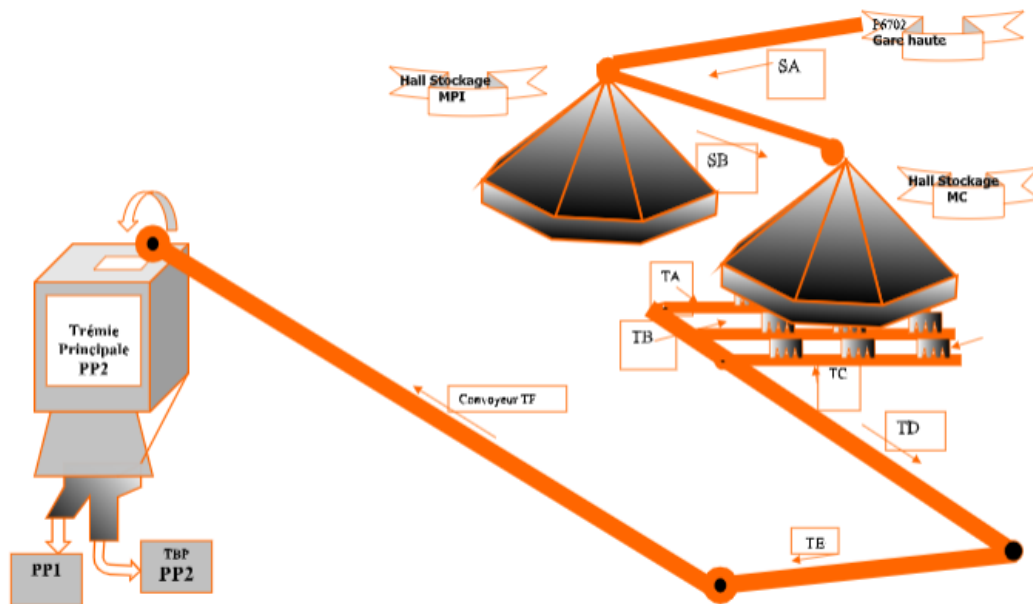


Figure 3 : unité de déchargement

B. UNITE DE BROyage

Le secteur de broyage comprend trois lignes similaires qui peuvent fournir soit l'unité d'attaque de filtration, soit l'unité de TSP.

1. Présentation des équipements

L'unité de broyage se compose de :

- Trémie principale V6201 (350T).
- 3 Vibreurs Q6201 A, B, et C.
- 3 Bandes transporteuses Q6204 A, B et C.
- 3 Séparateurs S6201 A, B, et C
- 3 Vis Q6205 A, B, et C.
- 3 Vis Q6206 A, B, et C.
- 3 Trémies tampons A, B, et C.
- 3 Alimentateurs G6201 A₁, B₁, et C₁.
- 3 Broyeurs à pendules G6201 A, B, et C ; et équipements
- 3 Ventilateurs principaux K6202 A, B, et C.
- 3 cyclones S6202 A, B, et C.
- 1 Transporteurs à bande Q6209.

- 3 Redlers Q 6208, Q6210 et Q6212.
- 2 Elévateurs Q6211 et Q6214.
- 1 Silo (1500T) V6204 équipé d'un système de fluidisation.
- 3 Filtres de secouage S6203 A, B, et C.
- Système de dépoussiérage composé d'un filtre NEU et ventilateurs K6204.

2. Description du procédé

L'opération de broyage consiste à réduire la granulométrie du phosphate (moins de 147 μm) afin de permettre un meilleur rendement en créant une grande surface d'attaque

Chaque ligne est capable de broyer 100 T/h de phosphate, qui est ensuite stocké dans des silos. Pour éviter tout entassement ou colmatage des artères d'acheminement, le phosphate est gardé fluidisé par insufflation d'air comprimé.

Le processus commence avec le convoyeur à bande qui transporte le phosphate brut vers la trémie. L'extracteur vibrant l'extrait de la trémie et l'élévateur Q6204 le reprend. La première sélection est effectuée dans le séparateur dynamique et le reste est stocké dans la trémie V6203. Le phosphate stocké dans la trémie V6203 est extrait par un alimentateur SAS, puis introduit dans le broyeur. Les socs, tournant avec l'arbre vertical, projettent le phosphate entre les galets et le chemin de roulement fixe, qui est entraîné par un moto-réducteur. Le ventilateur K6202 souffle un important volume d'air à la base du broyeur, et la classification des particules est effectuée par un séparateur à cône. La filtration est assurée par un filtre à manches composé de 7 compartiments de 17 manches chacun. Le phosphate broyé est ensuite envoyé vers le silo.

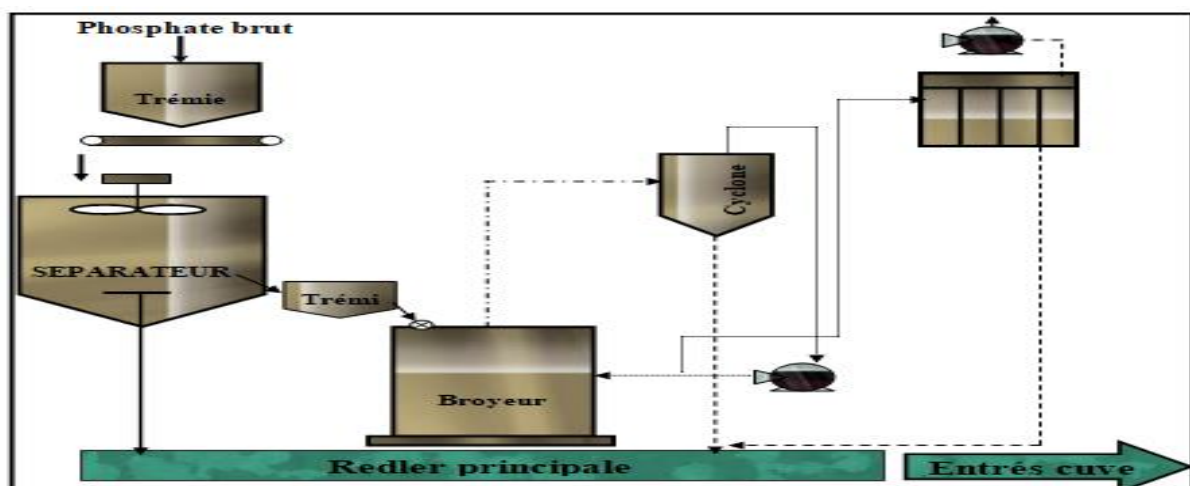
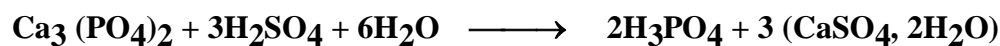


Figure 4 : Unité de Broyage

sur les disperseurs au niveau de la cuve R6301. La bouillie déborde de R6300 pour compléter la réaction dans R6301. La bouillie est ensuite guidée par un circulateur vers un flash cooler afin d'être refroidie sous vide. Ce dernier est généré par une pompe à vide P6307. Les gaz et la vapeur d'eau créés par cette réaction sont nettoyés par l'eau filtrée au niveau de station de lavage des gaz.

3. Les principales réactions

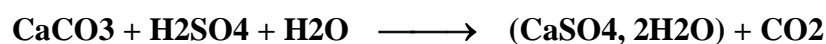
La fabrication de l'acide phosphorique par voie humide résulte de la réaction chimique suivante :



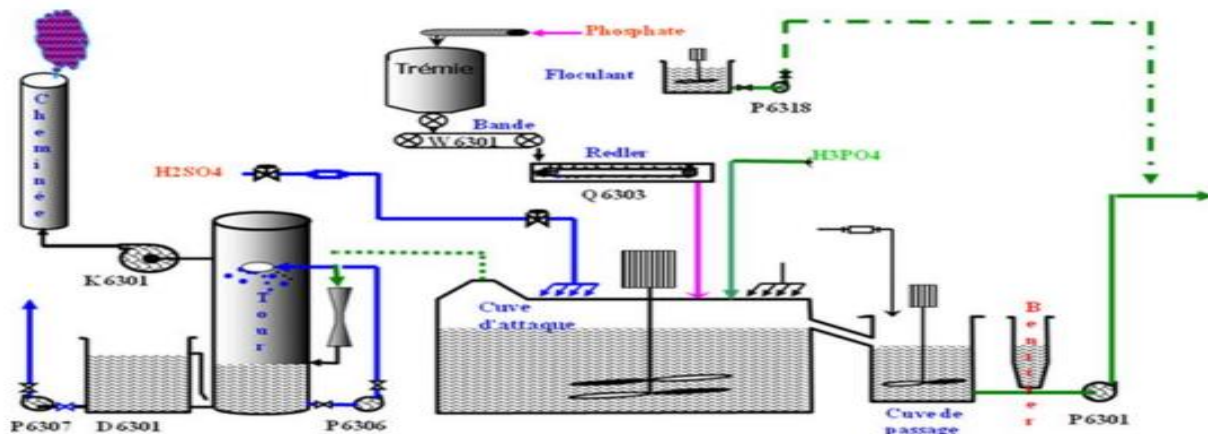
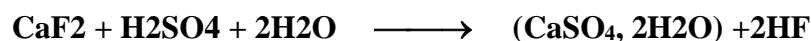
La réaction observée implique la capture de l'ion Ca^{++} , on constate que l'acide sulfurique a absorbé l'ion Ca^{++} du phosphate tricalcique pour produire des cristaux de gypse en suspension dans l'acide phosphorique. Cette substitution est le résultat de la réaction entre un sel d'acide faible ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) et un acide fort (H_2SO_4), et le gypse formé est facilement filtrable.

Cependant, la complexité de cette réaction est due aux impuretés présentes dans le phosphate qui peuvent avoir des effets néfastes. L'impureté de carbonate de calcium, par exemple :

-Le carbonate de calcium qui réagit avec l'acide sulfurique, suivant la réaction :



La silice réagit avec le fluorure d'hydrogène selon la réaction suivant :



automatiquement vers le compartiment d'acide moyen pour assurer un débit suffisant d'acide recyclé à la réaction. La pompe P6311 est chargée de pomper l'eau industrielle requise pour la production d'acide phosphorique (pour le deuxième lavage du gâteau de gypse) depuis la trémie de l'eau gypseuse. L'acide du compartiment moyen est recueilli par la pompe P6303 qui l'envoie à la cuve d'attaque R6300 tandis que l'acide fort est refoulé dans les bacs de stockage par la pompe P6302.

