

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté de Technologie
Département Génie des procédés
Domaine : Science et technologie
Filière : Génie des procédés
Spécialité : Génie Chimique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Etude de calcul thermique d'un évaporateur dans le procédé de nitrate d'ammonium FERTIAL-ANNABA

*Présenté par : Bouaziz Douaa
Bouhakak Roumaissa*

Dirigé Par : Prof Zabat Nacéra

Jury de Soutenance

Dr Ghodbane Ilhem	MCA	Université Badji Mokhtar Annaba	Président
ZABAT Nacéra	Prof	Université Badji Mokhtar Annaba	Rapporteur
Dr Chelghoum Nadjet	Prof	Université Badji Mokhtar Annaba	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

(بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ)

قال تعالى ﴿ وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ ﴾. إبراهيم (7)

On remercie en premier lieu DIEU

Le tout puissant pour nous avoir accordé la puissance, la patience, le courage et la volonté de terminer ce modeste travail.

On adresse nos remerciements avec un grand respect et gratitude à **nos très chers parents** qui ont tant souffert et se sont sacrifiés pour qu'on soit heureuse, pour la compréhension, la patience le soutien moral et financier, pour leurs conseils, leur affection et leurs encouragements.

Nous exprimons notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur, le Professeur **Zabat Nacéra**, qui nous a accordé sa confiance, et dont la présence et le soutien moral indéniables nous ont été d'un grand bénéfice nous furent d'une aide précieuse.

Sa contribution exceptionnelle à la réalisation de ce travail restera dans nos mémoires. Son sens de l'appréciation scientifique, car elle nous a donné ses précieux conseils et ses précieuses connaissances. Sa rigueur dans le travail soigné et surtout sa disponibilité nous ont permis d'éclairer nos réflexions à de nombreuses reprises.

Nos reconnaissances et nos vifs remerciements à toute l'équipe **FERTIAL** dont la gentillesse et la disponibilité nous vont droit au cœur, ils nous ont accueilli à bras ouverts et guidé tout au long de notre période de stage.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de Jury qui vont prendre le temps de lire, évaluer et juger de la validité de ce projet. Leurs critiques et commentaires seront bénéfiques pour enrichir nos connaissances.

A toute l'équipe professorale de département génie des procédés de l'université BADJI Mokhtar dont le sérieux et la ténacité nous a appris à faire face à toutes les situations délicates qu'on a pu ou pourrais rencontrer.

Tous nos maîtres et maîtresses de la première année primaire à la cinquième année universitaire pour tout le savoir-faire et le savoir être qu'ils nous ont inculqué.

Enfin, on tient à remercier toutes autres personnes qu'on n'a pas pu citer et qui nous ont soutenu pour l'élaboration de ce mémoire.

DOUAA et ROUMAISSA

الحمد لله رب العالمين و الصلاة و السلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين

Dédicaces

قال تعالى: { قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ ۗ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولُو الْأَلْبَابِ } (الزمر:9) وقال عز من قائل: { يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ } (المجادلة: 11).

Après un parcours académique ponctué de nombreuses difficultés, épreuves et fatigues, je me tiens aujourd'hui sur le seuil de l'obtention de mon diplôme, récoltant les fruits de mon travail et levant fièrement mon chapeau. Et me voilà aujourd'hui devant mon rêve, debout fièrement et exprimant ma réussite et ma fierté de moi pour ce que je suis et je suis devenu **ingénieure en génie chimique**

قال تعالى : ﴿ وَاخْفِضْ لَهُمَا جَنَاحَ الذُّلِّ مِنَ الرَّحْمَةِ وَقُلْ رَبِّ ارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيْتَنِي صَغِيرًا ﴾ [الإسراء: 24]

YOUMA : BOUCHAIB OUENASSA (NAIMA)

A celle que je préfère à moi-même, et à la bougie qui a illuminé le chemin de ma réussite et monté aux plus hauts rangs, à celle qui m'a soutenu dans ses prières et ses supplications, à celle qui a veillé des nuits à éclairer mon chemin, à celle qui a partagé mes joies et mes peines, à la source de la gentillesse et de la tendresse, au plus beau sourire de ma vie, ses yeux, la femme la plus merveilleuse qui soit et ma meilleure amie. Celle qui est plus cher que mon âme et mon sang, la lumière de mon chemin, à ma mère adorée.

PAPA : BOUAZIZ ABDALLAH

A celui qui m'a appris que le monde est un combat et que son arme est la connaissance et la connaissance A celui qui n'a rien avare et m'a fourni les chemins du bonheur A celui qui a recherché mon confort, mon bonheur et ma réussite À mon meilleur ami et à l'homme le plus grand et le plus cher de l'univers, mon cher père. Mon chef et Imam de ma tribune, le formateur de ma conduite, à toi le plus grand des personnes mon cher père.

MA SŒUR : RAYEN

Et je le dédie à la source de l'espoir dans ma vie, Ma puce ma moitié ma jumelle ma sœur ma deuxième mère, mon refuge, mon bras droit, et le premier soutien quand la peur s'insinue dans mon cœur dans les moments de fatigue, et qui se réjouit de ma réussite et de ma supériorité Et son mari soufiene , mon grand bonheur avec la bébé fille attendu que sera présente dans le ventre de ma soeur. Je vous souhaite bonheur et réussite.

MES FRÈRES : WASSIM, AKRAM

Mes très chers frères qui m'ont aidé et qui sont toujours présent à mes côtés et ma belle sœur Sara qui m'ont soutenue affectivement tous le long de mes études.

Des amis d'enfance, des amis d'attitudes pas d'années, m'ont réuni avec les plus belles coïncidences de la vie, ils étaient donc la meilleure compagnie et amis.

A toute la famille « **BOUAZIZ** » et « **BOUCHAIB** ». Ma grande mère mes amies proches,

A ma chère sœurette à celle qui a collaboré avec moi dans ce travail mon binôme :

bouhakak Roumaissa

BOUAZIZ DOUAA

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail avec un grand respect et gratitude à ceux qui ont tant souffert et se sont sacrifiés pour que je sois heureuse, pour la compréhension, la patience et le soutien moral et financier. A mes très chers parents qui sont la lumière de ma vie, pour leurs conseils, leur affection et leurs encouragements.

Celle qui est plus chère que mon âme et mon sang, la lumière de mon chemin, à ma mère adorée **kaddache Noura** et **papa Djamel** Mon chef et Imam de ma tribune, le formateur de ma conduite, à toi le plus grand des personnes mon cher père.

Et je le dédie à mes très chers frères qui m'ont aidé et qui ont été toujours présent à mes côtés. **Louai** et **Iyed** qui m'ont soutenu affectivement tous le long de mes études.

A toute la famille « **bouhakak** » et « **kaddache** ». Ma grande mère, mes amis proches

A ma chère sœur à celle qui a collaboré avec moi dans ce travail mon binôme
BOUAZIZ DOUAA.

À tous les gens qui ont contribué à ma réussite de près ou de loin.

BOUHAKAK ROUMAÏSSA

SOMMAIRE

Introduction générale		
Chapitre I	<i>Présentation du complexe Fertial Annaba</i>	Page
I	Introduction	2
I.1	Présentation de FERTIAL ANNABA	2
I.1.1.	Historique	2
I.1.2.	Situation géographique	3
I.1.3.	Présentation du complexe ASMIDAL	3.5
I.1.4.	Production de l'entreprise	5
I.1.5.	Exportation	5
I.1.6.	Objectifs de l'entreprise	6
I.1.7.	Principales activités	6
I.1.8.	Normes et Certifications FERTIAL	7.8
	Conclusion	8
Chapitre II	<i>Généralités sur les nitrates d'ammonium</i>	Page
II.	Introduction	9
II.1	Notions sur le nitrate d'ammonium	9
II.2	Propriétés physico-chimiques	10
II.3	Données thermodynamiques	11.12
II.4	Propriétés explosives du nitrate d'ammonium	13
II.5	Utilisations du nitrates d'ammonium	13
	Conclusion	14
Chapitre III	<i>Procédé de fabrication de nitrate d'ammonium</i>	
III	Introduction	15
III.1	Description du procédé de fabrication de nitrate d'ammonium	15
III.1.1	Description des matières premières	15
III.2	Procède de fabrication de nitrate d'ammonium, FERTIAL ,ANNABA	17
III.3	Section stockage acide, ammoniac et évaporation d'ammoniac	18
III.4	Section de neutralisation	22
III.5	Section première concentration	24
III.6	Description du procédé en détails	26
III.6.1	Évaporation d'ammoniac	26 .27
III.6.2	Neutralisation	30
III.6.3	Evaporation premier étage	34.35.36
	Conclusion	37
Chapitre VI	<i>Partie Expérimentale : étude du calcul thermique de l'évaporateur</i>	Page
VI-1	Introduction	
VI -2	Caractéristiques de l'évaporateur	
VI-3	Calcul thermique de l'évaporateur	
VI.3.1	Calcul des quantités de chaleur dans l'évaporateur	
VI.3.2	Calcul du coefficient global de transfert de chaleur	
VI.3.3	Calcul de la surface d'échange	
VI.3.4	Calcul de la surface d'échange réelle	
VI.4	Conclusion	
	Conclusion générale	

Liste des figures

	<i>Chapitre I Présentation du complexe Fertial Annaba</i>	Page
Figure I.1	Situation géographique de l'entreprise (Fertial-Annaba)	3
Figure I.2	organigramme de fertial – Annaba .	4
Figure I.3	Engrais azoté simple.	5
Figure I.4	Engrais Complexe.	5
Figure I.5	Engrais phosphates simple	5
Figure I.6	Norme ISO Fertial news.	8
	<i>Chapitre II Généralités sur les nitrates d'ammonium</i>	Page
Figure II.2	échantillon de nitrates d'ammonium.	9
	<i>Chapitre III Procédé de fabrication de nitrate d'ammonium</i>	Page
Figure III	Diagramme de fabrication de nitrate d'ammonium	18
Figure III.01	Les 4 bacs de stockage d'acide nitrique	19
Figure III.2	Les 4 bacs de stockage d'acide nitrique avec les 3 pompes d'alimentation	20
Figure III.3	Les trois pompes d'alimentation NP4001 A/B/C	20
Figure III.4	Une sphère NV3000 Le stockage d'ammoniac .	21
Figure III.5	Section stockage acide, ammoniac et évaporation d'ammoniac	22
Figure III.6	Section de neutralisation.	24
Figure III.7	Section de première concentration.	26
Figure III.8	Évaporation et neutralisation.	27
Figure III.9	Stockage de NH3 ET HNO3	29
Figure III.10	Neutraliseur.	32
Figure III.11	Bac 77 % : bac intermédiaire.	32
Figure III.12	Échangeur 1 ère concentration.	34
Figure III-13	Séparateur.	34.35
Figure III-14	Le bac de nitrate 95%	37

Liste des tableaux

Chapitre I	<i>Présentation du complexe Fertial Annaba</i>	Page
Tab I-01	production des différents produits fabriqués	5
	<i>Chapitre II Généralités sur les nitrates d'ammonium</i>	Page
Tab II -01	Les propriétés chimiques et physiques du nitrate d'ammonium	10
Tab II -02	les principales caractéristiques du nitrate d'ammonium	11
Tab II -03	composition du NH4NO3	11
Tab II -04	Température d'ébullition en fonction de la concentration de la solution de nitrate d'am	11
Tab II -05	Données thermodynamiques de décomposition	12
Tab II -06	Chaleurs spécifiques de solutions aqueuses de nitrate d'ammonium	12
	<i>Chapitre II Procédé de fabrication de nitrate d'ammonium</i>	
Tab II.1	Propriétés physico-chimiques de kaolinite	16
Tab II.2	Les propriétés physico-chimiques de l'illite sont rassemblées	17
Tab II.3	Propriétés physico-chimiques de la montmorillonite	18
	<i>Chapitre III Partie Expérimentale : étude du calcul thermique de l'évaporateur</i>	
Tab III.1	Classification chimique des colorants synthétiques	26
Tab III.2	Colorants distinctifs utilisés dans les opérations de coloration du textile	27
Tab III.3	Caractéristiques physico-chimiques du Violet de gentiane	34
Tab III.4	Effets causés par le violet de gentiane	35

Listes des équipements

NE 3003	Condenseur NH3
NE 3004	DesaerateurNH3 condense
LH 1507	Evaporateur Nh3
NV 3000	Sphère de stockage NH3
LV 1512	Ballon intermédiaire NH4 NO3
LV 1520	Séparateur gouttelettes Neutraliseur
LH 1513	Evaporateur premier étage de concentration
LV 1514	Séparateur 1ère concentration
LE 1521	Condenseur de vapeur
LC 1522	Colonne de désorption d'ammoniac
LE 1531	Condenseur 1ère concentration
Lv 1526	Bac a condensat pollue
Lv 1515	Pot de garde 1ère concentration
Lv 1516	Bac intermédiaire Nh4 No3 95%
Lv 1530	Séparateur de gouttelettes 1ère concentration
LP 1502	Pompe doseuse
LH 1508	Evaporateur auxiliaire NH3
Lv 1615	Bac de dissolution des fines
LE 1538	Refroidisseur de prise d'échantillon de Nh4 No3
LV 1536	Bac de reprise condensats pollues
LV 1533	Pot séparateur LP 1532 (fourni avec pompe)
LA 1518	Agitateur pour LV 1516
Ly 1512	Ballon intermédiaire NH4 NO3
LZ 1519	Ventilateur assainissement LV 1516
NV 4000	Réservoir de stock HNO3
LR 1511	NEUTRALISEURE
LIC 1509	Surchauffeur NH3
FI 1512	Ballon intermédiaire NH4NO3
LIC 1563	Ventilateur extraction d'aire
LE 1531	Condenseur 1 ère concentration
LP 1532	Pompe à vide 1 ère concentration
NP 4001	Réservoir de stockage DE HNO3
NX 3005	Séparateur d'huiles
NZ 3002	Compresseur NH3
NP 3001	Pompes NH3
LE 1523	Condenseur des reflux
LV 1524	Ballon de reflux
LP 1527	Bac à condensat pollues
LP 1528	Pompes à condensat pollues
LE 1529	Refroidisseur de condensat pollues
LP 1517	Pompes À NH4NO3 95 %
LV 1533	Pot séparateur LP 1532
LA 1518	Agitateur pour LV1516

LISTES DES ABREVIATON

Symbole	Désignation
Q	La quantité de chaleur transférée par la vapeur de chauffage
M	Débit massique de la vapeur de chauffe
H'	Enthalpie de la vapeur de chauffe à l'entrée à T1
H''	Enthalpie de la vapeur de chauffe à la sortie à T2
G_e	débit massique de la solution de nitrate d'ammonium entrante .
W	débit massique de l'eau évaporée
X_e	fraction de la solution de nitrate d'ammonium à l'entrée.
X_s	fraction de la solution de nitrate d'ammonium à la sortie.
Q	La chaleur fournie pour l'évaporation
Q_{ch}	La chaleur de chauffage de la solution du nitrate d'ammonium entrante
Q_{ev}	La chaleur pour l'évaporation de l'eau contenue le nitrate d'ammonium dans d'ammonium
Q_p	La chaleur perdue dans le milieu ambiant
Cp_e	La capacité calorifique de la solution du nitrate d'ammonium à l'entrée
T_{eb}	La température moyenne d'ébullition de la solution du nitrate d'ammonium
T_e	Température de la solution du nitrate d'ammonium à l'entrée dans l'appareil
Cp_{eau}	Capacité calorifique de
U	Coefficient global de transfert de chaleur par convection.
A	Surface d'échange.
ΔT	Différence de température entre la vapeur chauffante et le nitrate d'ammonium
H_{cond} :	Coefficient de transfert de chaleur par convection à l'extérieur des tubes de la vapeur en cours de condensation sur la paroi .
λ :	Conductivité thermique du métal de la paroi en.
h_{tp} :	Coefficient de transfert de chaleur par convection à l'intérieur des tubes pour les deux phases (nitrate-sous vide)
L :	La longueur des tubes.
d₂ :	Diamètre intérieur du tube.
d₃ :	Diamètre extérieur du tube
λ_l :	Conductivité thermique du liquide
μ_l :	Viscosité du liquide
ρ_l :	La masse volumique du liquide .
ρ_v :	La masse volumique de la vapeur e
g :	L'accélération
Γ .	Débit massique linéique de condensat
μ_l :	La viscosité du liquide.
M :	Le débit massique de la vapeur de chauffe.
n_t :	Nombre des tubes
D :	Diamètre extérieur du tube.

Résumé

Ce travail vise principalement à augmenter les concentrations de nitrate d'ammonium, qui seront dirigés vers plusieurs autres unités, puisqu'il s'agit de la matière première. Pour se faire, Une étude de calcul thermique de l'évaporateur a été réalisé.

Par conséquent, nous avons essayé de proposer des solutions pour améliorer le rendement de la section nitrate.

Mots-clés : nitrate d'ammonium, évaporation, échangeur de chaleur, Ballon (bac) intermédiaire 77%, Ballon (bac)95%.

Abstract

This work mainly aims to increase the concentrations of ammonium nitrate, which will be directed to several other units, since it is the raw material. Consequently, studying thermal calculators for the evaporator was realised.

Therefore, we tried to propose solutions to improve the yield of the nitrate section

Keywords: ammonium nitrate, evaporation, heat exchanger, intermediate tank (tank) 77%, storage tank (tank) 95%.

ملخص : يهدف هذا العمل بشكل أساسي إلى زيادة تراكيزات نترات الأمونيوم ، والتي سيتم توجيهها إلى عدة وحدات أخرى ، لأنها المادة الخام.

تناولنا خلال عملنا بعض النقاط ، وعلى وجه الخصوص:

1_ عرض مجمع عنابة الخصب.

2_ معلومات عامة عن نترات الامونيوم.

3_ عمليات تصنيع نترات الامونيوم.

3_ دراسة الحاسبات الحرارية للمبخر.

لذلك ، حاولنا اقتراح حلول لتحسين محصول قسم النترات

الكلمات المفتاحية: نترات الأمونيوم ، التبخر ، المبادل الحراري ، الخزان الوسيط (الخزان) 77% ، الخزان (الخزان) 95% .

Introduction générale

Introduction générale

Le complexe ASMIDAL d'Annaba conçu pour la production d'engrais phosphatés et azotés, est doté d'une unité de fabrication du nitrate d'ammonium où on a effectué notre stage pratique.

La capacité de l'unité est de 1000 tonnes par jour de NH_4NO_3 .

Le nitrate source majeur d'azote pour la plupart des plantes, est à la fois un fertilisant largement utilisé en agriculture et une source de pollution de l'environnement provoquée par la contamination des nappes phréatiques.

Le composé a perdu le marché européen et même le marché national, en raison de l'explosivité du produit le rendant dangereux lors de son utilisation, et de sa non-conformité aux normes fixées par la communauté économique européenne (CEE).

Plusieurs tentatives ont été faites sans résultats. Par conséquent, les dirigeants d'ASMIDAL ont décidé de n'appliquer que les liquides sans les solides, en raison des nombreux problèmes de son processus de fabrication, qui sont déjà appliqués dans d'autres pays. En même temps, il y a une prise de conscience des problèmes de l'environnement posés par les rejets industriels (liquides et gazeux), d'où l'utilisation de procédés des traitements de ces effluents.

Le but de ce travail est l'augmentation de la concentration de nitrate d'ammonium en fonction des besoins des autres unités de cette substance. Ce qui fait augmenter le rendement de l'unité sur le plan technique et économique. Nous avons suspecté que la cause de ce dysfonctionnement dans l'amonitrate est l'évaporateur (LV) 1513) car il présente plusieurs problèmes. Par conséquent, on suggère donc de proposer un évaporateur dont le diamètre est supérieur à 60mm et dont le nombre de tubes est supérieur au premier pour améliorer l'efficacité et la surface d'échange. A cet effet, une étude de calcul thermique de l'évaporateur a été menée. Ce mémoire s'articule sur quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous mettons l'accent sur la complexe Fertial Annaba ainsi que les changements effectués pour améliorer la qualité du produit et l'environnement.

Le deuxième chapitre, est consacré au Nitrate d'ammonium et toute ses propriétés.

Le troisième chapitre expose le procédé de fabrication de nitrate d'ammonium.

Le quatrième chapitre, concerne d'abord une synthèse bibliographique sur l'Evaporateur et le calcul thermique. Ensuite, traite la problématique et le calcul thermique de l'évaporateur.

Ce travail s'achève par une conclusion générale qui résume les points essentiels de cette étude.

Chapitre I
Présentation du complexe

Fertial Annaba

I. Introduction

Tout d'abord dans ce chapitre on va présenter l'entreprise **FERTIAL**, la façon dont il s'est établi au fil des ans, et tout ce qui s'y rapporte, depuis l'emplacement stratégique, ses avantages objectives, exportation, produits et son jusqu'à ses ventes, car il est nécessaire que l'étudiant connaisse l'origine du lieu de sa formation depuis le début.

I.1 Présentation de FERTIAL, ANNABA

I.1.1. Historique ^[1]

Ou début La seule exception et la grande société dans l'Algérie qui fait la fabrication des engrais pour les besoins du marché algérienne.

Le complexe d'engrais phosphatés et azotés « FERTIAL / ANNABA », d'une superficie de 108 hectares dont 40 hectares bâties, est situé à 3Km à l'est d'ANNABA. a été construit en 1972 par la société **SONATRACH** dans le but de satisfaire les besoins du pays en fertilisants et éventuellement exporter les excédents.

Réalisé par la société Française ' KREBS 'son démarrage a eu lieu, le 15 mai 1972 pour les engrais phosphatés (zone SUD) et 1982 pour les engrais azotés (zone NORD).

En 1985 suite à la restructuration de **SONATRACH**, **ASMIDAL** a été créé pour prendre en charge la production, la commercialisation et le développement des activités en engrais.

En 1997 **L'E.P.E ASMIDAL** a retenu dans son plan de restructuration la filialisation des deux plates-formes de production d'Annaba et d'Arzew, c'est ainsi qu'en l'an 2000 les filiales Alzofert (**Arzew**) et Fertial (**Annaba**) ont vu le jour.

Le 04/08/2005, association entre **ASMIDAL** et la société **fertiberia** le **Groupe Vilar Mir** (Espagnol) ont conclu un accord de partenariat pour les deux plates-formes (**Arzew**) et (**Annaba**) réservant une majorité de 66% à la partie espagnole par voie d'augmentation du capital à hauteur de 160 millions de dollars US, le ramenant ainsi à 17,7 milliard de dinars algériens, et après y'a une récupération de 51% 49%, Donc le nom **fertial** et composé de la société **fertiberia et asmidal** .

Deux critères très important Et premièrement, **la proximité de port**, afin de fournir des matières premières, donc la facilité d'importation et d'exportation, et deuxièmement, nous avons **l'électricité**, et il y a sonalgaze en face, donc il n'y a pas de problème d'électricité

I.1.2. Situation géographique (Voir figure I-01)

L'usine est située à 04 km à l'est de la ville d'Annaba, elle est limitée par :

- L'Oued Seybouse et la cité Sidi Salem à l'Est,
- La cité Seybouse à l'Ouest,
- La mer méditerranéenne au Nord,
- La route nationale n°44 et la plaine d'Annaba au Sud



Figure I -01: Situation géographique de l'entreprise (Fertial-Annaba).

I.1.3. Présentation du complexe ASMIDAL^[1]

Le complexe comporte les filiales suivantes :

a. FERTIAL

Divisée en 02 plateformes (direction **EST - ANNABA** et direction **OUEST-ARZEW**).

La plate-forme EST -Annaba produit des engrais phosphatés et azotés. Elle comprend deux zones :

- **zone sud (Engrais phosphatés)**

Lancée le 03/03/1969 en coopération avec la société française *Krebs*, elle est entrée en production le 15/05/1972. Elle comprend :

- Atelier simple super phosphaté (*SSP*).
- Atelier des engrais (*NPK*).
- **Zone nord (Engrais azotés)**

Créée en 1975 en coopération avec la société *Creusot Loire Kellogg* et *Krebs*, elle est entrée en production en 1982 (unité acide nitrique et nitrate d'ammonium).

L'unité ammoniacque est entrée en production en 1987. Elle comprend :

1. Centrale utilité I, II : alimentation du complexe en eau vapeur, gaz naturel.
2. Unité d'ammoniac NH_3 : sa capacité de production est de 100 tonnes /jour.
3. Unité d'acide nitrique HNO_3 : sa capacité de production est de 800 tonnes /jour.
4. Unité de nitrate d'ammonium NH_4NO_3 : sa capacité de production est de 1000 tonnes /jour.
5. Installation de manutention et de stockage.

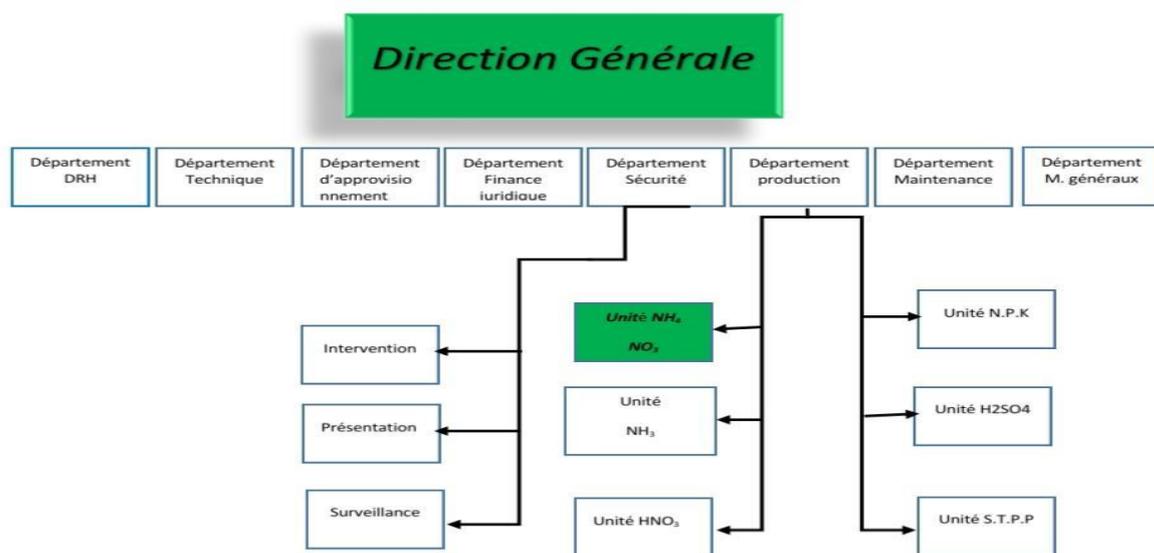


Figure I.2 : organigramme de fertial – Annaba.

b. KIMIAL (STPP)

Production de tripoly-phosphate de sodium avec une capacité de 120 tonnes/jour.

c. SOMIAS

Somias s'occupe de la maintenance industrielle-réparation de tous types d'équipements industriels et de tous travaux de Maintenance.

d. ASFERTRADE

Elle est chargée de la distribution de tous types d'engrais produits et commercialisés par le groupe ASMIDAL sur le marché national.

I.1.4. Production de l'entreprise ^[2]

Les différents produits fabriqués sont regroupés dans le tableau suivant :



Figure I.3 :

Engrais azoté simple .



Figure I.4 :

Engrais Complexe.



Figure I.5 :

Engrais phosphates simple.

Tableau I-01 : production des différents produits fabriqués

Unités	Capacité (tonnes/an)
Engrais phosphatés (NPK)	550.000
Super simple phosphate (SSP)	40.000
Ammoniac (NH ₃)	330.00
Acide nitrique (HNO ₃)	264.000
Nitrate d'ammonium (NH ₄ NO ₃)	330.000

I.1.5. Exportation ^[1]

- **NH₃** : exporté vers l'Espagne, France, Italie, Grèce, Belgique, Cuba, grand Bretagne, Turquie et Maroc.
- **UAN (urée acide nitrique)** : France, Espagne et USA.
- **Nitrate**: Tunisie et Maroc.
- **SSP (simple super phosphate)** : Maroc, Grèce, France, Italie et Brésil.

I.1.6. Objectifs de l'entreprise ^[1]

Dans le cadre du développement économique et social du pays, l'entreprise est chargée
De :

- Promouvoir et développer l'industrie des engrais et des produits phytosanitaires.
- Exploiter, gérer et rentabiliser les moyens humains, matériels et financiers, dont elle dispose.
- Satisfaire le marché national et international en matière d'engrais pour l'amélioration du rendement de l'agriculture.
- Développer la coopération dans le cadre de la diversification des partenaires afin de mieux assurer la continuité de la production.
- Favoriser l'épuisement de l'esprit d'imagination et l'initiative et faire appel aux moyens locaux.

I .1.7. Principales activités ^[3]

FERTIAL-ANNABA présente plusieurs activités, dont les plus importantes sont :

- La production de l'ammoniac (NH) : 1000 T/J.
- La production de nitrate d'ammonium : 02 lignes de 500 T/J chacune.
- La production d'acide nitrique : 02 ligne de 400 T/J chacune.
- La production des engrais phosphatés : 1000 T/J.
- La production SSP (super simple phosphate) : capacité 1200 T/J.
- La production UAN (urée acide nitrique) capacité 600 T/J.

Une partie du nitrate d'ammonium et de l'ammoniac, est autoconsommée par FERTIAL pour la production d'autres produits. FERTIAL dispose de plusieurs unités pour pouvoir réaliser ces objectifs :

- Unités de nitrate d'ammonium.
- Unités de production de l'ammoniac.
- Unités de production de l'acide nitrique.
- Trois centres utilités pour le traitement d'eau de mer, la production d'eau distillée et la production de vapeur d'eau.
- Un groupe turbo alternateur pour la production d'énergie électrique.
- Deux unités de stockages et de conditionnement des engrais.
- Un centre pour le stockage d'ammoniac.
- Un laboratoire pour les analyses chimiques et physiques.

I.1.8. Normes et Certifications FERTIAL ^[2]

Les normes ISO offrent des solutions et des avantages à la quasi-totalité des secteurs d'activité de l'économie – agriculture, ingénierie mécanique, fabrication, distribution, transports, soins de santé. Afin d'atteindre les normes européennes les plus élevées, une série de normes ont été mises en place dans les domaines de la qualité, de l'environnement, de la sécurité, de l'excellence et de la consommation d'énergie pour améliorer l'efficacité opérationnelle.

- ◇ ISO 50001: management de l'énergie 10/2014.
- ◇ ISO 45001 : systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail.
- ◇ ISO 9001: système management de la qualité 10/2010.
- ◇ ISO 14001: système de management environnemental 12/2010.
- ◇ OHSAS 18001: 11/2011.
- ◇ ISO 17025: laboratoire d'étalonnage et d'essai 12/2012.
- ◇ EFQM +300: 10/2013.



La norme ISO

ISO 9001 Qualité

Au terme de trois jours d'audit mené par des experts d'un certificateur de renommée mondiale, Fertial a eu sa double certification ISO 14001 Environnement et 9001 Qualité. Les auditeurs ont contrôlé, vérifié et expérimenté tout ce qui est relatif à ces deux importants aspects qu'une gestion moderne requiert de nos jours. Le verdict ne s'est fait pas attendre, puisque le personnel des deux usines savait que le résultat de l'audit sera positif. Désormais, Fertial compte parmi les entreprises dont la gestion est soumise aux standards internationaux. C'est pour marquer ce passage à une ère de modernité dans la vie de Fertial que ce numéro est consacré à l'obtention de la certification ISO. Les responsables des deux usines s'y expriment sur toutes les étapes et les préparations précédant ce succès et se félicitent d'y avoir participé tout en s'engageant à relever d'autres défis.