3. LES PRINCIPAUX PARAMETRES DE MARCHE :

a) la teneur en sulfate libre :

L'un des composants réactifs est considéré comme dangereux, car en cas de surdosage dans la cuve d'attaque, il peut entraîner une diminution de la solubilité du gypse, bloquant ainsi le processus d'attaque. De même, une quantité insuffisante d'acide sulfurique peut entraîner une attaque incomplète et une augmentation des pertes en phosphate mono calcique. Dans ce cas, la densité de la bouillie augmente, ce qui nuit à la filtration.

b) La température

Si elle est utilisée de manière excessive, l'attaque qu'elle produit peut entraver la filtration en provoquant la formation de cristaux en forme d'aiguille.

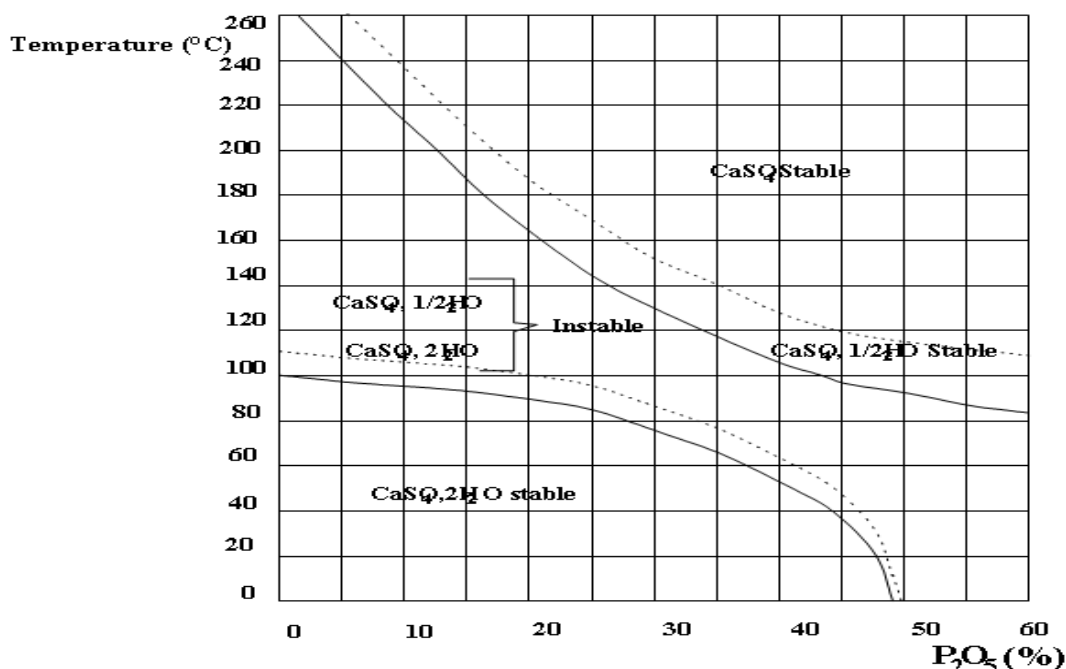


Figure 6 : Diagramme de phase de NORDENGREN

E. UNITE CONCENTRATION D'ACIDE PHOSPHORIQUE :

de la vapeur. Les blocs sont empilés les uns sur les autres pour créer une chaîne de conduits semblables à ceux d'un échangeur de chaleur tubulaire classique, permettant ainsi un échange efficace de chaleur entre l'acide et la vapeur. Ce dispositif permet d'élever la température de l'acide entrant dans la boucle à la température d'ébullition de l'eau, soit 80°C. Quant à l'échangeur de chaleur CAPY3, il s'agit d'un échangeur tubulaire constitué d'un seul bloc de 889 tubes.

b) *Le bouilleur :*

Dans cet appareil, une dépression de 80 mbar est maintenue afin de permettre l'évaporation de l'eau à une température de 80°C. Cette étape finale du processus de concentration entraîne la libération de vapeur d'eau ainsi que de gaz qui sont ensuite aspirés vers les laveurs-condenseurs grâce à la pression négative présente dans l'appareil. Le bouilleur est équipé de :

- Une entrée le reliant à l'échangeur.
- Une sortie le reliant au panier filtre.
- Un tremplin d'acide produit 54 %.
- Une sortie de gaz le reliant au laveur condenseur.
- Un trou d'homme pour l'inspection.

c) *Laveur condenseur*

Ce dispositif a pour fonction de nettoyer et de condenser les gaz s'échappant du bouilleur. L'eau est versée par quatre conduites dans un déverseur à une grande vitesse pour créer la dépression et pour laver les gaz. Il est muni de

- Une entrée des gaz à laver.
- Une sortie des gaz lavés.
- Une entrée d'eau de mer.
- Un trou d'homme pour l'entretien.

F. UNITE DE Stockage d'acide phosphorique :

Avant la concentration, la solution d'acide filtrée à 30% est préalablement stockée dans les bacs T6501A et B. Par la suite, elle est débarrassée de son excès de sels dans T6504, puis

décantée dans T6505. Le produit final obtenu, de l'acide à 54%, est stocké dans le bac T6501C sans préalablement subir une clarification. Cet acide est ensuite purifié en éliminant ses sels superflus dans T6701, décanté dans T6702 et conditionné dans le bac clarifié T6704. Les résidus de la décantation de l'acide à 54% sont récupérés dans T6705 et réintroduits dans le dessursaturateur d'acide à 30% (T6504). Les sédiments issus de la décantation de l'acide à 30% sont recyclés dans la cuve d'attaque.

IV. Cadrage et charte du projet

A. Les Enjeux

La pertinence de la station de lavage de gaz par l'eau filtré est essentielle pour réduire les émissions de gaz HF dans l'atmosphère et maximiser la récupération d'énergie. Cependant, ce traitement peut rencontrer différents problèmes qui impactent la performance de l'équipement entraînant une augmentation des émissions de HF et des temps d'arrêt de la production, ce qui peut impacter négativement le taux de rendement globale nuisant ainsi à l'environnement. Il est donc nécessaire d'effectuer une étude pour identifier les défaillances de la station et trouver des solutions efficaces pour y remédier.

B. Charte du projet

La charte de projet est un élément crucial pour la mise en place d'un projet, car elle sert de référence tout au long du cycle de vie du projet. Sa principale fonction est de confirmer le lancement du projet et d'obtenir son approbation. La charte de projet est un document essentiel, car elle définit de manière précise les attentes ainsi que les responsabilités et autorités du chef de projet à chaque étape du projet.

On utilise le questionnaire QQQQCP comme outil d'identification de la problématique pour avoir les informations sur toutes les dimensions de la station de lavage.

*

Tableau 1: le questionnaire OOOQCP

Quoi ?	Etude critique et Optimisation de la marche de station de lavage des gaz HF
Qui ?	La station de lavage des gaz phosphorique
Où ?	L'atelier PP2
Quand ?	Du 01/02/2023 AU 31/05/2023
Comment ?	<ul style="list-style-type: none"> -Diagnostic de l'usine -Analyser l'historique des arrêts -Présentation des écarts - Analyse des causes - Prendre des échantillons - Proposition des solutions -Plan d'action - Evaluation
Pourquoi ?	<ul style="list-style-type: none"> -Progresser la performance des équipements - Améliorer la marche de la station - Améliorer la protection de l'environnement - Réduire l'impact sur le taux de rendement global

V. Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous avons présenté l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) et décrit le procédé de fabrication de l'acide phosphorique qu'il utilise au sein de PPII. Nous avons également abordé les différents aspects liés au cadrage de notre mission ainsi que la planification de ses différentes étapes. Cette phase préliminaire nous a permis de définir les objectifs et les attentes de notre étude, ainsi que les moyens nécessaires à sa réalisation.

Dans le prochain chapitre, nous nous concentrerons sur une analyse critique de la mission et présenterons les écarts éventuels entre les résultats obtenus et les objectifs fixés.