L'ISO 9001, est une norme de la « série des normes ISO 9000 », qui énonce des exigences organisationnelles indispensables pour l'établissement d'un système pointu de gestion de la qualité au sein d'une entreprise. Les exigences de cette norme se résument dans quatre principaux axes pour garantir une meilleure gestion d'une entreprise et qui sont ; la responsabilité de la direction, la gestion des ressources, la réalisation du produit et la mesure d'analyse et d'amélioration continue. Cette norme, telle qu'elle a été définie par l'Organisation Internationale de Normalisation ou ISO (International Standard Organisation), est basée sur 8 principes de management qui sont ; l'orientation client, le leadership, l'implication du personnel, l'approche processus, la gestion par approche système, l'amélioration continue, l'approche factuelle pour la prise de décision et enfin les relations mutuellement bénéficiaires avec les fournisseurs. Ainsi, la mise en œuvre de ce système dans une organisation permettra à celle-ci « de démontrer son aptitude à fournir régulièrement un produit conforme aux exigences du client et aux exigences réglementaires applicables et la recherche à accroître la satisfaction des clients par l'application efficace du système, et en particulier, mettre en œuvre un processus d'amélioration continue ».

ISO 14001 Environnement

L'ISO 14001 fait partie aussi des normes ISO 14000 relatives « aux systèmes de management environnemental qui aident les organisations de toutes sortes à améliorer leurs performances environnementales tout en exerçant un impact positif sur leurs résultats ». Elle concerne et s'intéresse aux activités multiples des organisations dont la perspective permanente est de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement tout en œuvrant à l'amélioration constante et durable de la performance environnementale. « La norme ISO 14001 constitue le référentiel de base pour la certification. Il représente 18 exigences réparties en six chapitres qui sont ; les exigences générales du respect de l'environnement, la politique de l'entreprise en matière de l'environnement, la planification, la mise en œuvre des actions planifiées pour satisfaire la politique environnementale, les contrôles et les actions correctives sur la fonctionnalité du système de management environnemental. Elle présente plusieurs avantages notamment une meilleure maîtrise des aspects liés à la protection de l'environnement. Elle offre à l'entreprise un outil de gestion pour intégrer ces questions dans son management global au même titre que la qualité, la sécurité, la production...etc. La certification ISO 14001 donne à l'entreprise une image de marque et d'être mieux perçue par les organismes chargés des questions environnementales.

Figure I.6: la norme ISO fertial news.

I.2. Conclusion

À la fin de ce chapitre, nous espérons avoir abordé tout ce qui nous intéresse et nous profite, afin d'être un bon début pour comprendre le sujet principal qui est le Nitrate d'Ammonium.

Références bibliographiques

- [1] Service technique, Brochure ASMIDAL d 'Annaba Algérie.
- [2] Stamicarbon, Hollande. 1975 Manuel Opérateur, technologie de KELLOG, volume 01, 02, 03, 04, 05, édition KELLOG. France. Procédé
- [3] Site web de FERTIAL « [www.FERTIAL .DZ](http://www.FERTIAL.DZ) ».

Chapitre II

Généralités sur les nitrates d'ammonium

II. Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons la base de notre sujet principal l'ammonitrate qui consiste à rapprocher toutes ses fonctionnalités et à les inclure toutes.

II.1 Notions sur le nitrate d'ammonium ^[4]

Le nitrate d'ammonium est un engrais simple est un produit cristallisé blanc. Il est très demandé pour la fertilisation des terres agricoles. Actuellement il est le plus important des composés azotés. Il est utilisé principalement dans l'agriculture et comme agent entrant dans la composition des explosifs civils et militaires.

Le nitrate d'ammonium ou est produit par la réaction de l'ammoniac à l'état gazeux avec de l'acide nitrique aqueux. Le liquide produit subira de concentration.

De nombreux procédés permettent la production du nitrate d'ammonium. Chaque méthode a ses particularités, bien qu'elles se ressemblent, elles y diffèrent dans les détails.

L'ammonitrate est largement utilisé dans le monde du fait son prix de revient de sa production peu élevée. Il est très demandé en comparaison avec d'autre engrais tels que :

- Le sulfate d'ammonium $[(NH_4) SO_4]$ à 21% d'azote et qui a pour inconvénient d'acidifier les sols et de diminuer leur fertilité.
- Le nitrate de calcium $[Ca (NO_3)_2]$ qui ne se titre qu'a 15% en azote.
- L'urée $NH_2 CONH_2$ à 46% d'azote a une action «retard» plus longue que celle de l'ammonitrate, l'urée doit subir deux transformations dans le sol (azote ammoniacal puis azote nitrique). Les avantages du nitrate d'ammonium par rapport aux autres engrais nous encourageant à améliorer sa production.



Figure II.2 : échantillon de nitrates d'ammonium.

II.2 Propriétés physico-chimiques ^{[5][6]}

Le nitrate d'ammonium NH_4NO_3 est un composé synthétique qui n'existe pas à l'état naturel. Il a été élaboré par Hans Glauber pour la 1^{ère} fois en 1659. Il l'avait surnommé « nitrum flammans ». Il est principalement utilisé comme engrais azoté sous le nom d'ammonitrate, mais il est également doté d'un grand pouvoir oxydant et entre dans la composition de certains explosifs. ^[2]

Le nitrate d'ammonium (NH_4NO_3) est utilisé principalement comme engrais azoté et comme agent entrant dans la composition des explosifs civils et militaires.

Son point de fusion décroît avec l'augmentation de la teneur en humidité.

Il est facilement soluble dans l'eau avec absorption de la chaleur. Cette solubilité augmente avec la température.

A l'état liquide, lorsque la température du NH_4NO_3 est constante, sa densité est proportionnelle à la variation de la concentration, par contre elle est inversement proportionnelle à la température lorsque la concentration est constante.

La chaleur spécifique du nitrate d'ammonium diminue avec l'augmentation de la concentration. Le nitrate d'ammonium est un solide cristallin blanc, qui possède cinq formes cristallines stables uniquement dans un écart de température bien déterminé.

En fonction de la température et l'humidité de l'air, le nitrate d'ammonium peut soit absorber soit désorber l'humidité de l'atmosphère.

Le procédé décrit est utilisé pour la préparation du nitrate d'ammonium (A.N.)

Les matières premières employées sont l'ammoniac, l'acide nitrique.

Le nitrate d'ammonium est un sel de l'acide nitrique (HNO_3) et de l'ammoniac (NH_3) selon la réaction



Les principales caractéristiques du nitrate d'ammonium ^[7]

Tableau II -01 Les propriétés chimiques et physiques du nitrate d'ammonium

- Formule :	NH_4NO_3
- Poids moléculaire :	80
- Point de fusion :	169,690 C
- Point d'ébullition :	210 C
- Poids spécifique :	1,725 T/m ³
- viscosité :	3,22 cp à 162°C 2,574 cp à 185° C a 185 ° C
-Teneur en azote N° :	35 %

Tableau II -02 : les principales caractéristiques du nitrate d'ammonium

Formule chimique	NH ₄ NO ₃
Masse molaire	80.05g/mol
Densité d ₄ ²⁰	1.725
Chaleur spécifique	1.70 J/g.k
pH d'une solution à 0.1M dans l'eau	5.43

Tableau II -03: composition du NH₄NO₃

Atome	Pourcentage massique
H	5.04
N	35.00
O	59.96

Le nitrate d'ammonium est instable au-dessus de 170°C et à 300°C il se décompose parfois d'une façon explosive en dégageant beaucoup de gaz et de chaleur.

La température d'ébullition du nitrate d'ammonium varie en fonction de la concentration

Tableau II -04: Température d'ébullition en fonction de la concentration de la solution de nitrate d'ammonium

% NA	10	20	30	40	50	60	70	80	85	90	95
T (°C)	101	102.5	104	107.5	109.5	113.5	119.5	128.5	136	147	170

II.3 Données thermodynamiques

- *Enthalpie de formation du nitrate d'ammonium* ^[5]



- *Enthalpie de réaction du nitrate d'ammonium* ^[2]



Ces réactions sont utilisées dans les procédés de fabrication du nitrate d'ammonium.

- Enthalpie de décomposition du nitrate d'ammonium ^[5]



$$\Delta H_d^\circ = 2\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) + \Delta H_f^\circ(\text{NH}_4\text{NO}_3) = -118.04 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

- *Données thermodynamiques de décomposition thermique*

Stable à température et pression ordinaires, le nitrate d'ammonium pur se décompose de façon complexe selon des réactions accompagnant différents effets thermodynamiques. ^[6]

Tableau II -05: Données thermodynamiques de décomposition

Réaction	Température (°C)	Chaleur de Réaction (J.g ⁻¹)	Volume de gaz libéré (cm ³ .g ⁻¹)	Température de Fin de réaction (°C)
NH ₄ NO ₃ → NH ₃ +HNO ₃	170-180	2144	560	Exothermique
NH ₄ NO ₃ → N ₂ O+2H ₂ O	210-260	-525	840	497
NH ₄ NO ₃ → N ₂ +2H ₂ O+1/2O ₂	300	-1465	918	1287

- *Chaleurs spécifiques de solutions aqueuses de nitrate d'ammonium*

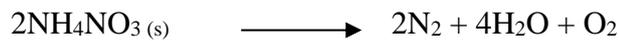
Tableau II -05 : Chaleurs spécifiques de solutions aqueuses de nitrate d'ammonium

%NH ₄ NO ₃	Chaleur spécifique Cp(J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	Chaleur spécifique Cp (J.g ⁻¹ .K ⁻¹)
2.9	320.8	4.038
9.1	309.6	3.870
15.1	294.4	3.678
28.6	241.6	3.021
47.1	233.6	2.916
64	204.0	2.552

II.4 Propriétés explosives du nitrate d'ammonium ^[5]

Le nitrate d'ammonium pur est un corps explosif, car il est susceptible de donner des réactions exothermiques rapides avec émission d'une grande quantité de gaz chaud.

Ce caractère explosif du nitrate d'ammonium a été étudié vers 1870 par Berthelot ^[2] qui considérait que l'explosion franche de ce corps a lieu selon l'équation :



▪ Sensibilité à la détonation

La sensibilité du NH_4NO_3 à l'amorçage par un explosif dépend des facteurs suivants :

- La température : la sensibilité augmente avec la température.
- La densité du produit : la sensibilité diminue quand la densité augmente.
- La forme physique.
- La granulométrie du produit : la sensibilité est plus grande pour des petits granulés.
- La pureté chimique du produit.
- Le nitrate d'ammonium non pur mélangé à des réducteurs divers (hydrocarbures, certains métaux.....) peut exploser spontanément.
- La concentration en nitrate d'ammonium influe sur la sensibilité.
- La teneur en azote : la sensibilité est plus grande pour une teneur d'azote supérieur à 31,5%.

▪ Sensibilité du nitrate d'ammonium au choc mécanique

Le nitrate d'ammonium est insensible aux frottements et aux chocs mécaniques les plus violents.

▪ Sensibilisation du nitrate d'ammonium par des corps combustibles

Les propriétés explosives faibles du nitrate d'ammonium sont considérablement augmentées quand il est mélangé à des matières combustibles finement réparties.

II.5 Utilisations du nitrates d'ammonium

Les nitrate d'ammonium sont largement utilisés dans différents secteurs on note :

- Production des explosifs,
- Production des engrais,
- Production des produits pharmaceutiques,
- Production des cosmétiques.

Conclusion

A la fin de ce chapitre, nous espérons avoir atteint ce que nous aimerions communiquer sur tout ce qui concerne le nitrate d'ammonium de ses avantages et caractéristiques physiques et chimique, thermodynamique et explosif par rapport aux autres produits.

Références bibliographiques

- [4] SERRADJ MILOUD, NACEUR N/EDDINE « Amélioration de la qualité du nitrate d'ammonium », document de Alzofert Filiale du groupe ASMIDAL.
- [5] MelleHaddeche Naïma et MelleTamine Sana présenté par : promotion 2005 « Réduction de la teneur en azote dans les nitrates d'ammonium par l'emploi du novotec et du sulfate de magnésium ». Mémoire de fin d'étude Génie chimique
- [6] société chimique de France. (2017). Nitrate d'ammonium. Consulté le 28/02/2019 de <http://www.societechimiquedefrance.fr/nitrate-dammonium473.html?>
- [7] BRUSSET Isabelle et al. (2002). Le nitrate d'ammonium description, production, utilisations et précautions d'usage. Mémoire de master, Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse. BENE LELEU : Technique de l'ingénieur J2 « opérations unitaires, Évaporation » p J2320.

Chapitre III

Procédé de fabrication de

l'amounitrate

(nitrate d'ammonium)

III. Introduction

Au départ, ce chapitre sera consacré au procédé de fabrication de nitrate d'ammonium avec les différentes étapes de production.

III.1 Description du procédé de fabrication de nitrate d'ammonium.

III.1.1. Description des matières premières ^[8]

Les matières premières utilisées pour la fabrication du nitrate d'ammonium sont : l'ammoniac, l'acide nitrique.

a- Ammoniac : (- NH₃ -)

- Formule : NH₃ 10,49 °C (98,3%)
- Poids moléculaire : 17
- Point d'ébullition : -33,35 °C
- Point de fusion : -77,7 °C
- Limite d'explosivité dans l'air : 15-28% vol.

A basse température l'ammoniac qui est un liquide incolore, donne un gaz incolore avec une odeur caractéristique, pénétrante, fortement acre et suffocante.

a1. Composition

Pureté : supérieure à 99,5 % poids

Impuretés : 5 ppm maximum d'huile (pointes à 10 ppm maxi admissibles).

a2. Spécifications

- Etat : liquide - Provenance stockage au port.
- mode de livraison à l'atelier : par tuyauterie sur pipe-rack
- Alimentation : continue
- Température : 0 à +30°C
- Pression au sol et à l'entrée de batterie : 8 bars absolus minimum
- Tuyauterie de raccordement 4".

a3. Débits

Débit nominal moyen : 20 T/h débit maximum < 50 T/h (discontinu)

b- Acide nitrique (-AN-)

- Formule : HNO₃
- Poids moléculaire : 63 98
- Point d'ébullition : 86 °C 330 ° C (98.3 % conc)
- Point de fusion : 41,6 °C 10.49 °C (98.3 % conc)
- Poids spécifique à 20 ° C 1.83

L'acide nitrique est un liquide incolore, qui jaunit sous l'influence de la lumière du soleil. Il est un puissant agent oxydant.

b 1. Composition

Concentration : 57 % minimum

Teneur en HNO_2 : 50 ppm Normal : 100 ppm maximum

Couleur : limpide

Chlorure : 5 ppm maximum

b2. spécifications

Etat : Liquide. Mode d'évacuation ' par pompe NP 4 stockage et abc et tuyauterie à partir stockage sur site.