3. Le procédé de lavage des gaz phosphorique

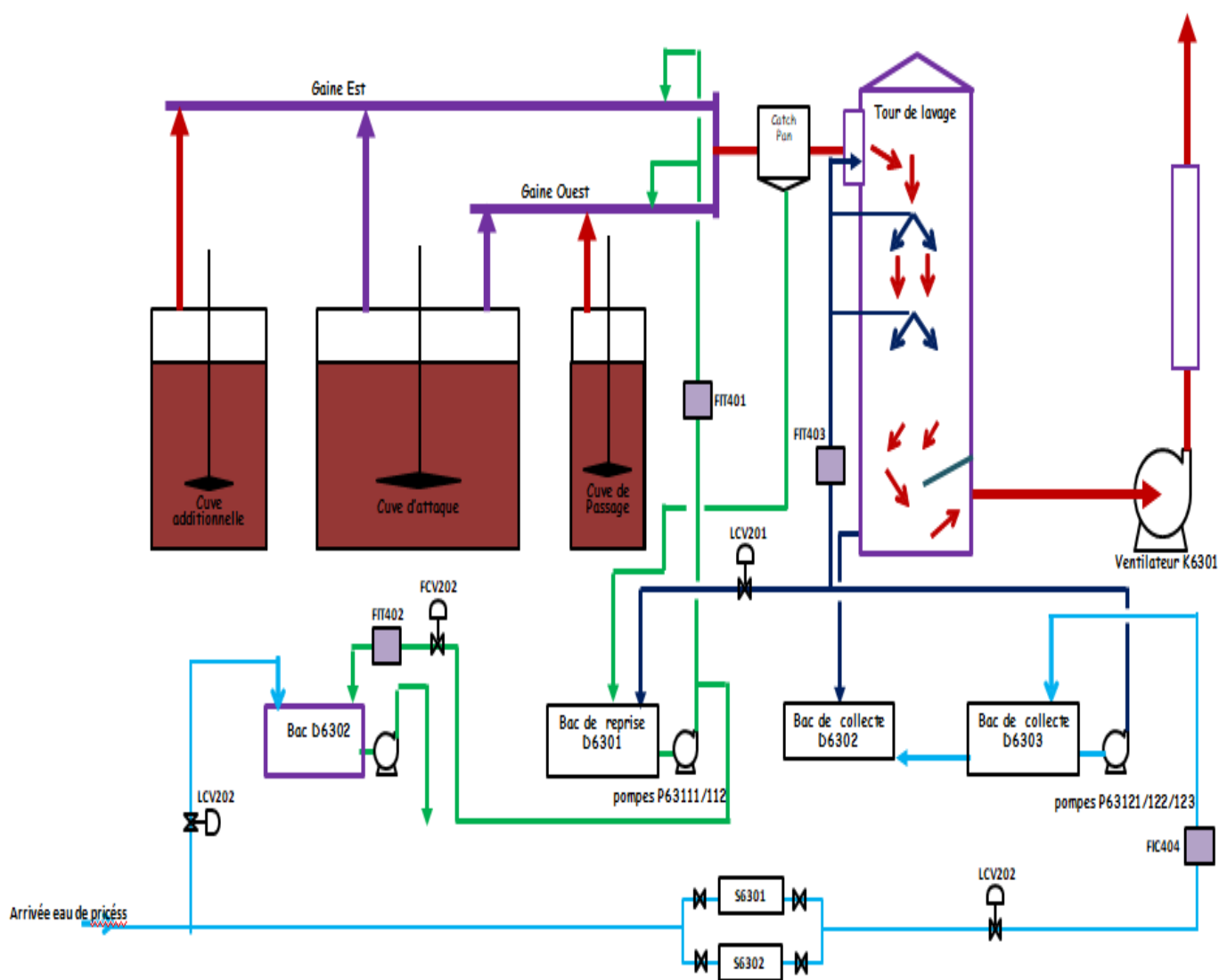


Figure 7 : le procédés de lavage des gaz au sein de PPII

Légende :

Circuit Gaz : —

Circuit Eau : —

Au niveau de la station de lavage des gaz se procèdent deux circuits l'une de l'eau et l'autre de gaz

Circuit l'eau :

L'eau filtré provenant de la centrale thermique est filtrée par deux filtres de Bernoulli S6310 ; S6302 (secours) et dirigée vers le bac de collecte, qui est divisé en deux parties pour des raisons d'encombrement. Pour alimenter ce bac, trois pompes (P63121, P63122 et P63123 comme secours) sont utilisées. Une partie de cette eau est dirigée vers une tour de lavage, où elle subit un lavage en trois étapes de pulvérisation différentes :

- Niveau supérieur, avant l'entrée dans le laveur et dirigé vers le laveur (9 buses);
- Niveau central double avec des injecteurs orientés vers le haut (4 buses) et des injecteurs orientés vers le bas du laveur (4 buses) ;
- Niveau inférieur avec des injecteurs orientés vers le bas (7 buses).

L'autre partie de l'eau est dirigée vers le bac D63101 par une vanne automatique. Les pompes P63111 et P63112 (comme secours) sont responsables de l'alimentation des gaines Est et Ouest à partir du bac D63101. L'eau de lavage est retournée au bac D63101 via le catch pan.

La purge de circuit amont est acheminé vers le bac D6302 En outre, la purge est suivie d'un appoint afin de rétablir le niveau nécessaire à son fonctionnement optimal.

Circuit de gaz :

lors de la production de la bouillie, il y a dégagement d'un flux gazeux qui se dirige de la cuve R6301 vers la cuve de passage R6302 Les effluents gazeux sont acheminés à travers des gaines d'assainissement maintenues à une température de 66°C. Le gaz provenant de la cuve d'attaque et de la cuve additionnelle est évacué par la gaine EST, tandis que celui de la cuve d'attaque et de passage traverse la gaine WEST. Dans ces gaines, une étape de prélavage est effectuée via 12 pulvérisateurs par gaine.

Les deux gaines Est sont équipées de :

Tableau 2 : Les équipements des gaines

	Désignation	TAG	Seuils alarme
Gaines Est	Sonde de température	631-TIT-101	AH
	Capteur de pression	631-PIT-001	AH et AL
	Analyseur HF	631-AIT-301	AH
Gaine Ouest	Sonde de température	631-TIT-102	AH
	Capteur de pression	631-PIT-002	AH et AL
	Analyseur HF	631-AIT-302	AH

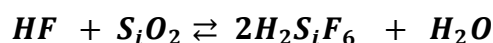
Le ventilateur de tirage K6301 exerce une dépression sur le flux gazeux a une température de 45°C environ le 631-TIT-103 cette dépression est mesuré par le 631-PIT-003 ; ce flux est envoyé vers l'atmosphère par la cheminée B6301. La cheminée est dotée de cyclogalax, qui permet de débarrasser les gaz d'une grande partie de l'eau qu'ils contiennent.

Tableau 3 : Les équipements de la ventilateur

Equipement	Désignation	TAG	Seuils alarme
Circuit gaz aspiration du ventilateur K6301	Sonde de température	631-TIT-103	AH
	Capteur de pression	631-PIT-003	AH et AL
	Cheminée	631-PIT-003	AH et AL
B6301	Sonde de température	631-TIT-103	AH
	Analyseur de gaz HF	631-AIT-303	AH
	Capteur de débit	631-FIT-405	AL
Ventilateur K6301	Capteur de vibrations paliers	631-VT-302	AH et AHH (I-105), qui arrê le ventilateur et interdit son démarrage
	Sonde de température paliers	631-TI-109	AH et AHH (I-106), qui arrê le ventilateur et interdit son démarrage

1. Les Inconvénients de la station :

- Une fois que les gaz ont été nettoyés par l'eau filtrée, celle-ci est réutilisée dans le processus et retournée aux bacs d'attaque. Toutefois, l'eau filtrée rencontre la silice présente dans la bouillie, ce qui provoque la formation d'un acide fluosilicique. Ce dernier en raison de sa nature corrosive, peut endommager les équipements s'il est utilisé à des concentrations élevées ou s'il est exposé au long terme. En particulier, il peut provoquer la corrosion ou la rupture des vannes et des joints.... qui sont en contact avec l'acide



- Si la quantité de gaz HF dégagé de la station de lavage de gaz HF vient à dépasser la norme de 5ppm, cela aura des répercussions directes sur l'ensemble des unités de production d'acide. En effet, dès que cette limite est atteinte, un système d'alerte est déclenché et l'arrêt automatique de la production d'acide est enclenché.
- Même Si l'objectif est atteint mais il y'a une diffusion de l'odeur sachant que Le niveau olfactif du gaz HF par l'être humain est de 0,042 ce qui entraîne des réclamations du responsable de l'environnement donc en fait l'appel de NOVOCHEM :

L'ajout du neutralisant NOVOCHEM peut être une solution efficace pour limiter la diffusion des odeurs de gaz vers la ville de Safi, en cas de changements climatiques tels que des vents forts et des brouillards. La chimie de NOVOCHEM peut neutraliser les particules odorantes présentes dans le gaz et rendre leur odeur imperceptible. Cette méthode permet également de réduire l'impact environnemental de l'activité industrielle sur les populations locales. En somme, l'utilisation de NOVOCHEM est une solution efficace pour contrer les effets des changements climatiques et préserver la qualité de vie des habitants de Safi.

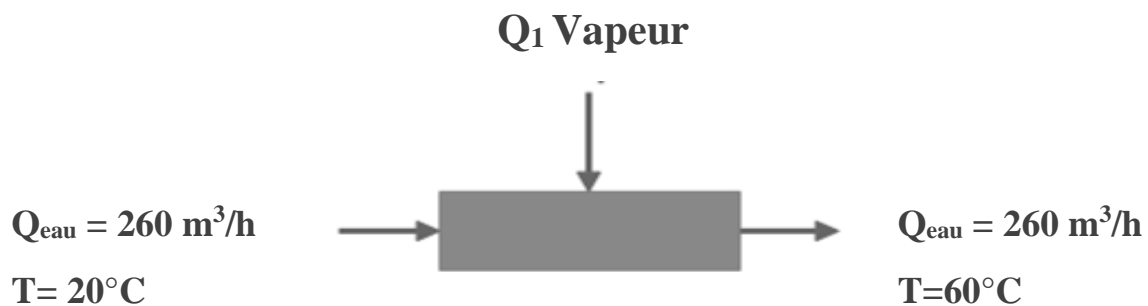
D. Fonctionnement normal du système :

1. Paramètre de la marche :

Pour chaque processus on compte sur deux concepts différents Le PID et le PFD

PFD (Process Flow Diagram) et de PID (Piping and Instrumentation Diagram) sont réalisées

⇒ L'ancienne Installation :



- La quantité de chaleur apportée par la vapeur pour élever la température de l'eau de 20°C à 60°C est :

On a l'équation de transfert de chaleur :

$$Q = mC_p\Delta T$$

Avec

Q : la quantité de chaleur transféré

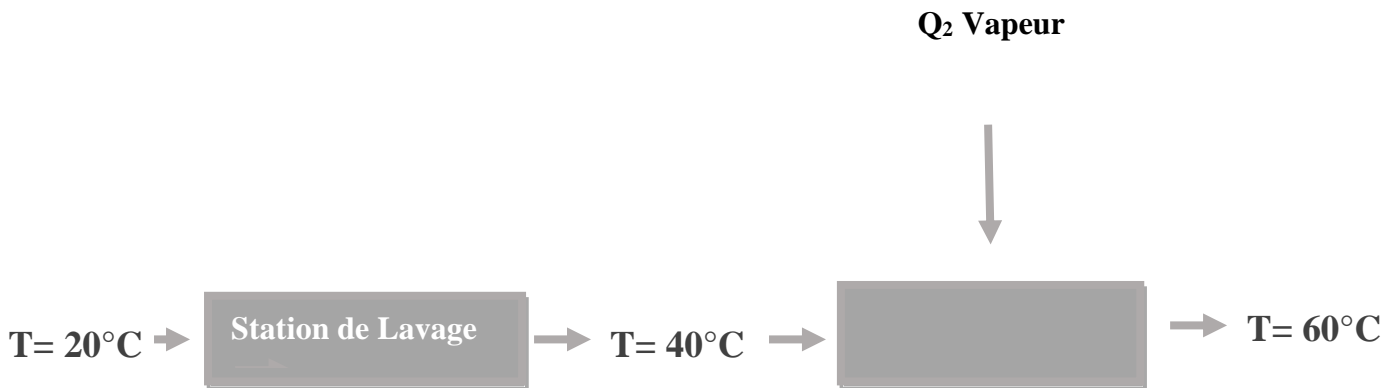
m : la masse traitée en kg

Cp : capacité thermique d'eau $C_p = 4.18 \text{ KJ/Kg}$

ΔT : variation de température $[40^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}]$

$$\text{AN : } Q = 4,18 \times 260 \times 10^3 \times 40 = 43472.10^3 \text{ KJ /h}$$