Evacuation : continue

Température : 45° C

Pression : disponible en bac situé au niveau 11.700 (le niveau de référence de la plate-forme + 10.000 = + 3,500 NGA)

b 3. Débit

1290 T/J (800T/J de HNO_3 à 100 %)

III.2 Procède de fabrication de nitrate d'ammonium

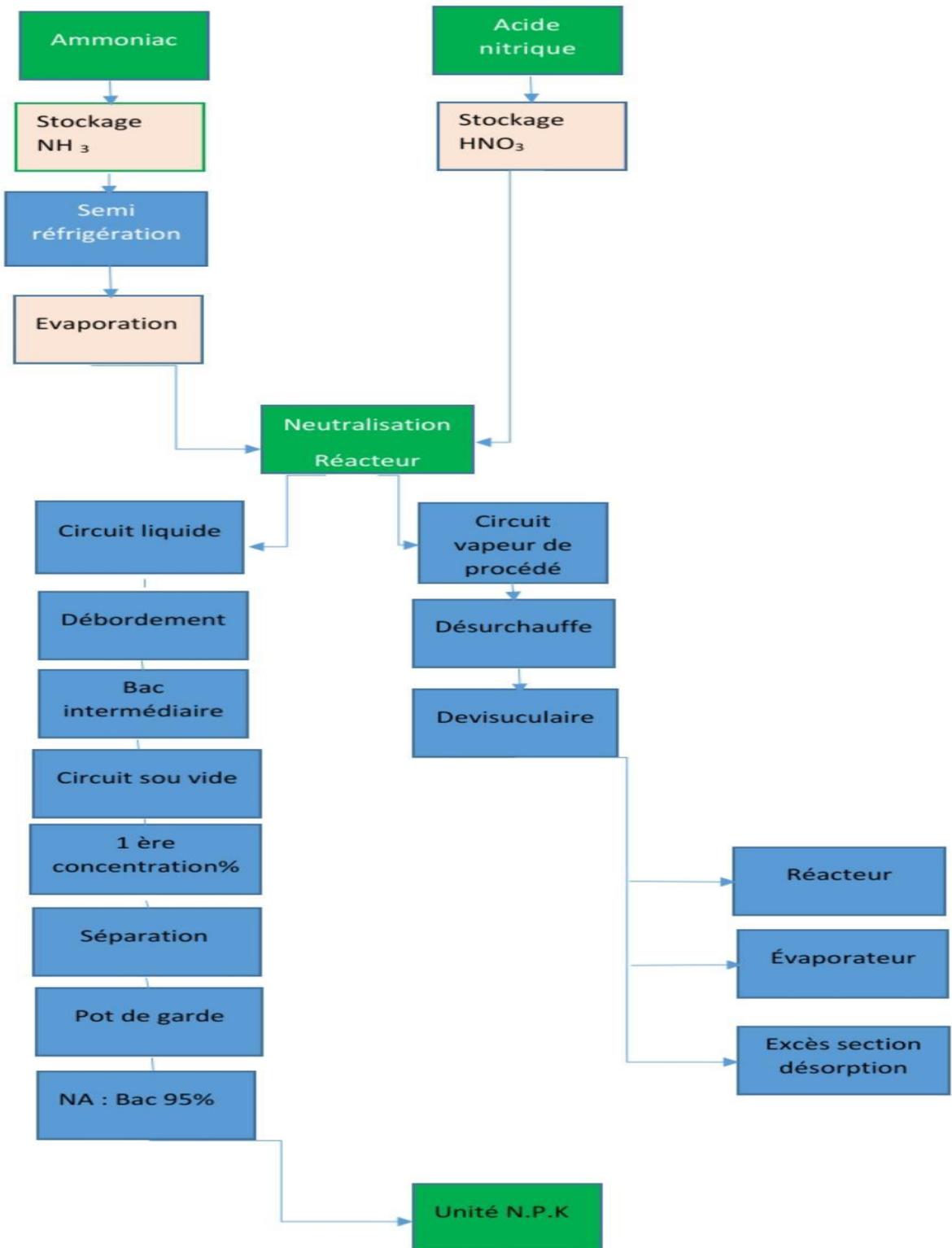


Figure III: Diagramme de fabrication de nitrate d'ammonium

III.3 - Section stockage acide, ammoniac et évaporation d'ammoniac ^[2.8.17]

✓ Stockage d'acide nitrique

L'acide nitrique est stocké dans trois bacs identiques NV4000. Le stockage d'acide nitrique comprend 4 bacs NV 4000 A/B/C/D d'une capacité de 400m³, équipés de trois pompes d'alimentation NP4001 A/B/C. La reprise d'acide nitrique se fait par les pompes NP 4001 b pour la ligne L1, NP 4001 b pour la ligne L2 ; la Pompe NP 4001 C étant en réserve des précédentes et assurant également la recirculation

Chaque bac est équipé d'un indicateur de niveau, d'une alarme de niveau bas et d'une alarme de niveau haut.

Un contacteur bas débit HNO₃ temporisé à 3 minutes, arrêté la pompe alimentaire correspondante.



Figure. III. 01: les 4 bacs de stockage d'acide nitrique.



Figure III.2 : les 4 bacs de stockage d'acide nitrique avec les 3 pompes d'alimentation



Figure III.3 : les trois pompes d'alimentation NP4001 A/B/C

✓ Stockage d'ammoniac

Le stockage d'ammoniac est un stockage réfrigéré. L'ammoniac liquide est stocké dans une sphère NV3000 à une pression de 3,5 bars environ. Cette dernière est équipée d'une station ou bien group de réfrigération qui comporte deux compresseurs LZ3002A/B, un condenseur LE3003, un éliminateur des incondensables LE3004 et deux soupapes de sécurité tarées à 5bars (situées en haut de la sphère). Instrumentation et asservissements nécessaires au fonctionnement de l'ensemble.

Pour l'opération d'évaporation, 3 pompes de reprise d'ammoniac est aspiré au moyen d'une pompe, et envoyé dans un évaporateur LH1507, où il s'évapore avec une température de 17°C et une pression de 7 bars, puis il est surchauffé de 17°C à 35°C pour éliminer toute trace d'ammoniac liquide. (Figure III-4-5)



Figure III.4 : une sphère NV3000 (stockage d'ammoniac).

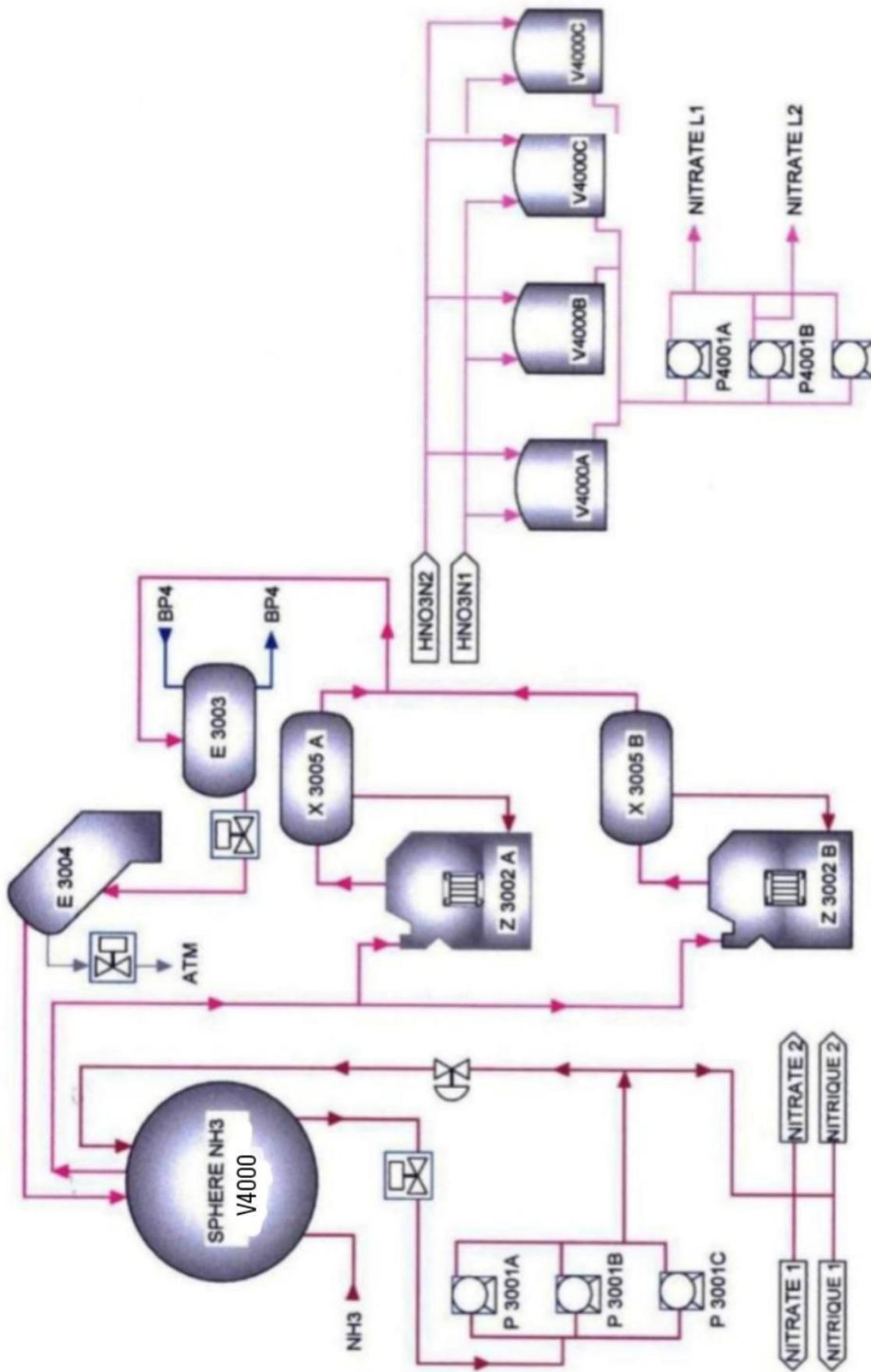


Figure III-5 : section stockage acide, ammoniac et évaporation d' ammoniac

III.4- Section de neutralisation [2]

La neutralisation s'effectue dans un équipement en forme de U et dans un séparateur.

Les éléments (acide nitrique et l'ammoniac) doivent comprimés à 6 bars et sous une température de 35°C.

La réaction exothermique et équimolaire dans le neutraliseur s'effectue de la manière suivante :



Les conditions opératoires de la neutralisation sont les suivantes :

- Pression : environ 3 bars effective
- Température : 180°C
- pH : 4,7-5,2

La réaction entre l'ammoniac et l'acide nitrique est exothermique et équimolaire, la chaleur libérée est suffisante pour accroître la concentration du nitrate d'ammonium formée à environ 77%.

Lorsque la solution acquise (NH_4NO_3) atteint le sommet du tube de mélange, elle se sépare de la vapeur dans un séparateur, puis elle s'écoule dans un bac intermédiaire LV1512 à une pression de 3 bars.

Tandis que la vapeur quitte le sommet du séparateur et va vers le diviséculaire LV1520, après sa désurchauffe par le rajout des condensats pollués, et cela pour avoir une meilleure efficacité possible au diviséculaire, entre-temps sa température décroît de 180°C à environ 143°C.

Il y a formation des gouttelettes qui sont récupérées et envoyées dans le tube de retour de neutraliseur. (**Figure III-6**)

▪ **Circuit du condensat pollué:** La vapeur dégagée du neutraliseur, et celle provenant de l'évaporateur contient des condensats riches en ammoniac. Les condensats, (contenant de l'ammoniac et du nitrate d'ammonium), venant de l'évaporateur premier étage, LH 1513 du traçage du séparateur premier étage, LV 1514 et du condense de surplus, LE 1521 sont recyclés à la colonne d'absorption et de désorption d'ammoniac LC 1522 que l'on récupéré. Cette dernière est constituée de deux compartiments remplis d'anneaux raching en inox. Les condensats de l'évaporation premier étage, (venant du condenseur LE 1531), sont envoyés dans le premier compartiment du pot de garde barométrique commun, LV 1536 duquel ils s'écouleront dans le réservoir de condensat pollué LV 1526 (7m3)

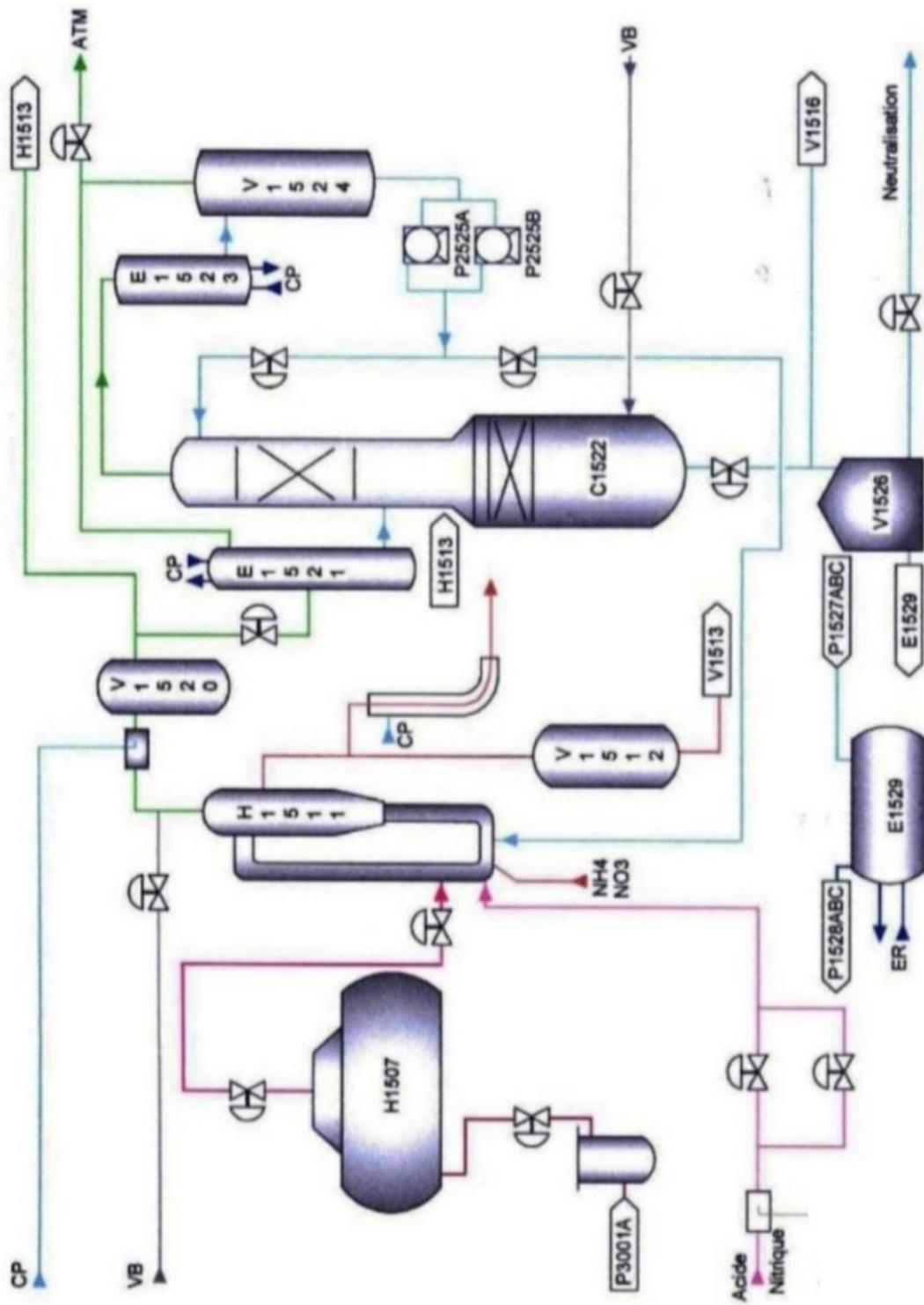


Figure III.6 : Section de Neutralisation

III.5- Section première concentration ^[8]

La solution de nitrate d'ammonium quittant le bac intermédiaire à une concentration de 77% passe à travers l'évaporateur LH1513 de la première concentration par une différence de pression de 0,3 bars absolus et une température de 130°C. Cette pression est obtenue au moyen d'un équipement sous vide, qui comprend une pompe à vide.

Dans le séparateur LV1514 situé après l'évaporateur, la solution du nitrate d'ammonium est séparée en une phase vapeur et une phase liquide.

Le liquide représentant une solution de nitrate d'ammonium à 95% passe vers un pot de garde barométrique LV1515 et par un trop plein se déverse dans un bac de nitrate d'ammonium 95% LV1516.

La vapeur passe dans un diviséculaire LV1530 après avoir subi une désurchauffe pour récupérer les gouttelettes de nitrate d'ammonium. Celles-ci sont envoyées dans la partie riche du pot de garde barométrique commun LV1536 de la première et la deuxième concentration.