⇒ La nouvelle installation :



- La quantité de chaleur apportée par la vapeur pour élever la température de l'eau de 40°C à 60°C est :

De même façon on a l'équation de transfert de chaleur :

$$Q = mC_p\Delta T$$

$$\text{AN : } Q = 4,18 \times 260 \times 10^3 \times 20 = 21736 \times 10^3 \text{ KJ /h}$$

⇒ Le gain énergétique :

le rapport entre la quantité de chaleur des deux installation donne :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{43472 \cdot 10^3}{21736 \cdot 10^3} = 2$$

On trouve : $Q_1 = 2 \times Q_2$

Alors d'après table de thermodynamique 1kg de vapeur correspond a 2710 kJ pour P=3atm et T=110°C

Donc la quantité de chaleur dans le premier cas, correspond à 18 T de vapeur $Q_1 =$

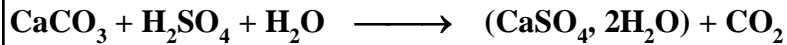
16 tonne de vapeur

Et dans le deuxième cas correspond à 9T de vapeur $Q_2 = 8 \text{ tonne de vapeur}$

3. Estimation du débit du gaz à traiter

La teneur et le débit des gaz dégagés :

D'après la réaction secondaire suivante :



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{CO}_2)$$

$$\frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m}$$

$$\frac{Q(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{Q(\text{CO}_2)}{V_m}$$

$$Q(\text{CO}_2) = \frac{Q(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_m}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

On calcule V_m :

D'après loi des gaz parfait : $PV = n.R.T$

$$V = \frac{RT}{P} \quad (\text{pour 1 mol})$$

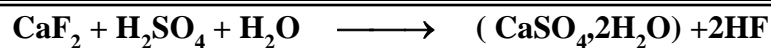
AN:
$$Q(\text{CO}_2) = \frac{8,32 \times 10^{-2} \times (66 + 273)}{0,996} \times 10^{-3} \times \frac{52 \times 1,87}{98,072 \times 10^{-3}}$$

$$(\text{CO}_2) = 27,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 50,32 \text{ Kg/h}$$

C'est le débit de gaz CO_2 dégagé de la réaction

De même à partir de la réaction suivante on peut calculer le débit de gaz de fluor:



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{HF})/2$$

$$Q(\text{HF}) = \frac{Q(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_m}{2M(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

$$Q(HF) = 55,92m^3/h$$

$$=100.656Kg/h$$

E. Présentation des écarts :

Le processus de réduction des gaz HF et de leur impact environnemental au sein d'une station de lavage des gaz implique une marche complexe qui, en cas d'écarts de paramètres, peut engendrer des risques opérationnels ainsi qu'une diminution de la production. Afin de traiter ce problème, nous avons décidé d'entreprendre une analyse poussée de ces écarts en utilisant deux approches différentes : l'une qui confrontera les valeurs en salle de contrôle avec les valeurs de design tandis que l'autre consacrera une étude de l'historique des arrêts de la station. Cette double démarche nous permettra ainsi d'avoir une vision exhaustive de la situation et de proposer des solutions pratiques pour une optimisation des performances de la station.

1. Suivre des paramètres :

La station possède un système d'automatisation, qui surveille les paramètres qui influence sur le processus.

Tout au long de ce traitement il peut y avoir des différences entre les valeurs indiquées dans la salle de contrôle et les valeurs de Design.

On remarque notamment de telles différences au niveau de la température, de la pression et du débit des gaz.

a) *La température :*

La température est un élément clé dans le fonctionnement d'une station de lavage des gaz HF.
La régulation de la température permet d'assurer une efficacité optimale du lavage

Le tableau suivant est une comparaison entre les valeurs mentionnée dans la salle de contrôle et les valeurs de design.

Tableau 5 : Le Suivi de température

	Température	
	T _{exp}	T _{design}
Gaz entrée gaines amont	58-60	66
Gaz de sortie du Catch-Pan	Manque	45
Gaz de Sortie du laveur	Fausse indication	45
Eau de procédé vers bac de collecte D102 D103	25	Ambiante
Eau de procédé vers la tour de lavage	32	35-40
Eau de processus sortie bac D63101	46	35-40

Et pour mieux indiquer l'écart entre les deux, le graphique ci-dessous montre la différence entre les valeurs.

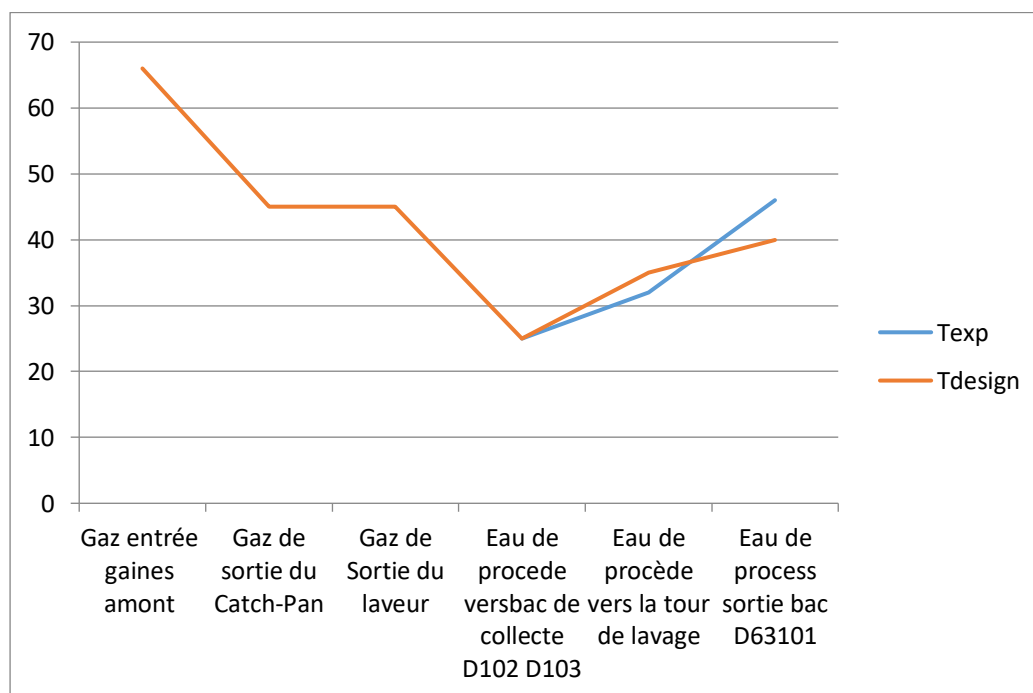


Figure 8: L'écart de la Température

➔ Après cette comparaison on peut dire qu'il y a un dysfonctionnement des appareils de mesure qui pose un manque de valeurs et des fausses indications.

b) Le débit :

Le débit de l'eau filtrée est un élément crucial dans la station de lavage des gaz HF.

La variance de ce paramètre est présentée dans le tableau ci-dessous

Tableau 6 : Le Suivi de débit

	Débit	
	Q _{exp}	Q _{design}
Eau de procédé vers bac de collecte D102 D103	69	227
Eau de procédé vers la tour de lavage	710-780	770
Eau de processus sortie bac D63101	105,4 (200	425
Purge vers bac client	220	225
Eau de procédés vers la gaine amont	50-65	200

D'après le tableau précédent on peut présenter la déviation de débit lors de processus de lavage des gaz HF

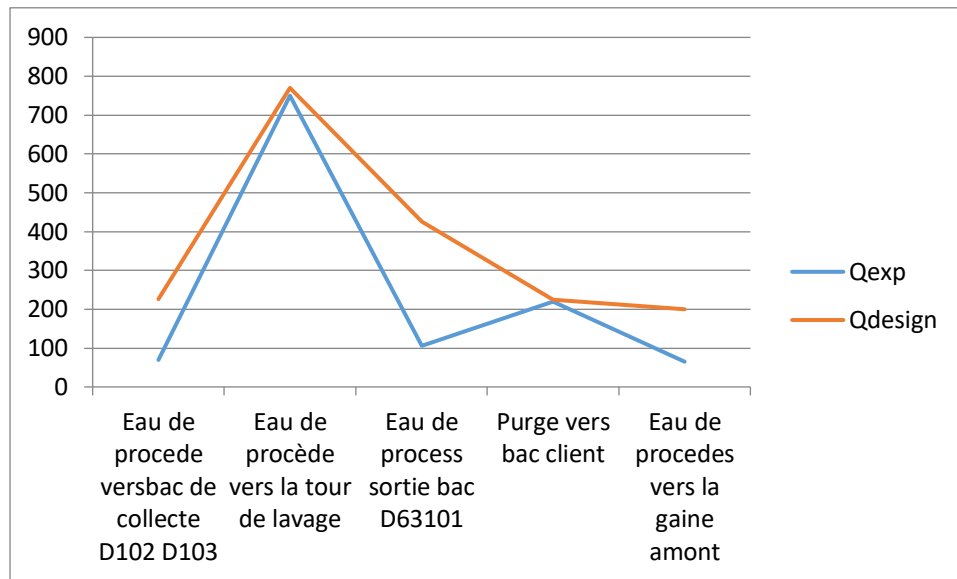


Figure 9 :L'écart de débit

➔ D'après les informations présentées par le tableau et le graphe, nous pouvons constater la présence de plusieurs anomalies qui entravent la circulation de l'eau lors de traitement.

2. Analyse de l'historique des arrêts :

Le fonctionnement de la station de lavage des gaz HF avait un impact crucial sur la production d'acide phosphorique dans l'usine. Les fréquents arrêts de cette station auraient causé des pertes financières importantes pour L'OCP. Afin de suivre l'historique de ces interruptions de manière rigoureuse, des cahiers de rapport ont été tenus pour enregistrer les faits quotidiens.

Le tableau suivant est dressé pour illustrer à quel point cette station de lavage est importante pour le taux de rendement global. Ce tableau révèle l'impact significatif qu'a eu la station de lavage sur les années 2020, 2021 et 2022.