La vapeur quittant le diviséculaire est condensée dans un condenseur LE1513, le condensat s'écoule vers la partie pauvre du pot de garde barométrique commun. **(Figure III-7)**

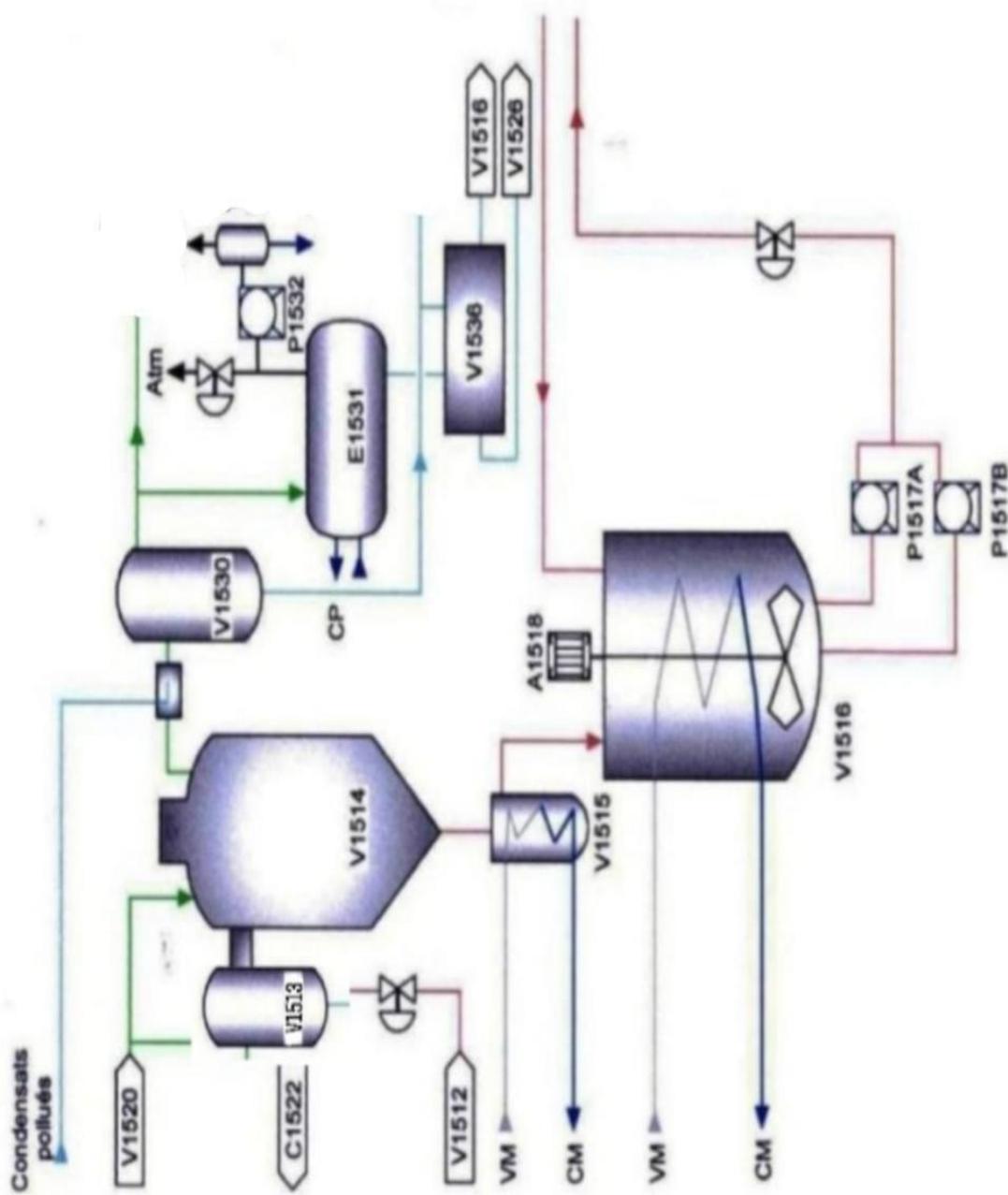


Figure III-7 : Section de Première Concentration

III.6-Description du procédé en détails [2.17]

La fabrication s'opère suivant plusieurs procédés, chaque industrie a ses particularités sachant que les procédés semblent simple au départ, ils diffèrent dans les détails. En générale trois grandes étapes ressortent:

- c- Évaporation D'ammoniac
- d- Neutralisation de l'ammoniac par l'acide nitrique
- e- Évaporation des solutions neutralisées

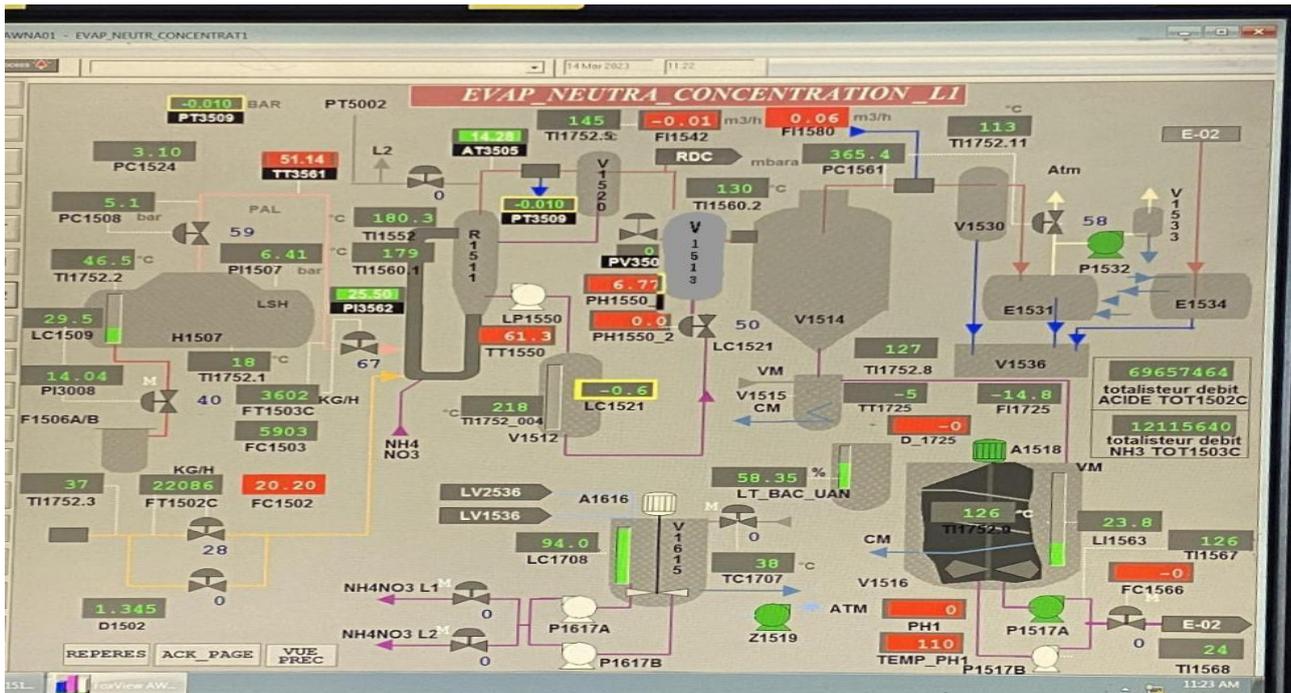


Figure III-8: Évaporation Et Neutralisation

III.6.1- Évaporation d'ammoniac

L'ammoniac liquide venant de la batterie est envoyé à l'évaporateur d'ammoniac, LH 1507, on évapore de cet appareil la quantité nécessaire d'ammoniac pour alimenter le neutraliseur LR 1511. L'ammoniac liquide contenant environ 0,5% en poids de H₂O et 10 PPM d'huile maximum, est fourni à une pression de 12 bars effectifs et une température de 0° C environ, via un filtre à ammoniac liquide.

L'ammoniac liquide est évaporé dans l'évaporateur d'ammoniac À une pression de 6 effectifs et une température d'environ 17°C. La chaleur d'évaporation est fournie par l'eau de refroidissement. Le gaz ammoniac venant de l'évaporateur, passe au travers d'une surchauffeur où il est légèrement surchauffé de 17° C à environ 30° C, par échange de chaleur avec la vapeur basse pression.

Le niveau de l'évaporateur est réglé par un régulateur de niveau, LIC 1509, qui ajuste l'alimentation en ammoniac liquide via la vanne de contrôle de niveau. Le niveau haut d'ammoniac est signalé par une alarme. La pression de l'ammoniac gazeux dans le collecteur vers le neutraliseur est réglée à 4,5 bars effectifs par un régulateur de pression PIC 1508. La pression basse d'ammoniac est signalée par une alarme.

Si la pression devient trop basse un asservissement arrête l'alimentation d'acide nitrique et d'ammoniac gazeux au neutraliseur.

La pression haute d'ammoniac dans l'évaporateur d'ammoniac est signalée par une alarme.

Du fait que l'ammoniac liquide contient environ 0,5% en poids d'eau, un évaporateur auxiliaire d'ammoniac LH 1508 a été installé.

Pour maintenir une certaine concentration en eau (env. 10% en volume) dans l'évaporateur d'ammoniac, une purge continue, reliée à l'évaporateur auxiliaire, a été installée. Le débit de purge vers l'évaporateur d'ammoniac auxiliaire est mesuré par un indicateur de débit FI 1512.

Le niveau dans l'évaporateur auxiliaire est indiqué par un niveau à glace, et contrôlé au moyen de la vanne de vapeur basse pression, installée sur le collecteur alimentant le serpentin de réchauffage. Le mélange évaporé ammoniac-eau, qui est à une température d'environ 90° C, est renvoyé au collecteur principal d'ammoniac gazeux et mélangé avec le flux principal. Toute l'huile de l'ammoniac liquide s'accumulera dans le bas de l'évaporateur auxiliaire et devra être purgée quand nécessaire.

La solution de nitrate d'ammonium est concentrée jusqu'à un certain point par l'utilisation de la chaleur de neutralisation. La vapeur produite dans le neutraliseur est utilisée en réchauffage au premier étage d'évaporation. La solution de nitrate d'ammonium produit, qui a une concentration de 77 % se déverse dans un réservoir intermédiaire. La vapeur venant de neutraliseur est saturée par du condensat procédé et va alimenter un dévésiculeur, dans lequel les gouttelettes sont piégées et renvoyées dans le neutraliseur,

L'ammoniac gazeux nécessaire à la neutralisation est évaporé dans l'évaporateur d'ammoniac, consistant en un évaporateur principal et un évaporateur auxiliaire L'ammoniac liquide est alimenté à l'évaporateur principal, dans lequel la partie principale est évaporée -au moyen d'eau de refroidissement chaude provenant des équipements consommant de l'eau de refroidissement. Cet évaporateur principal est opéré à une pression de 7 bars absolus et une température de 30° C, Un mélange d'eau et ammoniac est purgé en continu vers l'évaporateur auxiliaire, qui reçoit aussi la purge de l'évaporateur d'ammoniac de l'atelier d'acide nitrique. Au moyen de vapeur basse pression, le mélange eau-ammoniac est évaporé en continu à une pression de 7 bars absolus et une température de 90°C.

La solution de nitrate d'ammonium venant du neutraliseur est alimentée, via un réservoir intermédiaire, dans un évaporateur, dans lequel la solution est concentrée à environ 95%. L'évaporation est faite dans un évaporateur du type vertical une passe qui est opéré À une pression de 0,3 bars absolus. La vapeur contaminée venant du neutraliseur est utilisée en réchauffage. Dans un séparateur situé après l'évaporateur, la vapeur est séparée de la solution de NA, laquelle est alors concentrée à environ 95% à une température de 130° C, La vapeur va au condensateur via un dévésiculateur, où elle est saturée au moyen de condensats procédé et les gouttelettes sont piégées pour être renvoyées dans le neutraliseur.

Une partie de la vapeur saturée venant du neutraliseur est utilisée au réchauffage du premier étage d'évaporation. La vapeur en excès est condensée dans un "condenseur d'excès", qui opère à une pression de 2 bars absolus. La totalité des condensats contaminés, qui contiennent de l'ammoniac libre, est collectée et alimente le désorbeur pour récupérer l'ammoniac. Ce désorbeur est opéré à une pression de 2 bars absolus

La vapeur basse pression est utilisée pour fournir la chaleur nécessaire à la désorption. Les condensats quittent la colonne comme produit de fond. L'ammoniac récupéré quitte la colonne comme produit de tête, et après condensation est pompé vers la neutraliseur comme solution à 20% d'ammoniac.

Le produit du fond de la colonne de désorption est refroidi, ainsi que les condensats du condenseur du premier étage d'évaporation à 40° C et sont alors pompés aux batteries limites.

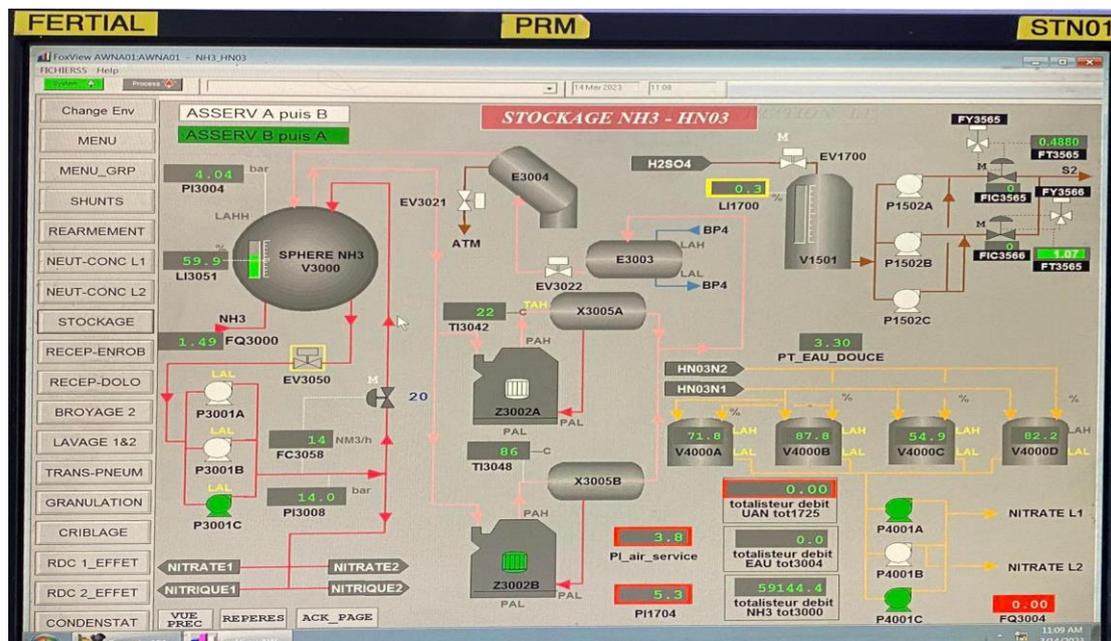


Figure III-9 : stockage de NH3 ET HNO₃

III.6.2-Neutralisation

Une solution d'acide nitrique à 57 % est neutralisée par une quantité appropriée d'ammoniac dans un neutraliseur en forme de U, La neutralisation se fait à une pression de 4 bars absolus et à une température de 180° C, Une solution de N.A, (fines récupérées et dissoutes) et une solution d'ammoniaque (récupération de la colonne de désorption) sont recyclées au neutraliseur. La neutralisation s'effectue dans un neutraliseur LR 1511, constitué par un tube en U et un séparateur.

L'acide nitrique (57% en poids) avec l'ammoniac gazeux, sont envoyés dans une solution de nitrate d'ammonium circulant dans le tube en U. La vitesse de circulation peut être contrôlée au moyen d'une vanne installée sur le tube de retour (du séparateur au tube de mélange). L'ammoniac gazeux est alimenté par un distributeur placé en bas du tube de mélange, l'acide nitrique est alimenté juste sous le tubes de mélange.

Le distributeur pour l'ammoniac gazeux fait en titane, a 385 trous d'un diamètre de 5mm sur l'anneau extérieur, et 195 trous diamètre 5mm sur l'anneau intérieur.

Le distributeur pour l'acide nitrique est un tube percé de trous d'une extrémité à l'autre (20 trous # 5mm, 16 trous # 7mm, 16 trous # 9mm, 16 trous # 7mm, 20 trous # 5mm). L'ammoniaque recyclée venant du système de récupération d'ammoniac, la solution de nitrate d'ammonium venant du bac de dissolution LV 1615, sont injectées dans le tube de retour.

La réaction de l'ammoniac et de l'acide nitrique s'effectue dans le tube de mélange, provoquant la circulation de la solution de nitrate d'ammonium. Le neutraliseur travaille à une température d'environ 180° C et une pression de 3 bars effectifs. La chaleur libérée par la réaction dans le neutraliseur est suffisante pour accroître la concentration de la solution de nitrate d'ammonium formée à environ 77%, par évaporation de l'eau.

Après la réaction, la solution atteint le sommet du tube de mélange et s'écoule dans le séparateur, où la vapeur (surchauffée) et la solution de nitrate d'ammonium sont séparées, La vapeur quitte le sommet du séparateur et va vers le dévésiculeur LV 1520: Pour saturer la vapeur et avoir la meilleure efficacité possible au dévésiculeur, du condensat pollué est envoyé dans la vapeur avant le dévésiculeur.

La température de la vapeur décroît de 180 °C à environ 143 ° C. Les gouttelettes de liquide contenues dans la vapeur sont récupérées sur le dévésiculeur de type lamellaire, et envoyées dans le tube de retour du neutraliseur. Le vapeur produite est utilisé pour chauffer l'évaporateur du 1^{er} étage, LH 1513.