Tableau 7 : L'impacte de la station de lavage sur le TRG

motif d'arrêt	les heures d'arrêt (h)	Manque à produire (t/h)
déclenchement électrique du ventilateur d'assainissement	0,5	15
Contrôle Régulation analyseur HF	1	30
fausse indication HF	1	30
chute débit eau filtré	2,5	75
Fuite sur pompe anti odeur	3	90
Fuite sur circuit anti odeur	4,5	135
coincement pompe de lavage des gaz P63121	7	210
manque produit anti odeur	8	240
contrôle du cerveau moteur de la VP	8	240
contrôle les vannes pneumatique	9,5	285
fausse indication niveau radar	27	810
automate station de lavage	47,5	1425

Pour présenter les motifs d'arrêt qui influencent les plus importants sur notre installation on traduit le tableau précédent à un diagramme de Pareto

- un Pareto des motifs d'arrêt en fonction du temps :

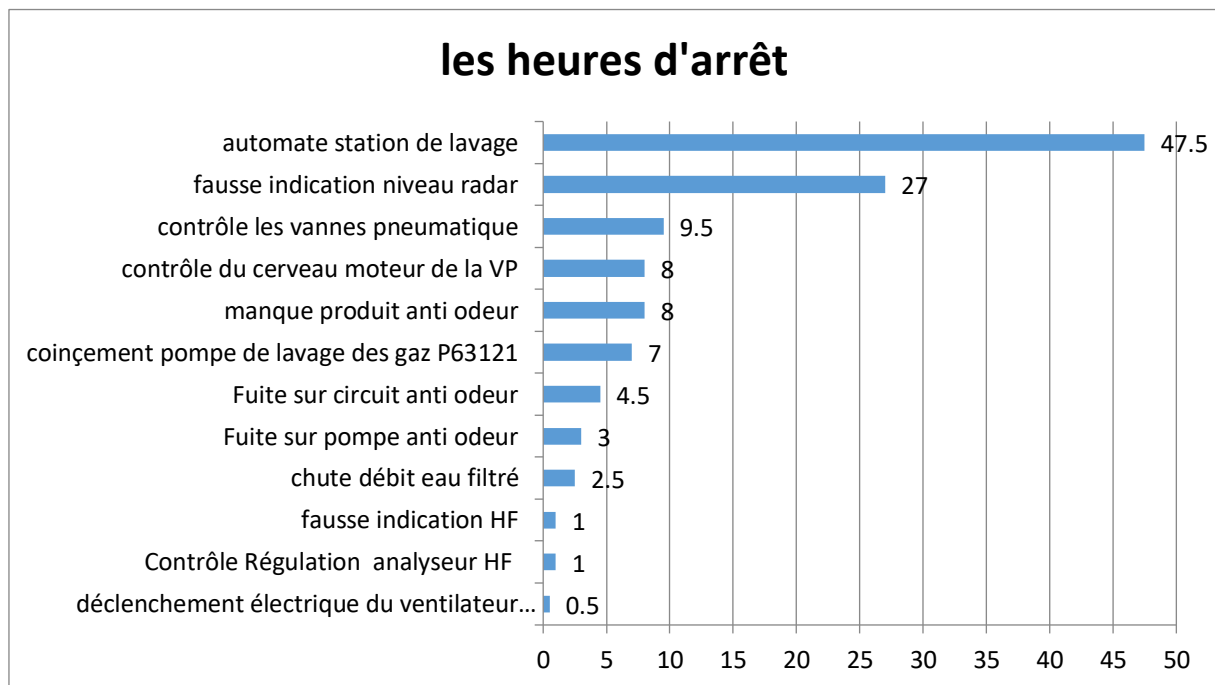
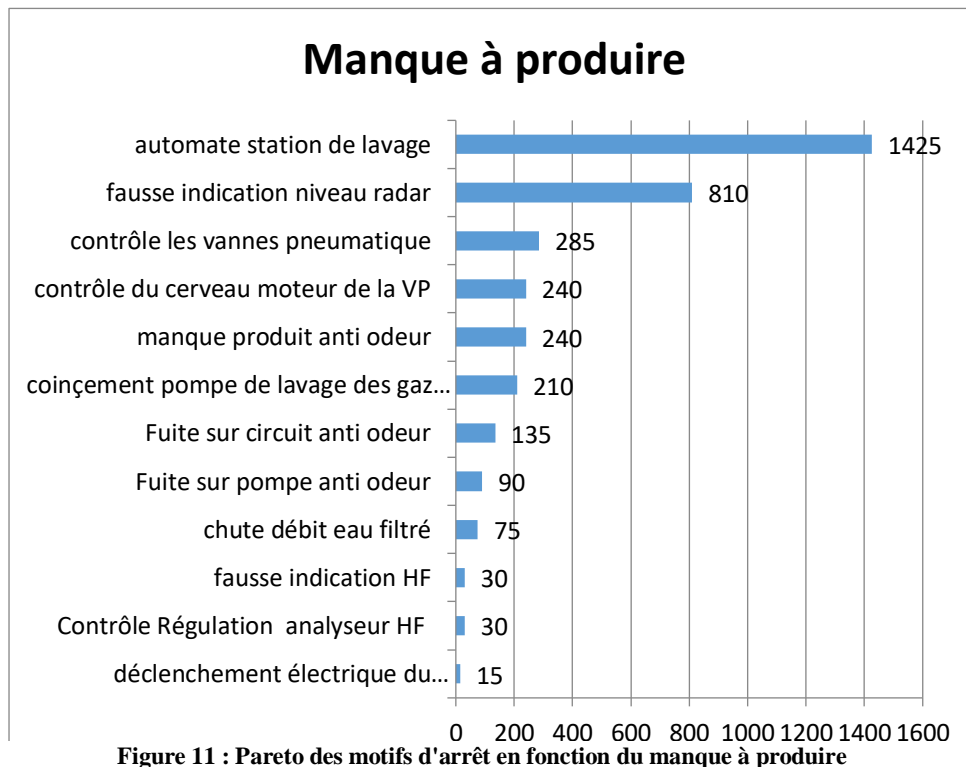


Figure 10: Pareto des motifs d'arrêt en fonction du temps d'arrêt

Interprétation :

la figure montre que les principaux arrêts sont dus à des problèmes dans le système d'automatisation, ainsi qu'à des problèmes de détection au niveau du radar et des arrêts pour le contrôle des vannes pneumatiques. Cela peut avoir un impact important sur la performance du Lavage ce qui influence sur le rendement de production de l'acide phosphorique

La figure ci-dessous montre cette influence :



Interprétation :

D'après la figure, il apparaît que les arrêts de la station ont engendré un manque de 3585 t/h de la quantité d'acide phosphorique produite au cours des trois dernières années. Il est donc primordial de prendre des mesures afin de minimiser le nombre d'arrêts, de résoudre les éventuelles défaillances techniques (pompes, vannes), de garantir la fiabilité des indicateurs de niveau de radar et de proposer des plan d'action pour toutes les défaillances, tout cela dans le but d'augmenter le taux de rendement global de la station ainsi que la protection de l'environnement et de la santé

maintenance incorrecte ou d'un manque de maintenance. Cela peut inclure des fuites, une usure prématurée ou une inefficacité dans le contrôle du flux de fluide dans le système.

- **Problème dans la conception:**

La non-conformité de la vanne est le produit d'une mauvaise conception de la vanne papillon utilisée dans la station de lavage des gaz HF. En effet, le type papillon ne convient pas à l'environnement de la station car il limite le passage de l'eau due à une dépression de l'eau. Ce phénomène rend difficile l'efficacité du processus de nettoyage des gaz HF. Par conséquent, il est nécessaire de repenser la conception de la vanne pour inclure des caractéristiques conçues pour les environnements de station de lavage des gaz HF.

3. Les Pompes :

Les pompes sont des équipements utilisés pour transférer des liquides d'un endroit à un autre ou pour maintenir le flux de liquide dans un système.

Lors du processus de lavage des gaz, il est fréquent de rencontrer des problèmes au niveau des pompes de la station. En effet, la plupart des pannes sont causées par des pompes défectueuses.

- **Qualité de la Pompe :**

Il est important de souligner que la plupart des pannes lors de traitement est principalement dû à leur qualité médiocre. Les pompes utilisées au sein de notre installation sont des pompes en plastique qui présentent un risque accru de se dégrader prématurément en raison de la pompe en raison de la chaleur, des vibrations, de la pression, conduisant à une durée de vie réduite et à des coûts de maintenance élevés.



Figure 12 Pompe Plastique

5. Les buses de pulvérisation :

Les buses de pulvérisation jouent un rôle crucial dans l'opération de lavage des gaz ces buses peuvent être sujettes à des défaillances qui peuvent présenter des risques pour la santé et l'environnement.

L'accumulation de dépôts de fluosilicate dans les buses peut entraîner une réduction du débit du liquide de traitement ainsi peut causer des perturbations dans le processus de production

a) Formation des fluosilicates :

Les fluosilicates sont des composés qui se forment lors du lavage des gaz contenant de l'acide fluorhydrique (HF) par de l'eau filtré aux seins des équipements

Le dépôt de fluosilicate entraîne le bouchage des buses de pulvérisation, entraînant une difficulté dans le nettoyage. Ce dernier est effectué manuellement, ce qui prend un temps considérable

Un échantillon a été prélevé et analysé au laboratoire chimique-Maroc Chimie.

- **Résultat des analyses des fluosilicate :**



Figure 14: les fluosilicates

b) Composition chimique :

Tableau 8 : composition chimique des fluosilicate

Elément	Teneur
Na	45,07%
F	62,20%

K	0,11%
SiO2	18,63%
CaO	0,0%

➡ On peut conclure, d'après les analyses chimiques du produit, que la totalité du produit est présente sous forme de Na_2SiF_6 .

- **Analyses de la Teneur en F dans les eaux**

Tableau 9 : teneur de fluore dans les eaux

Eaux filtré entrée atelier	Eaux de lavage (entrée AP)
0,750 mg/l	246,6 mg/l

➡ Il est observé que l'eau introduite dans l'AP est abondante en fluor, ce qui indique que celui-ci revient dans la cuve d'attaque sous forme d'acide fluorhydrique dissous.

6. Dysfonctionnement des appareils de mesure :

Les appareils de mesure dans un processus sont pour obtenir des données précises et fiables sur la grandeur à mesurer

Les dysfonctionnements peuvent survenir en raison de divers facteurs tels que :

- Le mauvais étalonnage
- Interférences électromagnétiques (des capteurs défectueux ; Alimentation électrique hors service)

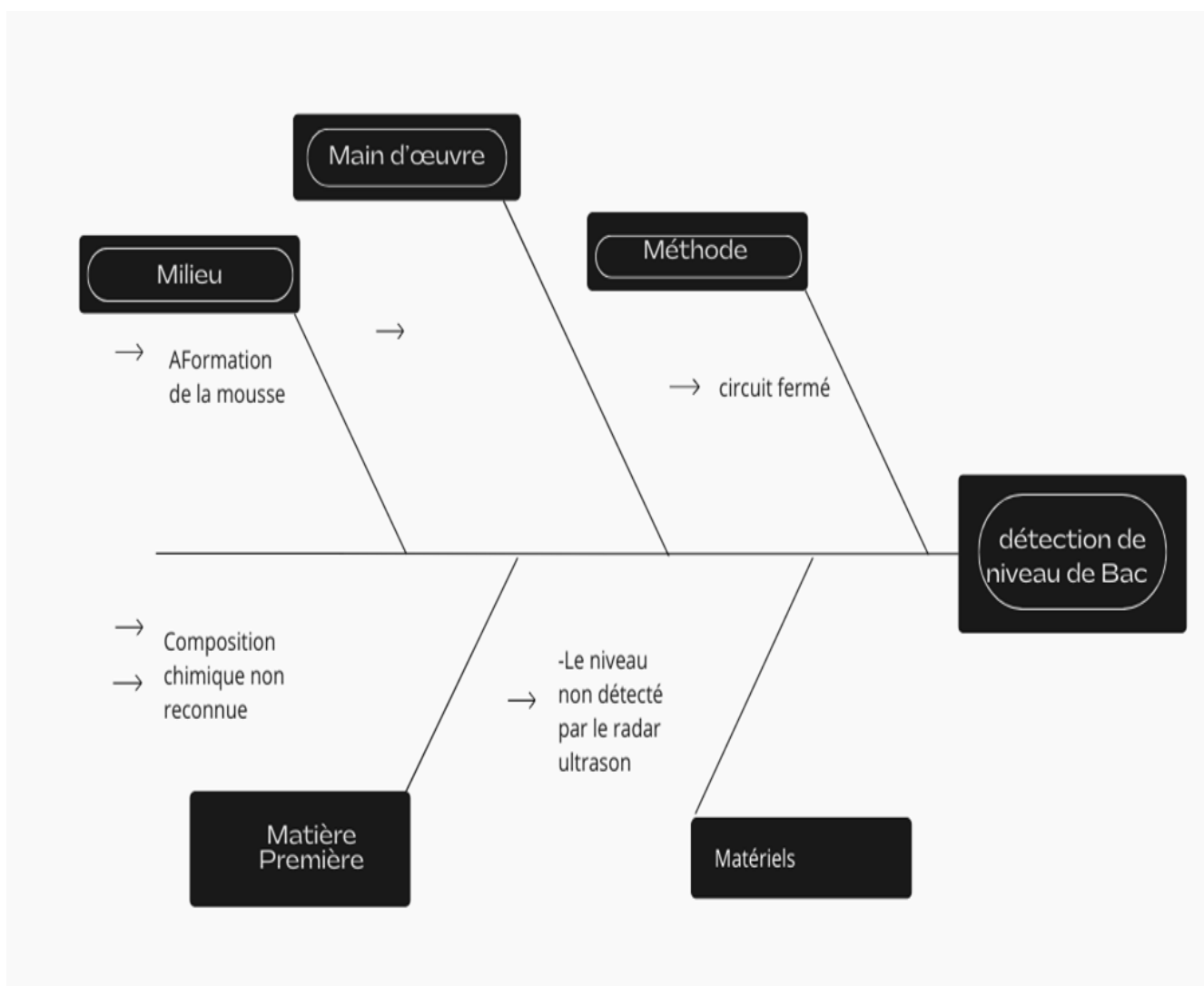


Figure 15 : Diagramme cause/effet - detection de niveau de bac

b) Diagramme Cause / Effet : bouchage des buses de pulvérisation

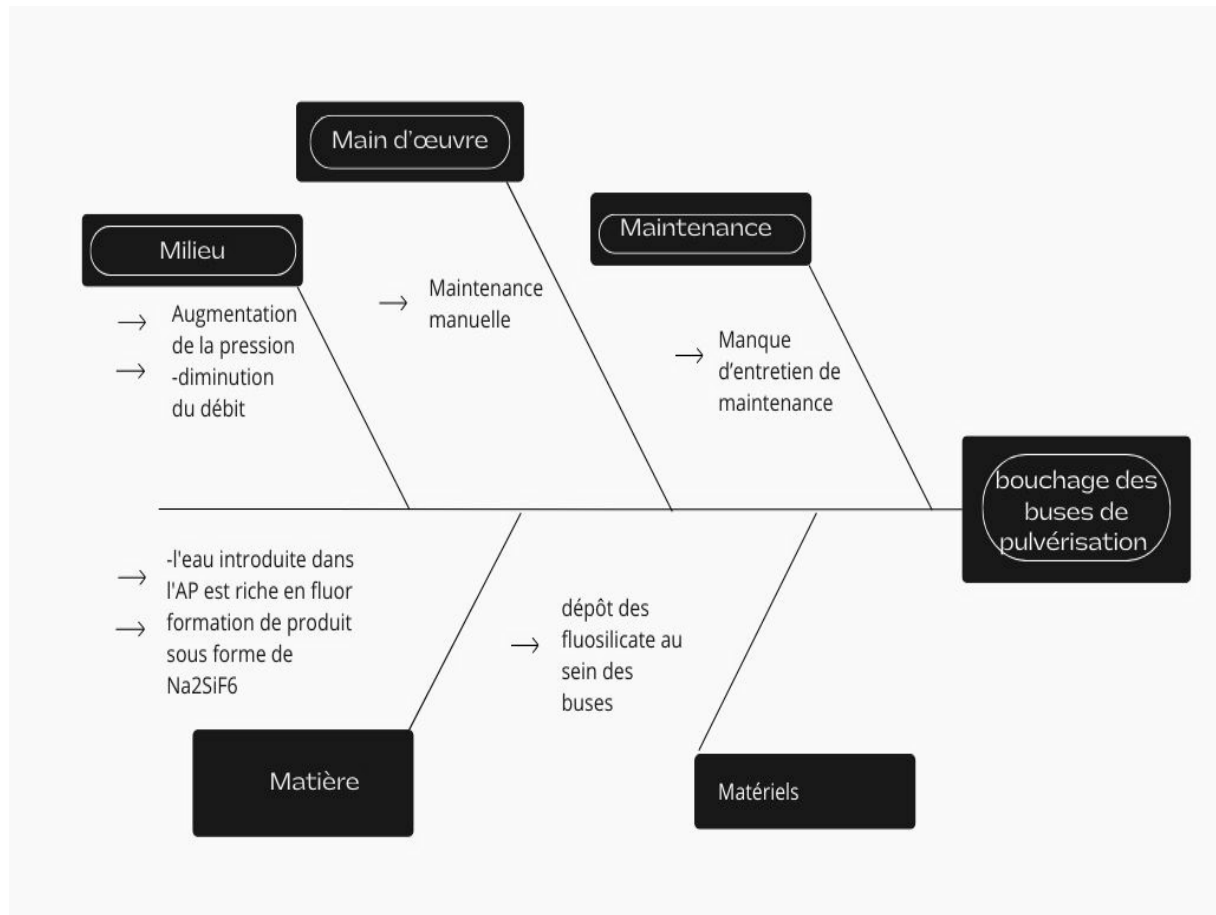


Figure 16 : Diagramme cause /effet - bouchage des buses de pulvérisation

2. Développement du diagramme cause/ effets : détection du niveau de bac

Matière première : la composition chimique complète est non reconnue dans la connaissance actuelle ce qui provoque la formation de la mousse

Milieu : la mousse formé et couverte la surface de liquide au sein du bac ce qui empêche le fonctionnement de radar

Matériel : Le radar ultrason mesure la distance en envoyant des ondes sonores qui rebondissent sur la surface du liquide dans le réservoir et sont ensuite détectées par le radar. Cependant, lorsque la surface du liquide est couverte de mousse, les ondes sonores ont tendance à rebondir sur la mousse plutôt que sur le liquide, ce qui peut causer des

interférences dans la mesure. En conséquence, le radar peut ne pas être en mesure de fournir une mesure précise du niveau de liquide lorsque la mousse est présente.

Méthode : la circulation de la mousse dans un circuit fermé peut être plus moussante lors de lavage

3. Développement du diagramme cause/ effets : colmatage des buses

Matière première : l'eau introduite dans l'AP est riche en fluor ce qui contribue grandement dans la formation d'un produit sous forme de Na_2SiF_6 .

Milieu : La formation des fluosilicates entraîne une augmentation de la pression.

Donc la diminution du débit et fournir un milieu défavorable.

Matériel : les fluosilicates formés sont déposés au sein des buses ce qui provoque un colmatage.

Main d'œuvre : les buses sont nettoyées par les mains d'œuvre manuellement ce qui prend un temps d'arrêt important.

C. Optimisation des causes analysées

1. Niveau de Bac non détectable :

L'optimisation du problème d'obscurcissement de la vision du niveau de bac par la mousse est une préoccupation importante dans la station de lavage des gaz. Actuellement, la méthode utilisée pour mesurer le niveau de liquide dans le bac est le radar ultrason. Cependant, cette méthode peut être affectée par la présence de mousse, ce qui entraîne une incertitude dans la mesure du niveau de liquide

- **Proposition 1 :**

Utiliser un radar à ondes guidées. Ce type de radar utilise des ondes électromagnétiques qui sont guidées à travers une sonde placée dans le bac. Cette sonde peut être placée à l'extérieur du bac ou directement en contact avec l'eau filtrée. Ce qui évite les problèmes liés aux mousses et autres obstructions de la vision. Ce système est également très précis et peut afficher des mesures de niveau en temps réel.

Les types de radar à onde guidé :

Radar à ondes guidées à basse fréquence : il fonctionne dans une bande de fréquence inférieure à 10 GHz et offre une large plage de mesures et une résolution élevée. Son coût est généralement faible à modéré.