Une partie de la solution de nitrate d'ammonium s'écoule du séparateur du neutraliseur, vers un bac intermédiaire LV 1512 (5 m³), l'autre partie de la solution continue à circuler dans le neutraliseur. Entre le neutraliseur et le réservoir intermédiaire, il y a une ligne d'équilibrage, la pression de service de ce réservoir est aussi de 3 bars effectifs.

Du bac intermédiaire LV 1512, la solution de nitrate d'ammonium est envoyée à l'évaporateur du premier étage LH 1513, par différence de pression. Le niveau dans le bac intermédiaire, est réglé par un régulateur de niveau LIC 1563, qui ajuste l'alimentation de l'évaporateur du premier étage. Le niveau bas sur le bac intermédiaire est signalé par une alarme.

L'alimentation en ammoniac gazeux vers le neutraliseur, est réglée par un régulateur de débit FIC 1503. Le débit d'ammoniac gazeux est le débit directeur pour le régulateur de rapport FFIC 1502, qui règle le débit principal d'acide nitrique au neutraliseur. La capacité de l'atelier peut être contrôlée au moyen de l'alimentation d'ammoniac gazeux au neutraliseur.

La quantité d'acide nitrique doit être équimolaire avec l'alimentation d'ammoniac pour avoir un PH de 4,5. Pour être sûr que la solution de nitrate d'ammonium est basique (pour éviter des décompositions), après la neutralisation, le débit d'ammoniac devra être un peu supérieur, de manière à avoir un PH compris entre 4,7 et 5,2. L'acide nitrique est envoyé au neutraliseur par deux collecteurs. Le débit du premier collecteur est ajusté par le régulateur de rapport. Le débit du second, par le régulateur de PH, AIC 1550. Le régulateur de PH règle le petit débit d'acide nitrique au neutraliseur, afin d'avoir un PH constant compris entre 4,7 et 5,2.

Le PH au neutraliseur est mesuré en continu sur une ligne de prise d'échantillon LE 1538, reliant le séparateur du neutraliseur au bac de nitrate 95 %, LV 1516. La température de la prise d'échantillon est maintenue à 80 °C par un régulateur de température TIC 1548, Le débit de prise d'échantillon est réglé par un rotamètre, et envoyé dans le bac de nitrate 95 % LV 1516.

Le régulateur de PH est prévu avec une alarme de bas PH, La température haute dans le tube de mélange du neutraliseur est signalée par une alarme. La pression d'ammoniac gazeux est signalée par une alarme. La purge du neutraliseur LR 1511 est reliée au bac intermédiaire LV 1516. Le niveau de ce réservoir est indiqué par un indicateur de niveau, pourvu d'une alarme haute et très haute, et d'une alarme basse et très basse, l'alimentation est réglée par

l'intermédiaire d'une vanne fonctionnant en tout ou rien et commandée par un régulateur de niveau.



Figure III-10: Neutraliseur

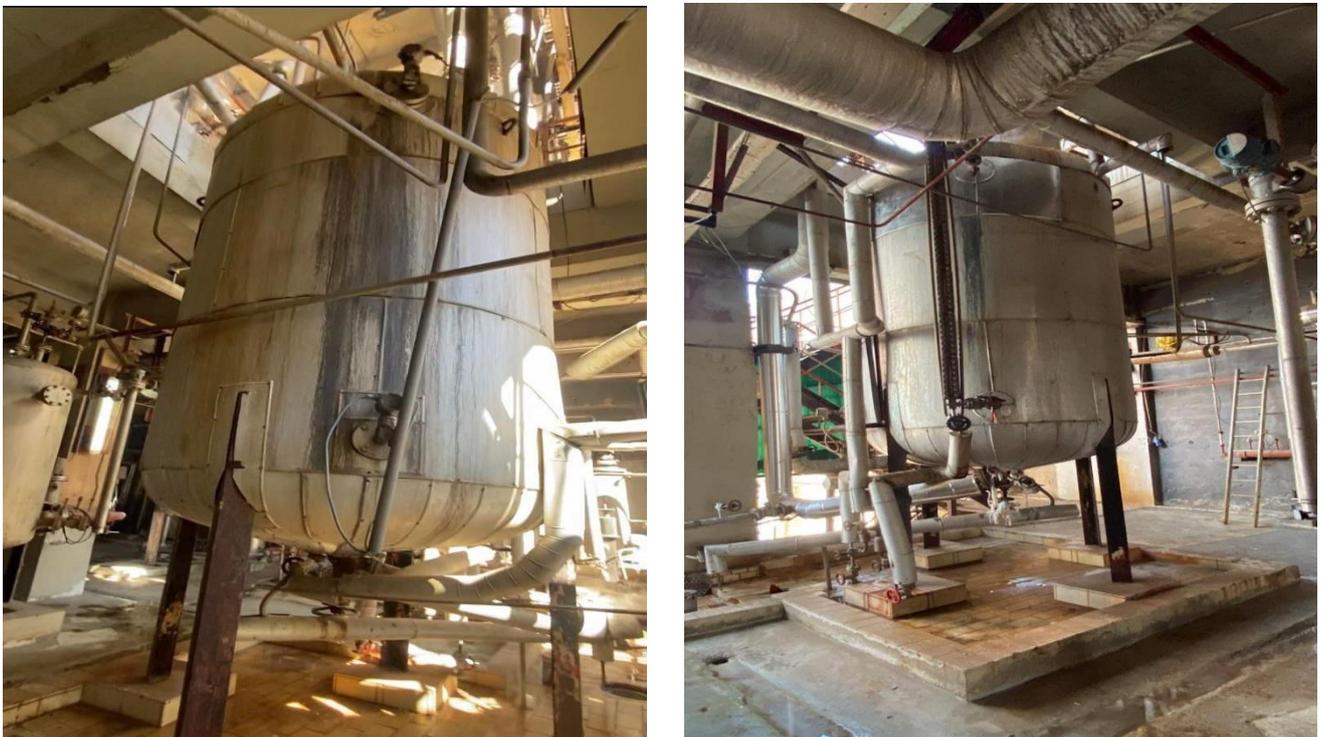


Figure III-11 : Bac intermédiaire.

Par sécurité, un système d'asservissement a été installé pour arrêter l'alimentation en ammoniac gazeux, en acide nitrique.

Ce système d'asservissement agit dans les cas suivants :

- 1) Manque d'air instrument
- 2) Arrêt d'urgence au tableau
- 3) Pression basse d'ammoniac gazeux, ($< 3,5$ bars rel.)
- 4) Haute température au neutraliseur TIH 1552.

Comme nous l'avons déjà mentionné, la vapeur produite dans le neutraliseur est utilisée pour chauffer l'évaporateur du premier étage LH 1513. La vapeur en excès est condensée dans un condenseur de vapeur LE 1521, dans ce collecteur de vapeur vers le condenseur, une vanne de contrôle de pression PCV 1524, est installée pour régler la pression dans le neutraliseur et le collecteur de vapeur, à environ 3 bars effectifs.

Dans ce système, la pression basse est signalée par deux alarmes. Si la pression est trop basse, il est possible d'alimenter en vapeur basse pression (3 bars effectifs) avant le dévésiculeur LV 1520. Normalement, cette vapeur n'est utilisée que pour le démarrage du neutraliseur, et pour le réchauffage la pression dans le condenseur de vapeur LE 1521 est maintenue à 1 bar effectif au moyen du régulateur de pression PIC 1533. Le condensat venant du condenseur de vapeur LE 1521, est envoyé à la colonne de désorption d'ammoniac LC 1522.

III.6.3-Evaporation premier étage



Figure III-12 : Échangeur 1 ère concentration





Figure III-13 : Séparateur.

La solution de nitrate d'ammonium quittant le bac intermédiaire LV 1512, est envoyée à l'évaporateur premier étage LH 1513. L'évaporateur est un échangeur de type VOP (vertical one-pass). Dans le séparateur LV1514 situé après l'évaporateur, la solution du nitrate d'ammonium est séparée en une phase vapeur et une phase liquide. La pression élevée régnant dans le bac intermédiaire, oblige la solution de nitrate d'ammonium à s'écouler de ce bac, à l'évaporateur premier étage.

Ce débit est réglé par un régulateur de niveau LIC 1521, placé sur le bac intermédiaire LV 1512. Dans l'évaporateur premier étage LH 1513, la solution est concentrée à environ 95% à 130°C et 0,3 bar absolu, au moyen de la vapeur produite au neutraliseur. La température de l'évaporateur est enregistrée. Le mélange liquide-vapeur de l'évaporateur premier étage LH 1513, est séparé en une phase gazeuse et une phase liquide, dans le séparateur premier étage LV 1514.

La phase vapeur (surchauffée) est envoyée à un dévésiculateur LV 1530. Pour saturer la vapeur et pour obtenir une meilleure efficacité de cet appareil (récupération des gouttelettes de nitrate d'ammonium), du condensat pollué est envoyé dans la vapeur, avant le dévésiculateur. Les gouttelettes contenues dans la vapeur sont collectées dans un dévésiculateur LV 1550 de type lamellaire, et envoyées dans le second compartiment du pot de garde barométrique LV 1536, au premier étage de concentration. La vapeur quittant le dévésiculateur est condensée dans le condenseur premier étage LE 1531, à l'aide d'eau de refroidissement.

Le condensat quittant le condenseur de l'évaporateur du premier étage LE 1531, s'écoule vers le premier compartiment du pot de garde barométrique LV 1536.

La pression normale de service dans la section d'évaporation premier étage est d'environ 0,3 bar absolu. Cette pression est obtenue au moyen d'un équipement de mise sous vide, qui comprend le condenseur LV 1533 et une pompe à vide LP 1532. Le régulateur de pression PIC 1561, installé sur la ligne de sortie du condenseur, agit sur une vanne réglant la quantité d'air atmosphérique admis dans le système de vide. Les gaz incondensables du condenseur sont aspirés par une pompe à vide LP 1532. La solution de nitrate d'ammonium du séparateur premier étage LV 1514, s'écoule jusqu'à un pot de garde barométrique LV 1515 pourvu d'un traçage vapeur. Le trop-plein du pot de garde barométrique est envoyé au bac de nitrate 95% (volume 15 m³) LV 1516, qui est équipé avec un serpentin de chauffage, et un agitateur LA 1518, permettant d'obtenir une distribution uniforme de la température.

Le bac de nitrate 95% est pourvu d'un indicateur de température, d'un indicateur de niveau, d'une alarme de niveau haut et bas.

Le bac de nitrate 95% est relié à:

- Trop-plein et purge du pot de garde barométrique du premier étage LV 1515.
- Au contrôleur de Ph du neutraliseur.
- Purge du collecteur reliant le bac intermédiaire LV 1512 à l'évaporateur premier étage

LE 1513,

- Le pot de garde barométrique commun, le bac de nitrate 95%,

le pot de garde du séparateur de première concentration et le bac de condensat pollué, sont reliés à un ventilateur d'assainissement LZ 1519.

Du bac de nitrate 95% LV 1516, la solution de nitrate d'ammonium est envoyée vers N.P.K par la pompe de nitrate d'ammonium 95% LP 1517. Per sécurité, un système d'asservissement a été installé pour arrêter les pompes de nitrate d'ammonium 95%.



Figure III-14 : Bac de nitrate 95%

Conclusion

À la fin de ce chapitre, on peut dire que le procédé de fabrication d'amonitrate c'est une zone large et illimitée, mais nous avons couvert tout ce qui est approprié et nous servent.

Références bibliographiques

- [2] Stamicarbon, Hollande. 1975 Manuel Opérateur, technologie de KELLOG, volume 01, 02, 03, 04, 05, édition KELLOG. France. Procédé
- [8] Stamicarbon, Hollande.(partie 1) .Manuel opérateur de l'unité de nitrate d'ammonium, procédé
- [17] Manuel opérateur de l'unité de nitrate d'ammonium, procédé Stamicarbon, Hollande.(partie)

Chapitre IV

Étude de calcul thermique de l'évaporateur

Problématique

Dans ce chapitre, nous étudierons le calcul de l'évaporateur dont le but ultime est de déterminer la surface d'échange de ces tubes et d'augmenter la concentration et le rendement en nitrate d'ammonium. Le nitrate d'ammonium obtenu est placé dans le réservoir intermédiaire Lv 1512 à une température de 180°C et une concentration de 77%. Ce n'est pas suffisant car d'autres unités d'Engrais, par exemple NPK, ont besoin de nitrate d'ammonium avec une concentration de 95% ou plus et PH4.5 -5.5. Ce vaporisateur utilise de la vapeur saturée à 180°C pour chauffer les tubes 311. Au contact de ces tubes, la vapeur se condense et transfère de la chaleur au nitrate d'ammonium à l'intérieur, formant une couche de film sur les parois.

A l'entrée des canalisations, les nitrates sont à une température égale à 145 degrés Celsius et à une concentration égale à 77%, après chauffage à la vapeur ils ressortent à 130 degrés Celsius et à une concentration égale à 95%. Ce chauffage provoque l'évaporation du quantité d'eau qui sera déterminée plus tard.

Cette eau évaporée est évacuée hors des tubes à l'aide d'air (sous vide) qui circule à contre-courant par rapport à la circulation des nitrates. Ainsi, deux phases circulent à l'intérieur des tubes (gaz-liquide). Cela a rendu l'évaporateur spécial. En revanche, il était nécessaire de prendre en compte cette caractéristique lors du calcul des coefficients de transfert de chaleur.

Le calcul consiste donc à ceci :

- Calculez d'abord la quantité de chaleur échangée entre la vapeur de chauffage et les tubes sur le côté de la chemise lors de sa condensation.
- Calculez ensuite les quantités de chaleur pour chauffer le nitrate d'ammonium et évaporer l'eau.
- Enfin on définit la surface d'échange des tubes.

VI-1 Introduction

Les procédés de l'industrie chimique nécessitent souvent que les fluides de procédé soient chauffés ou refroidis avec ou sans changement de phase au cours des différents procédés qu'ils subissent. La chaleur utilisée représente une grande dépense d'énergie qui est nécessaire pour récupérer le plus possible, par exemple, d'un liquide chaud en transférant sa chaleur à un liquide froid. Les appareils utilisés dans les fournaies et les chaudières extérieures sont appelés « échangeurs de chaleur ».

VI-2. Critères de classement des échangeurs

Il existe plusieurs critères de classement des différents types d'échangeurs. Énumérons les principaux.

a) Classement technologique

Les principaux types d'échangeurs rencontrés sont les suivants

- ▶ à tubes : monotubes, coaxiaux ou multitubulaires.
- ▶ à plaques : à surface primaire ou à surface secondaire.
- ▶ autres types: contact direct, à caloducs ou à lit fluidisé.

b) Classement suivant le mode de transfert de chaleur

Les trois modes de transfert de chaleur (conduction, convection, rayonnement) sont couplés dans la plupart des applications (chambre de combustion, récupération sur les fumées, etc.); il y a souvent un mode de transfert prédominant. Pour tout échangeur avec transfert de chaleur à travers une paroi, la conduction intervient.

c) Classification suivant le mode de circulation

L'organisation de la circulation des fluides de chaque côté de la paroi constituant la surface d'échange correspond à différents modes de base ou à des combinaisons entre ces modes: seules les solutions technologiques les plus utilisées sont présentées dans ce qui suit.

- _ Circulation à co-courant (ou à courants parallèles) et circulation à contre-courant
- _ Circulation utilisant simultanément le co-courant et le contre- courant
- _Circulation à courants croisés.

c.1. Circulation à co-courant (ou à courants parallèles) et circulation à contre-courant

Les deux fluides circulent soit dans le même sens, soit en sens contraire de chaque côté de la paroi. La réalisation technologique peut se faire soit par : i. des appareils tubulaires dits double-tube (Fig.01): constitués de 2 tubes concentriques ; un fluide s'écoule dans le tube intérieur, l'autre dans la section annulaire.