2. **Radar à ondes guidées haute fréquence** : il fonctionne dans une bande de fréquence supérieure à 10 GHz et offre une précision plus élevée pour les mesures à courte portée. Son coût est généralement modéré à élevé.

3. **Radar à ondes guidées avec filtre de surface** : il est capable d'éliminer les interférences causées par la mousse ou les dépôts de surface. Son coût est généralement modéré à élevé.

4. Radar à ondes guidées à plusieurs sondes : il utilise plusieurs sondes pour mesurer le niveau du liquide à différents endroits dans le bac. Cela permet une mesure plus précise et une meilleure résistance aux interférences. Son coût est généralement élevé.

- **Proposition 2 : capteur de niveau radar**

VEgaflex 81 un capteur de niveau radar non contact pour la mesure de niveau de liquides et de solides en vrac dans les applications industrielles. Ce capteur utilise des ondes radar pour mesurer la distance entre le capteur et la surface de mesure, ce qui permet de déterminer le niveau avec précision. Utilise un principe de mesure de jauge de contrainte permet la mesure de niveau de tous les types de liquides. Il délivre des valeurs de mesures précises même dans les applications avec vapeurs, colmatages, mousses ou condensation. Ce radar est une solution économique et idéale

Avantage :

- La programmation guidée assure une mise en œuvre aisée, sûre et rapide.
- Les sondes raccourcissables proposent une standardisation simplifiée et un maximum de flexibilité dans la planification
- De nombreuses possibilités de diagnostics assurent un fonctionnement sans entretien et donc une grande disponibilité de l'installation

Tableau 10 caractéristique de fonctionnement de radar à onde guidée et un capteur de niveau de radar

Caractéristique	Radar à onde guidée	Capteur de niveau radar VEGAFLEX 81
Fonctionnement	Utilise un guide d'onde pour générer une onde électromagnétique qui se propage le long de la surface du liquide	Utilise une antenne pour émettre des ondes électromagnétiques qui sont réfléchies par la surface du liquide
Mesure de niveau	Peut mesurer le niveau de liquides et de solides à travers un guide d'onde	Peut mesurer le niveau de liquides et de solides sans contact direct avec le matériau
Précision	Grande précision et stabilité de mesure	Haute précision de mesure avec une plage de mesure étendue
Installation	Nécessite une installation précise et souvent complexe avec un guide d'onde installé dans le réservoir ou la cuve à mesurer	Installation simple et flexible avec des options de montage variées
Applications	Convient particulièrement pour les liquides haute température, haute pression et corrosifs, ainsi que pour les solides	Convient pour une large gamme d'applications, y compris les liquides, les solides, les poudres et les matériaux granulaires
Gamme de mesure	Peut mesurer des niveaux allant jusqu'à 30 mètres	Peut mesurer des niveaux allant jusqu'à 75 mètres
Communication	Peut être équipé d'une gamme de protocoles de communication, y compris HART, RS485 et Modbus	Équipé de protocoles de communication standard tels que HART, Modbus, Profibus et Fieldbus Foundation

- J'ai créé un plan pour pouvoir réaliser une poche.

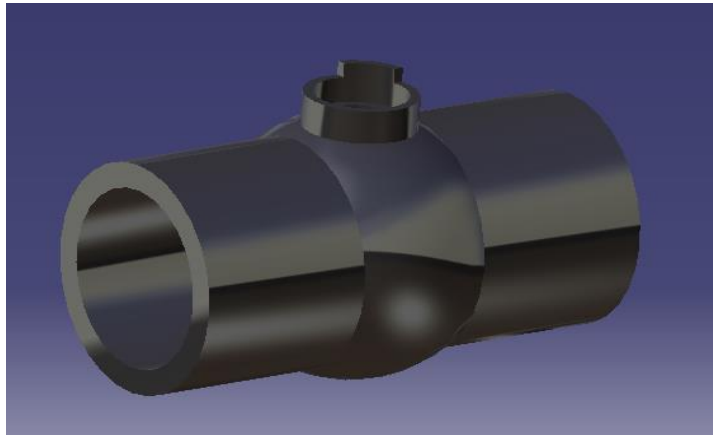
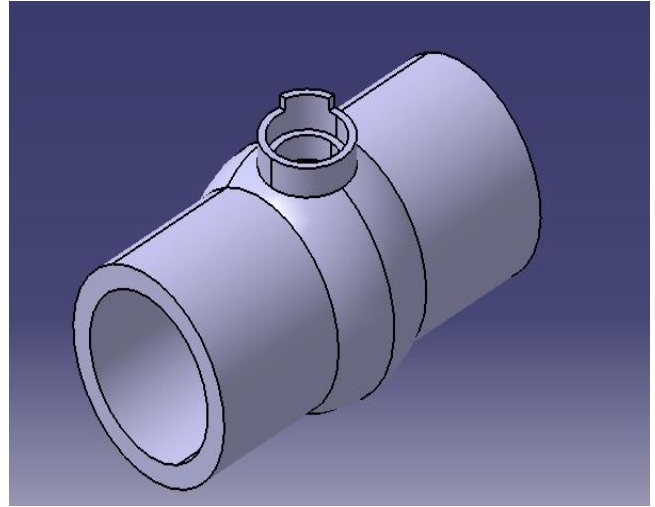
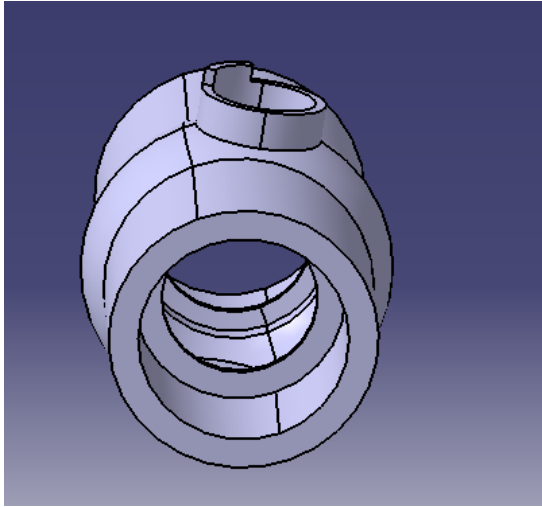


Figure 17: Le corps de la vanne en acier inoxydable

2. Boisseau / Bille : La bille joue un rôle crucial dans le fonctionnement de la vanne à boisseau. Elle est la pièce centrale de la vanne et est située dans la zone de blocage. Lorsque la vanne est en position fermée, la bille bloque l'écoulement du fluide en fermant l'orifice d'entrée. La bille est également responsable de la régulation du débit en cas d'ouverture partielle de la vanne. En effet, en tournant le boisseau, la bille pivote de manière à autoriser ou non le passage du fluide. De par sa forme arrondie et son matériau de fabrication résistant, la bille permet une étanchéité efficace de la vanne en position de fermeture. Sans la bille, la vanne à boisseau ne pourrait pas remplir sa fonction principale qui est de réguler le débit du fluide dans le système.

- Ainsi d'un Contrôle régulier de l'étanchéité, la vibration et les boulons de fixation.

4. La gaine d'assainissement :

L'aspiration des grains de phosphate au sein de la gaine d'assainissement peut causer de sérieux problèmes de bouchage et de détérioration de l'équipement. Pour éviter cela, il est recommandé de :

- Prolonger le jeté de phosphate par un matériau antiacide qui est capable de supporter l'acidité élevée des bouillies de phosphate. Ce matériau doit également être résistant à la corrosion pour ne pas être dégradé lorsqu'il entre en contact avec la bouillie. En allongeant la jeté, la distance entre la cuve d'attaque et la zone de dispersion sera réduite Matériaux : SVR ou inox
- Construire une jupe autour de la jetée de phosphate pour éviter l'aspiration des grains Cette option consiste à construire une jupe en forme de cône inversé autour de la jetée d'une façon qu'il n'y ait pas d'intersection entre la jupe et antivortex (chickane)

5. Dépôt des Fluosilicate :

Traitement 1 :

Il est possible d'éviter un grand dépôt de fluosilicate en maintenant un nettoyage régulier des équipements afin d'empêcher les dépôts qui deviennent très difficiles à enlever par le temps. Un nettoyage préventif régulier peut également aider à empêcher l'accumulation excessive de fluosilicate dans les installations.

Le lavage des équipements utilisés dans le processus de production est programmé chaque 15 jour pour maintenir le cycle de production d'acide phosphorique fabriqués.

Pour cela il est recommandé de faire un nettoyage adéquat de chaque équipement une fois de tous les 15 jours lors de lavage planifié comme il est indiqué sur le tableau suivant :

Tableau 13 : programme de nettoyage régulier des équipements de la station de lavage

Equipement	Fréquence	Durée de nettoyage	Nombre de personne
Les gaines	1 fois/2 lavage	3	2
Catch Pan	1 fois/3 lavage	1	2
La tour de lavage	1 fois/2 lavage	1	2
Les buses de la tour de lavage	1 étage/2 lavage	1	2
Ventilateur	1 fois/4 lavage	1	2
Rampe des gaines	1 fois/2 lavage	1	2
Rampes de la tour	1 fois/2 lavage	2	2
Les bacs	1 fois/4 lavage	1	2
Les analyseurs	1 fois/lavage	1	2

Traitement 2 :

Pour éviter la formation des fluosilicates :

- Il est primordial d'installer un circuit avec buse. Une telle installation est nécessaire pour renforcer la gaine sortie-cuve R6300 → gaine EST (sortie-cuve R63301)
- L'injection de l'eau dans la ventilateur pour éviter les dépôts dans la turbine

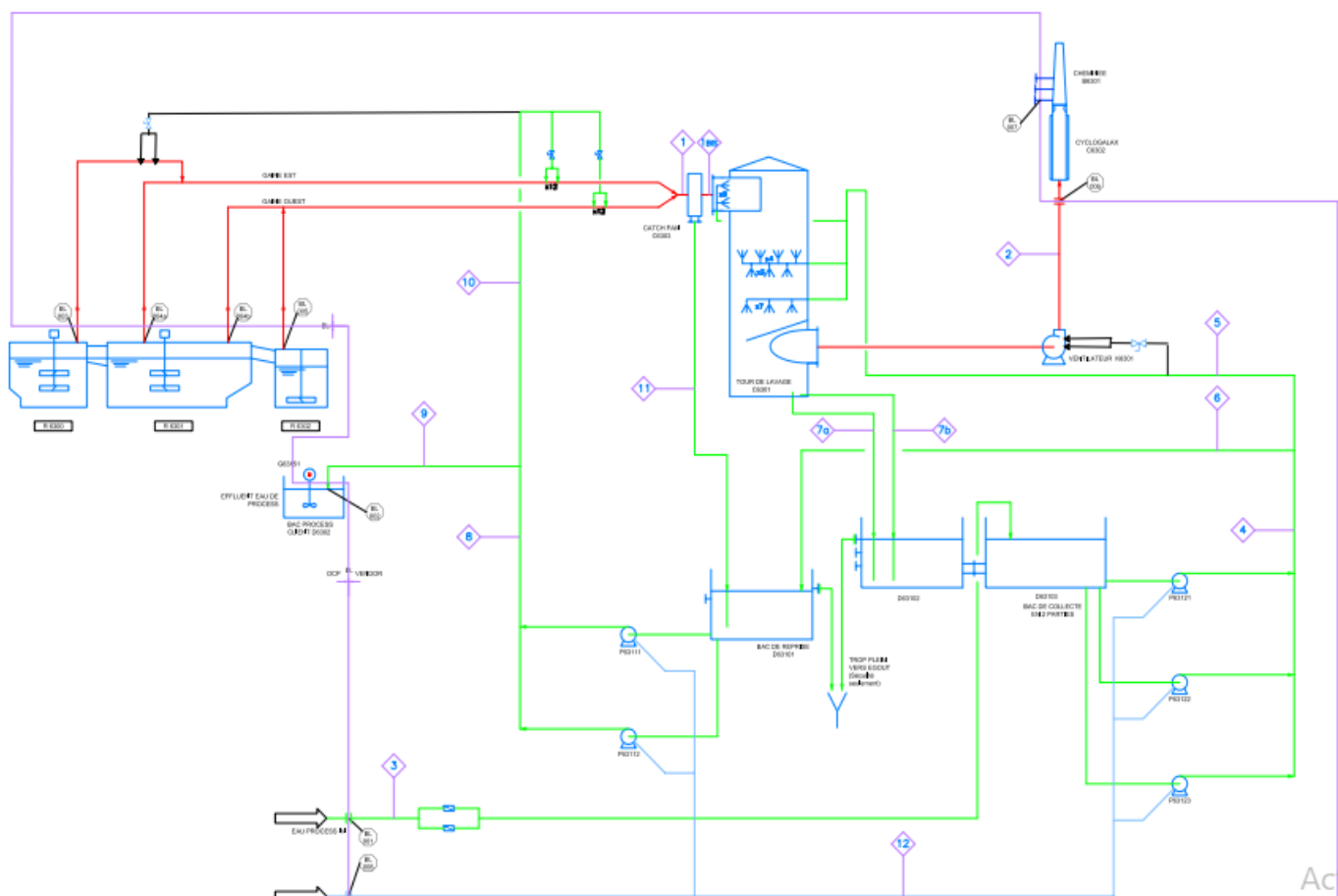


Figure 22 : PFD proposé

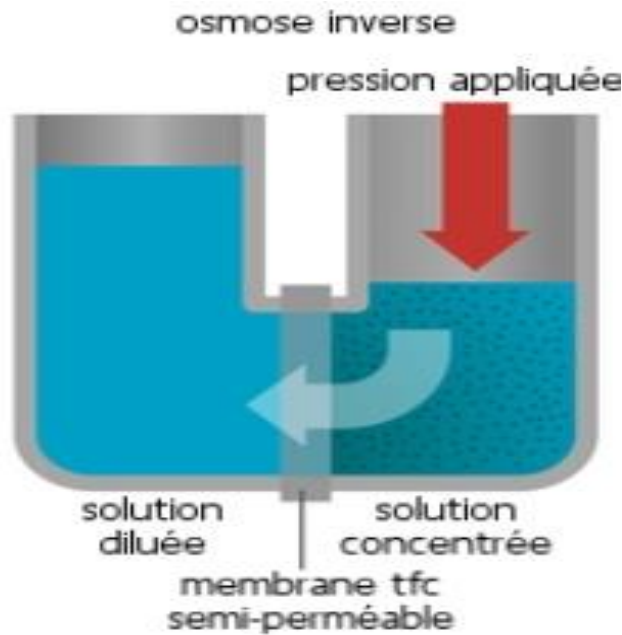


Figure 23 : Principe d'osmose inverse

Récupération des ions de fluorure :

Les ions de fluorures sont utilisés dans plusieurs industries. Par exemple, ils sont utilisés dans l'industrie de l'aluminium pour séparer l'aluminium de l'oxygène lors de la production d'aluminium. Ils sont également utilisés dans la fabrication de verre et de céramiques pour renforcer les matériaux et augmenter leur durabilité. Les ions de fluorures sont également utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs pour créer des couches isolantes et améliorer les performances des dispositifs électroniques.

a) Technologie de plasma

L'injecteur Aurochs peut traiter des flux d'air allant jusqu'à quatre-vingt-dix mille mètres cubes par heure. Il le fait en poussant l'air ambiant à travers un filtre à trois étages. L'air purifié entre ensuite dans une série de modules plasma non thermiques. De la même manière que la foudre rafraîchit l'air pendant un orage, ici un orage microscopique divise les molécules d'eau et d'oxygène, les transformant en oxygène actif. Cet oxygène actif est ensuite injecté dans le conduit d'évacuation d'air du processus où il exécute une réaction d'oxydation à grande vitesse avec les molécules d'odeur offensive. Le résultat : les molécules oxydées ne peuvent pas être détectées par le nez humain. Résolution du problème des odeurs.

I. INTRODUCTION :

Dans le cadre de la transition vers une économie durable, une attention particulière est accordée à l'évaluation des actions réalisées pour optimiser la marche de la station de lavage des gaz afin de réduire ces impacts. Ce chapitre présentera les différentes actions entreprises pour atteindre cet objectif, en respectant les SDG Goals, et évaluera leur efficacité en termes de réduction des impacts environnementaux.

A. DETECTION DE NIVEAU DE BAC

Afin d'éviter que les mousses obscurcissent la vision du niveau de bac, une modification a été effectuée en mettant en place un système d'hydrostatique en forme de U pour acheminer l'eau vers le tube de détection de niveau. Par ailleurs, le type de radar ultrason a été remplacé par un radar à onde guidée situé à la tête du tube.

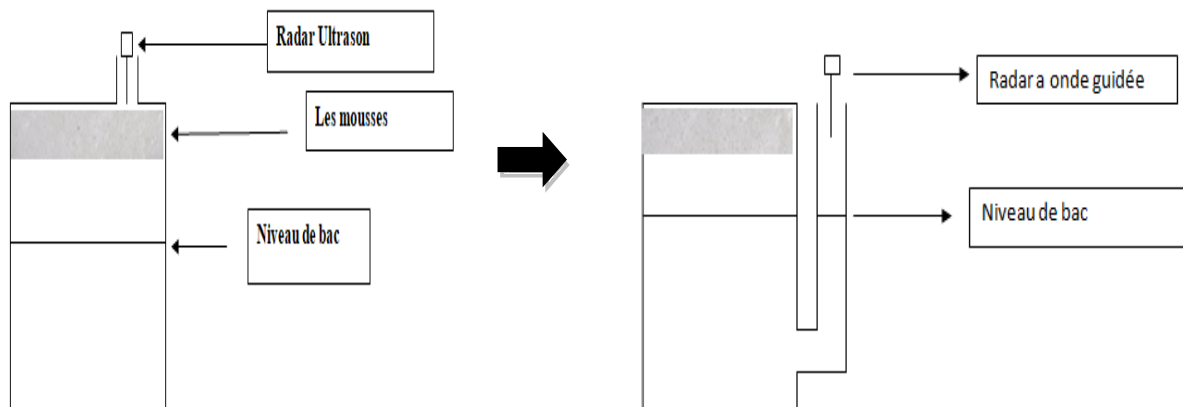


Figure 24 : l'action effectuée pour la détection de niveau de bac

Commentaire :

III. IMPACTE DE GAZ HF :

En cas d'exposition prolongée à des concentrations de gaz HF élevées il y a des impacts sur :

A. L'atmosphère :

L'impact sur l'atmosphère peut inclure l'augmentation de l'effet de serre et de la pollution atmosphérique. Les gaz HF peuvent réagir avec d'autres composants atmosphériques pour former des particules fines de sulfate qui nuisent à la qualité de l'air et peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine.

B. La santé :

Notamment ;

- irritations de la peau, des yeux et des voies respiratoires,
- brûlures cutanées,
- maux de tête,
- des nausées, des vomissements et des difficultés respiratoires.

C. L'environnement :

L'impact sur l'environnement peut inclure la destruction de la végétation et des cultures, la contamination des eaux souterraines et des plans d'eau, ainsi que des effets négatifs sur la faune environnante. Les organismes vivants tels que les poissons, les plantes et les animaux peuvent mourir ou être gravement affectés par les émissions de gaz HF.

IV. Station de lavage des gaz phosphorique et les objectifs de développement durable :

A. Définition :

SDG signifie "Objectifs de Développement Durable" en français. Ce sont des objectifs mondiaux établis par les Nations Unies en 2015 pour guider les efforts de développement durable à l'échelle mondiale jusqu'en 2030.

Les SDGs comprennent 17 objectifs et 169 cibles qui couvrent des domaines tels que l'élimination de la pauvreté, la préservation de l'environnement et la promotion de la paix et de la justice.



B. Application :

La station de lavage des gaz phosphorique utilisant de l'eau filtrée peut contribuer à plusieurs objectifs de développement durable (SDG:

SDG 6 : Eau propre et assainissement

En utilisant de l'eau filtrée pour laver le gaz, la station de lavage contribue à la disponibilité d'eau propre et d'assainissement, en réduisant la quantité de produits chimiques qui peuvent contaminer les sources d'eau (recyclage de l'eau)

SDG 12 : Consommation et production responsables

En utilisant une méthode de lavage plus respectueuse de l'environnement, la station de lavage de gaz HF encourage des pratiques de consommation et de production plus durables, qui limitent le gaspillage de ressources naturelles et réduisent les émissions de gaz à effet de serre.

SDG 13 : Lutte contre les changements climatiques

En réduisant les émissions de gaz à effet de serre, la station de lavage contribue à la lutte contre les changements climatiques, qui est un enjeu majeur de développement durable.