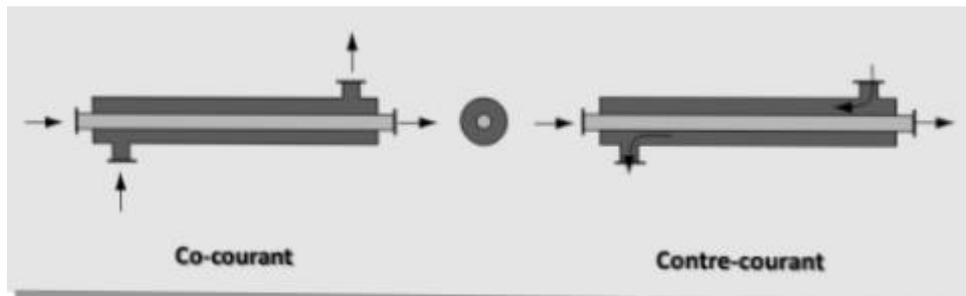


Fig.01: Echangeur Bitube

En procédant certaines réactions chimiques demandent de la chaleur d'autres en dégagent. Les échangeurs de chaleur permettent de transférer l'énergie calorifique d'un fluide à un autre.

Il existe deux grands types d'échangeurs de chaleur :

- A plaque
- Tube / Calandre

Dans ce cas nous utiliserons l'évaporateur Tub/ Calandre

a) Coté tube :

En général le fluide qui circule du côté tube correspond à :

- Fluide à haute pression
- Fluide encrassant

b) Coté calandre :

et la vapeur qui circule du côté calandre

- vapeur à basse pression

Il n'existe pas un seul modèle d'échangeur tubes calandres. En plus des dimensions et nombre de tubes, les échangeurs peuvent avoir des configurations différentes. La figure ci-dessous présente les différentes configurations possibles

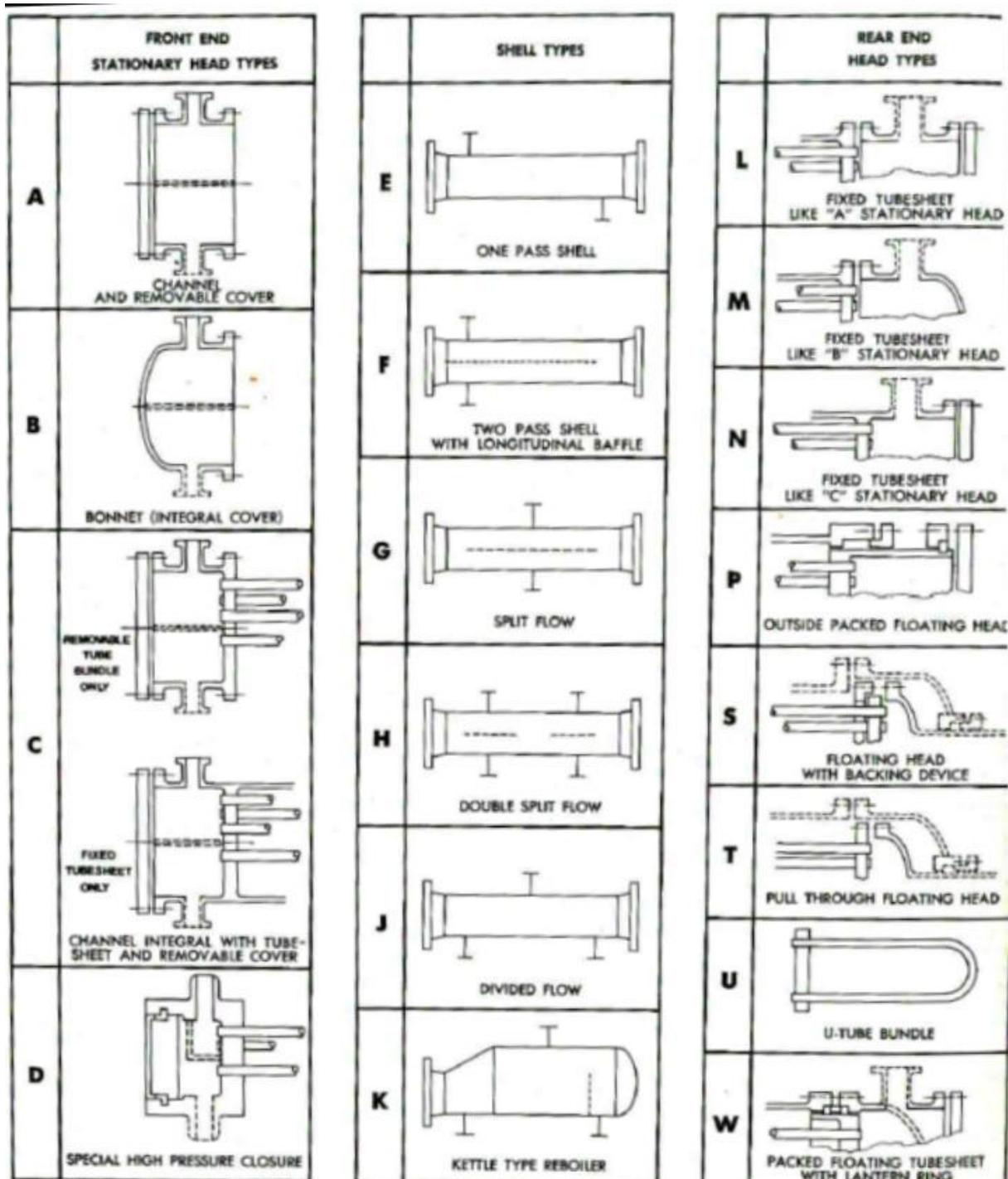


Figure 2 : Les différentes configurations d'échangeur Tube/calandre

Nous utiliserons le cas :(1 passe côté calandre, I passe côté tubes): la calandre est de type E selon la norme Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA).

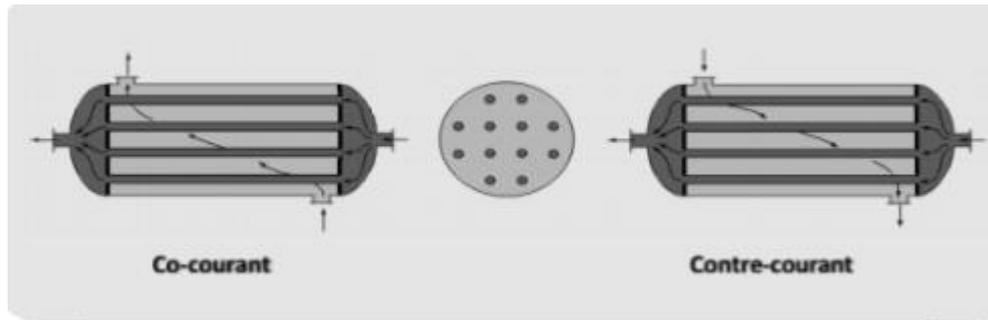


Fig.02: Echangeur à tube et calandre type 1-1

Échangeur à tubes et calandre: c'est l'échangeur actuellement le plus répandu; de ce fait, le paragraphe suivant lui est donc consacré.

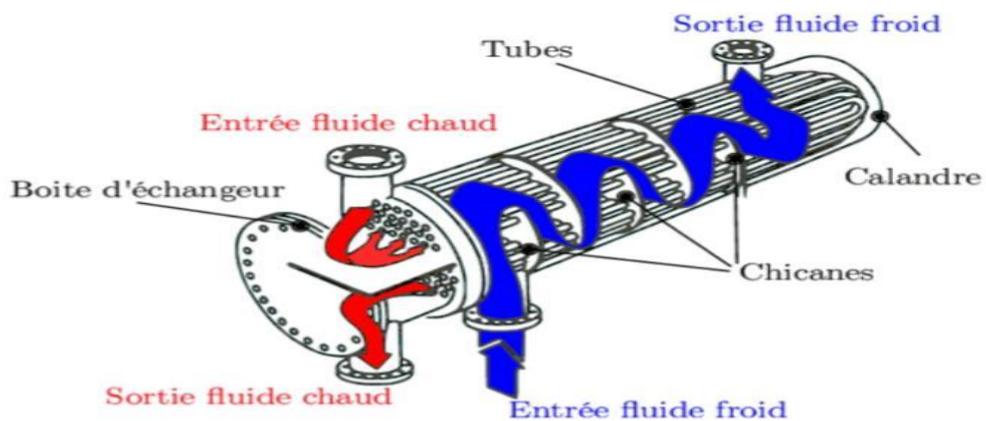


Fig.3: Echangeur à tubes et calandre

VI-3 Calcul thermique de l'évaporateur

Dans cette partie nous allons calculer les surfaces d'échanges de chaleur. Dans le but d'avoir un diamètre supérieur à le diamètre existant.

VI.3.1-Calcul des quantités de chaleur dans l'évaporateur

Nous allons calculer les quantités de chaleur dans l'évaporateur qui est déterminée d'après les formules suivantes :

A- Côté calandre

Le liquide que nous avons utilisé pour chauffer les tubes est de la vapeur saturée avec une température de 180 degrés Celsius et une pression de 3 bars.

Au contact des tubes, cette vapeur va se condenser en libérant la chaleur latente de condensation générée par la formule suivante : ^[9]

$$Q = M (H'' - H')$$

Pour calculer la quantité de chaleur transférée par la vapeur de chauffage, nous utilisons l'enthalpie de la vapeur de chauffage à $T = 180 \text{ }^\circ\text{C}$. On remarque que cette température est la même que celle produite par le réacteur

Avec

Q : La quantité de chaleur transférée par la vapeur de chauffage (Kcal/h).

M : Débit massique de la vapeur de chauffe (Kg/h).

H' : Enthalpie de la vapeur de chauffe à l'entrée à $T=180^\circ\text{C}$ (Kcal/Kg).

H'' : Enthalpie de la vapeur de chauffe à la sortie à $T=180^\circ\text{C}$ (Kcal/Kg).

Pour calculer la quantité de chaleur transférée par la vapeur de chauffage, nous utilisons l'enthalpie de la vapeur de chauffage à $T = 180 \text{ }^\circ\text{C}$. On remarque que cette température est la même que celle produite par le réacteur

Détermination des enthalpies : H' et H'' :

Selon le tableau ci-dessus pour la vapeur (vapeur de procédé) , les opérations sont effectuées à $T = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ et $P = 3,1 \text{ bar}$ pour déterminer H' et H'' ^[10]

H' à $T = 180^\circ\text{C}$ et $P = 3,1\text{bar}$:

$$\frac{P_1 - P_2}{H'_1 - H'_2} = \frac{P_1 - 3,1}{H'_1 - H'}$$

$$\Rightarrow H' = H'_1 - \left(\frac{P_1 - 3,1}{P_1 - P_2} \right) (H'_1 - H'_2)$$

Alors

$$H' = 821,4 - \left(\frac{0,3 - 3,1}{0,3 - 4} \right) (821,4 - 830,1) = 827,9837 \text{ KJ/kg}$$

$$\mathbf{H' = 198,0823 \text{ Kcal/Kg}}$$

H'' à $T = 180^\circ\text{C}$ et $P = 3,1 \text{ bar}$:

$$\frac{P_1 - P_2}{H''_1 - H''_2} = \frac{P_1 - 3,1}{H''_1 - H''}$$

$$\Rightarrow H'' = H''_1 - \left(\frac{P_1 - 3,1}{P_1 - P_2} \right) (H''_1 - H''_2)$$

$$H'' = 2781 - \left(\frac{0,3 - 3,1}{0,3 - 4} \right) (2781 - 2783,2) = 2782,51 \text{ KJ/kg}$$

$$\mathbf{H'' = 665,6735 \text{ Kcal/Kg}}$$

Alors : la quantité de chaleur transmise par la vapeur est égale à :

$$Q = 4380,30 (665,6735 - 198,0823)$$

$$\mathbf{Q = 2048049,456 \text{ Kcal/h}}$$

On peut en conclure que plus le débit massique de la vapeur de chauffage est augmenté , plus la quantité de chaleur transférée par la vapeur de chauffage est élevé

B- Coté tube

Du coté tube, le nitrate d'ammonium subit une concentration par évaporation d'une quantité d'eau que nous allons calculer en utilisant le bilan matière suivant : [11]

B-1. calcul de la quantité d'eau évaporée

$$\mathbf{w = G_e \left(1 - \frac{X_e}{X_s} \right)}$$

Avec

G_e : débit massique de la solution de nitrate d'ammonium entrante à 77% (kg/h)

W : débit massique de l'eau évaporée (kg/h).

X_e : fraction de la solution de nitrate d'ammonium à l'entrée.

X_s : fraction de la solution de nitrate d'ammonium à la sortie.

Alors

$$w = 47084,30 \left(1 - \frac{0,77}{0,955} \right) = 2284,473 \text{ Kg/h}$$

$$w = 2264,575 \text{ Kg/h}$$

B-2. Bilan thermique

La quantité de chaleur apportée par la vapeur moyenne pression sera utilisée pour chauffer le nitrate d'ammonium et évaporer l'eau contenue dans ce dernier.

Ceci se traduit par le bilan suivant :^[11]

$$Q = Q_{ch} + Q_{ev} + Q_p$$

Avec :

Q : La chaleur fournie pour l'évaporation (Kcal/h).

Q_{ch} : La chaleur de chauffage de la solution du nitrate d'ammonium entrante (Kcal/h).

Q_{ev} : La chaleur pour l'évaporation de l'eau contenue dans le nitrate d'ammonium (Kcal/h).

Q_p : La chaleur perdue dans le milieu ambiant (Kcal/h).

B-2.1. Calcul de la chaleur de chauffage

La dépense de la chaleur pour chauffer la solution du nitrate d'ammonium est donnée par la formule suivante :^[11]

$$Q_{ch} = G_e C p_e (T_{eb} - T_e)$$

Avec

$C p_e$: La capacité calorifique de la solution du nitrate d'ammonium à l'entrée (Kcal/Kg °C).

T_{eb} : La température moyenne d'ébullition de la solution du nitrate d'ammonium (°C).

T_e : température de la solution du nitrate d'ammonium à l'entrée dans l'appareil (°C).

Calcul de T_{eb}

D'après le tableau 2 (**voir annexe**) on fait une interpolation pour déterminer la température d'ébullition.

$$\frac{C_1 - C_2}{T_1 - T_2} = \frac{C_1 - 0.95}{T_1 - t_e}$$

$$\Rightarrow T_{eb} = T_1 - \frac{C_1 - 0.95}{C_1 - C_2} (T_1 - T_2)$$

$$\Rightarrow T_{eb} = 165 - \left(\frac{0,94 - 0,95}{0,94 - 0,96} \right) (165 - 182) = 173,5^\circ\text{C}$$

$$T_{eb} = 173,5^\circ\text{C}$$

Alors la température moyenne d'ébullition de la solution du nitrate d'ammonium ($^\circ\text{C}$) à 95% est **173,5 $^\circ\text{C}$**

Donc

$$Q_{ch} = 47084,3 \times 0,4268 \times (173,5 - 130) = 889689,7878 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{ch} = 874157,69694 \text{ Kcal/h}$$

Ainsi, la chaleur de chauffage de la solution de nitrate d'ammonium entrante a été estimée **874157,69694 (Kcal/h)**.

B-2.2. Calcul de la chaleur pour l'évaporation de l'eau

La consommation de la chaleur pour l'évaporation de l'eau est donnée par l'équation ^[11]

$$Q_{ev} = w(H'' - C_{p_{eau}}T_{eb})$$

Avec :

H'' : Enthalpie spécifique de la vapeur secondaire en (Kcal/Kg)

$C_{p_{eau}}$: Capacité calorifique de l'eau (j/Kg $^\circ\text{C}$).

T_{eb} : la température d'ébullition de l'eau ($^\circ\text{K}$).

➤ D'après les tables de la vapeur saturée .

À P= 1 bar et T= 100 $^\circ\text{C}$ on trouve : $H'' = 2262,30 \text{ Kj/Kg} \Rightarrow H'' = 541,22 \text{ Kcal/Kg}$.

➤ D'après les tables de la capacité calorifique de l'eau [8] :

À P= 1 bar et t= 100°C on trouve : $C_{p_{\text{eau}}} = 2,032 \text{Kj/Kg } ^\circ\text{K} \Rightarrow C_{p_{\text{eau}}} = 0,486 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{K}$.

D'où : $Q_{ev} = 2264,575[541,22 - 0,486(100 + 273)]$

$$Q_{ev} = 815115,65465 \text{ Kcal/h}$$

La chaleur d'évaporation de l'eau contenue dans le nitrate d'ammonium est de **815115,65465(Kcal/h)**.

B-2.3. Calcul de la chaleur perdue

La consommation de la chaleur pour la compensation des pertes est égale à 3-5% de la somme($Q_{ch} + Q_{ev}$) [11]

Alors :

$$Q_p = 0,04 (Q_{ch} + Q_{ev})$$

$$\Rightarrow Q_p = 0,04 (874157,69694 + 815115,65465)$$

$$Q_p = 67570,9340636 \text{ Kcal/h}$$

Alors : en remplaçant dans le bilan thermique, on trouve la quantité totale de chaleur reçue par les tubes :

$$Q_t = (Q_{ch} + Q_{ev} + Q_p)$$

$$Q_t = 874157,69694 + 815115,65465 + 67570,9340636$$

D'où :

$$Q_t = 1756844,2856536 \text{ Kcal/h}$$

VI.3.2-Calcul du coefficient global de transfert de chaleur

Le transfert de chaleur par convection dans un évaporateur est donné par l'équation : ^[12]

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Où :

U : coefficient global de transfert de chaleur par convection (Kcal/h.m².°C).

A : surface d'échange (m²).

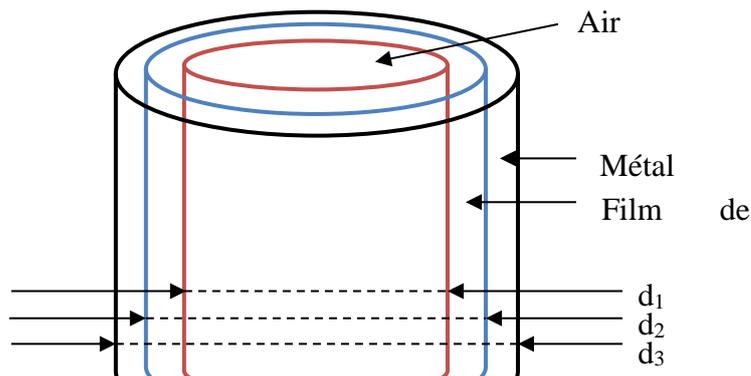
ΔT : différence de température entre la vapeur chauffante et le nitrate d'ammonium.

Le nitrate d'ammonium passe dans les tubes à contre-courant avec l'air (sous vide), alors que la vapeur chauffante passe dans la calandre.

Alors :

la détermination du coefficient global de transfert de chaleur « **U** » ce fait selon la formule suivante : ^[13]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\pi d_3 L h_{cond}} + \frac{\ln \frac{d_3}{d_2}}{2\pi L \lambda} + \frac{1}{\pi d_2 L h_{tp}}}$$



Avec :

H_{cond} : coefficient de transfert de chaleur par convection à l'extérieur des tubes de la vapeur en cours de condensation sur la paroi (Kcal /h m² °C).

λ : conductivité thermique du métal de la paroi en (Kcal/h m °c).

h_{tp} : coefficient de transfert de chaleur par convection à l'intérieur des tubes pour les deux phases (nitrate-sous vide) en (Kcal/h m² °C).

L : la longueur des tubes en (m).

d_2 : diamètre intérieur du tube en (m).

d_3 : diamètre extérieur du tube en (m).

a) Calcul de h_{cond}

La vapeur à l'extérieur des tubes se condense à température constante, pour cela le coefficient h_{cond} est donné par la formule suivante [14] :

$$\frac{h_{cond}}{\lambda_l} \left[\frac{\mu_l^2}{\rho_l(\rho_l - \rho_v)g} \right]^{1/3} = f(Re)$$

Avec :

λ_l : Conductivité thermique du liquide en (Kcal/h m °C).

μ_l : Viscosité du liquide en (Kg/m h)

ρ_l : La masse volumique du liquide en (Kg/m³).

ρ_v : La masse volumique de la vapeur en (Kg/m³).

g : L'accélération en (m/h²).

Avant de calculer h_{cond} on doit tout d'abord déterminer le régime de transfert de chaleur dans la calandre, pour appliquer par la suite l'équation correspondant au régime trouvé.

Pour cela, calculons le nombre de Reynolds [14] :

$$Re = \frac{4 \Gamma}{\mu_l}$$

Où :

Γ : Débit massique linéique de condensat en (Kg/m h).

μ_l : La viscosité du liquide en (Kg/m h).

Avec :

$$\Gamma = \frac{M}{n_t \pi D}$$

Où : M : le débit massique de la vapeur de chauffe en (Kg/h).

n_t : nombre des tubes (350 tubes).

D : diamètre extérieur du tube en (m).

Alors :

$$\Gamma = \frac{4380,30}{350,3,14,0,061} \Rightarrow \Gamma = 75,14358 \text{ Kg/m h}$$

D'où :

$$Re = \frac{4,75,14358}{0,13380 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} \Rightarrow Re = 624,0124$$

On est donc en régime laminaire, nous appliquerons donc l'équation qui est valable pour : $30 < Re < 1600$: [14]

$$\frac{h_{cond}}{\lambda_l} \left[\frac{\mu_l^2}{\rho_l(\rho_l - \rho_v)g} \right]^{\frac{1}{3}} = \frac{Re}{1,02 Re^{1,22} - 5,2}$$

A.N:

$$= \frac{624,0124}{1,02 (624,0124)^{1,22} - 5,2} = 0,23840$$

Alors :

$$h_{cond} = 0,23840 \cdot \lambda_l \cdot \left[\frac{\mu_l^2}{\rho_l(\rho_l - \rho_v)g} \right]^{-1/3}$$

$$\Rightarrow h_{cond} = 0,23840 \cdot 0,55838 \cdot \left[\frac{(0,13380 \cdot 10^{-3} \cdot 3600)^2}{834,76 \cdot (834,76 - 6,2194) \cdot 9,81 \cdot 3600} \right]^{-1/3}$$

$$h_{cond} = 628,5589 \text{ Kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

b) Calcul de h_{tp}

À l'intérieur des tubes, il existe un mélange air-nitrate (système bi-phasique). Pour cela il faut déterminer un coefficient de transfert de chaleur h_{tp} .

Tout d'abord on va calculer le coefficient de transfert de chaleur du film de nitrate h_l qui est donné par la formule ci-dessous [15] :

$$h_l = 0,023 \left[\frac{K}{d_t} \right] \left[\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot d_t \cdot \mu_l} \right]^{0,8} \left[\frac{C_p \cdot \mu_l}{K} \right]^{0,4}$$

Avec :

K : la conductivité thermique du nitrate d'ammonium en (Kcal/hm. C).

d_t : diamètre interne du tube en (m).

W : débit massique moyen du nitrate d'ammonium en (Kg/h). Nous en tenons compte 46364Kg/h

μ_l : viscosité du nitrate d'ammonium en (kg/mh) .

C_p : Capacité calorifique du nitrate d'ammonium en (kcal/kg °K).

Alors :

$$h_l = 0,023 \left[\frac{0,323160}{0,06} \right] \left[\frac{4 \cdot 46364}{\pi(0,06)(2,57 \cdot 10^{-3} \cdot 3600)} \right]^{0,8} \left[\frac{0,4153 \cdot 2,57 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{0,323160} \right]^{0,4}$$

$$h_l = 4810,759 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}$$

Maintenant on calcul le nombre de LOCKAERT-MARTINELLI « X_{TT} » qui caractérise les mélanges bi-phasiques [15] :

$$\frac{1}{X_{tt}} = \left[\frac{y}{1-y} \right]^{0,9} \left[\frac{\rho_l}{\rho_v} \right]^{0,5} \left[\frac{\mu_v}{\mu_l} \right]^{0,1}$$

Avec :

y : fraction massique de la vapeur.

ρ_l: La masse volumique du nitrate en (Kg/m³).

ρ_v: La masse volumique de la vapeur en (Kg/m³).

μ_v: La viscosité de la vapeur en (Kg/m h).

Débit massique de l'air(vide)

Où :

$$y = \frac{\text{débit massique de l'eau évaporée}}{\text{débit massique de l'eau évaporée} + \text{débit massique de l'air(vide)}}$$

$$\Rightarrow y = \frac{2264,575}{2264,575 + 6370}$$

$$\Rightarrow y = 0,2622$$

$$\Rightarrow \frac{1}{X_{tt}} = \left[\frac{0,2622}{1 - 0,2622} \right]^{0,9} \left[\frac{1418,40}{0,62194} \right]^{0,5} \left[\frac{0,0224767}{2,57} \right]^{0,1}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{X_{tt}} = 11,217$$

En remplaçant cette dernière valeur dans la formule de h_{tp} ;

Alors : h_{tp} est donné par la formule ci-dessous :

$$\frac{h_{tp}}{h_l} = 3,5 \left[\frac{1}{X_{tt}} \right]^{0,5} \quad 0,25 < \frac{1}{X_{tt}} < 70$$

$$\Rightarrow h_{tp} = h_l \cdot 3,5 \cdot \left[\frac{1}{X_{tt}} \right]^{0,5}$$

$$\Rightarrow h_{tp} = 4810,759 \cdot 3,5 \cdot (11,217)^{0,5} \quad \text{On trouve :}$$

$$\boxed{h_{tp} = 55887,092 \text{ Kcal/h m}^2\text{°C}}$$

a) Détermination de la conductivité thermique du métal

Le métal des tubes est de type AISI-304L (20% Cr, 10% Ni). Donc d'après les tables de la conductivité thermique des métaux [16], on trouve :

$$\lambda_{\text{métal}} = 15 \text{ W/m °K} \Rightarrow \lambda_{\text{métal}} = 12,918 \text{ Kcal/h m °K}$$

Maintenant on peut calculer le coefficient global de transfert de chaleur :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{3,14 \cdot 0,06 \cdot 6,5 \cdot 628,5589} + \frac{\ln \frac{0,06}{0,05}}{2 \cdot 3,14 \cdot 6,5 \cdot 12,918} + \frac{1}{3,14 \cdot 0,05 \cdot 6,5 \cdot 50887,092}}$$

$$\boxed{U = 566,202 \text{ Kcal/h m}^2\text{°C}}$$

En comparant cette valeur finalement obtenue avec la valeur du coefficient de transfert thermique donnée dans la note technique de l'évaporateur, qui représente 500Kcal/hm²°C, on constate que l'écart entre eux est significatif.

VI.3.3-Calcul de la surface d'échange ^[17]

Le calcul de la surface d'échange se fait par la formule suivante :

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T}$$

$$\Rightarrow A = \frac{2048049,45654}{510,202 \cdot (145 - 130)}$$

$$A_{calculée} = 319,6786 \text{ m}^2$$

VI.3.4-Calcul de la surface d'échange l'ancienne

Le nombre de tubes est de 311 et le diamètre extérieur est de 56 mm . Ainsi l'ancienne surface d'échange :^[17]

$$A_{ancienne} = \pi d_3 l \cdot n_t$$

$$\Rightarrow A_{ancienne} = 3,14 \times 0,05 \times 6,5 \times 311$$

$$A_{ancienne} = 250,30 \text{ m}^2$$

Cette surface calculée d'échangeur est supérieure à la surface ancienne.

Donc plus la surface d'échange est élevée, plus le rendement est élevé.

Conclusion

Nous constatons qu'avec le procédé actuel et dans ce chapitre de calcul, que les tubes dans l'évaporateur sont la principale cause d'obstruction de la montée en concentration et de son contrôle.

Il faut alors remplacer l'évaporateur par un évaporateur de qualités supérieures. Dont le diamètre à égale 61mm et de 350 tubes, la surface et l'épaisseur d'échange sont plus qualifiées.

Références bibliographiques

- [9] PIERRE WUITHIER : « Raffinage et génie chimique » tome II, deuxième édition.
- [10] ESBER L. SHAHEEN: « Basic Practice of Chemical Engineering ».
- [11] JACQUES PADET : « échangeurs thermiques » méthodes globales de calcul avec 11 problèmes résolus, Masson, Paris 1994.
- [12] BENE LELEU : Technique de l'ingénieur J2 « opérations unitaires, Évaporation » p J2320.
- [13] FERNANDO CALSO FERNANDEZ : Manuel opératoire de procédé de fabrication du nitrate d'ammonium calcique.
- [14] RENE LELEU : Technique de l'ingénieur J1 « transfert de chaleur » p J1080.
- [15] J. M. COULSON, J. F. RICHARDSON: « Chemical engineering » volume 2, 4ème édition.
- [16] Conductivité thermique des métaux. Disponible sur le site internet : <http://www.cimap.fr/caracter.pdf>
- [17] Manuel opératoire de l'unité de nitrate d'ammonium, procédé Stamicarbon, Hollande.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail consiste à étudier un problème industriel dans l'unité de fabrication de nitrate d'ammonium, il s'agit de la diminution de la concentration de nitrate d'ammonium et par conséquent la diminution du rendement. Nous avons soupçonné que la cause principale de ce dysfonctionnement dans l'amonitrate est l'évaporateur (LV) 1513). Par conséquent, nous avons proposé un nouvel évaporateur avec les réglages précédents, sauf (le diamètre de l'évaporateur est d'environ 60 mm et le nombre de tubes n'est pas inférieur à 350 tubes).

L'étude de calcul thermique de l'évaporateur proposé a donné les constatations suivantes :

-La valeur numérique du coefficient de transfert de chaleur côté calandre est très faible par rapport au coefficient de transfert de chaleur côté tube, c'est-à-dire ($h_{\text{cond}} = 628,558$ vs. $h_{\text{tp}} = 55887,092$ Kcal/h $\text{m}^2\text{°C}$).

-Le calcul de la nouvelle surface d'échange ($319,6786$ m^2) est supérieure à la surface ancienne ($250,30$ m^2). Ceci peut s'expliquer par le phénomène du système turbulent présent à l'intérieur des tubes, alors qu'à l'extérieur il y a un autre phénomène qui est l'écoulement le long de la paroi verticale, et la couche de condensation s'épaissit, et cela conduit à une détérioration du coefficient h.

Ces résultats nous permettent d'appuyer notre étude qui est de remplacer l'évaporateur actuel de l'unité de nitrate d'ammonium par un nouvel évaporateur, car il n'est plus qualifié pour les travaux. D'où, sa restauration par un autre plus qualifié comme nous l'avons proposé pour obtenir une grande surface d'échange et donc une plus grande efficacité, car il y a un effet direct relation entre eux. Donc plus la surface d'échange est grande, plus le rendement est élevé et plus la valeur de la concentration est élevée.

Pour renforcer cette étude, nous suggérons les propositions suivantes :

- L'unité d'ammoniac et l'unité d'acide nitrique doivent fonctionner avec des nitrates, car il est facile d'obtenir des nitrates à des concentrations élevées en raison de la chaleur générée par ces unités.
- Nous suggérons également qu'ils considèrent les valeurs appropriées de débit massique et de volume pour aider à atteindre le résultat souhaité.
- Par ailleurs, l'utilisation de NA se fait principalement dans la fabrication d'engrais chimiques en agriculture conventionnelle, NP, NK ou NPK.
- Réduire la teneur en humidité des grains conduisant à un processus de concentration plus efficace. Il ne doit être acquis que si ces conditions sont remplies.

Tableau 1 : Caractéristiques du nitrate d'ammonium

Formule	NH₄NO₃
Aspect	Granulés blanc
Teneur en azote	35% dont 17,5% à partir d'HNO ₃ et 17,5% à partir d'NH ₃
Teneur en oxygène	60%
Teneur en hydrogène	5%
Masse moléculaire	80,044g/mole
Masse volumique	1,725g/cm ³ à 20°C
Viscosité	3,22cp à 162°C 2,574cp à 185°C
Point d'ébullition	230°C
Point de fusion	169,6°C
Chaleur spécifique	0,481cal/g°C « 180-260°C »
Chaleur de fusion	1,53Kcal/mole
Chaleur de vaporisation	39,1Kcal/mole « 190-260°C »
Chaleur de formation (ΔH°)	-87,4Kcal/mole « 25°C et 1atm »
Enthalpie libre (ΔG°)	-43,82Kcal/mole « 25°C »
Entropie (S°)	36,1cal/mole « 25°C »
Conductibilité thermique	0,205Kcal/h°C « 0-100 »

Tableau 02 : Variation de la température d'ébullition en fonction de la concentration de NH_4NO_3

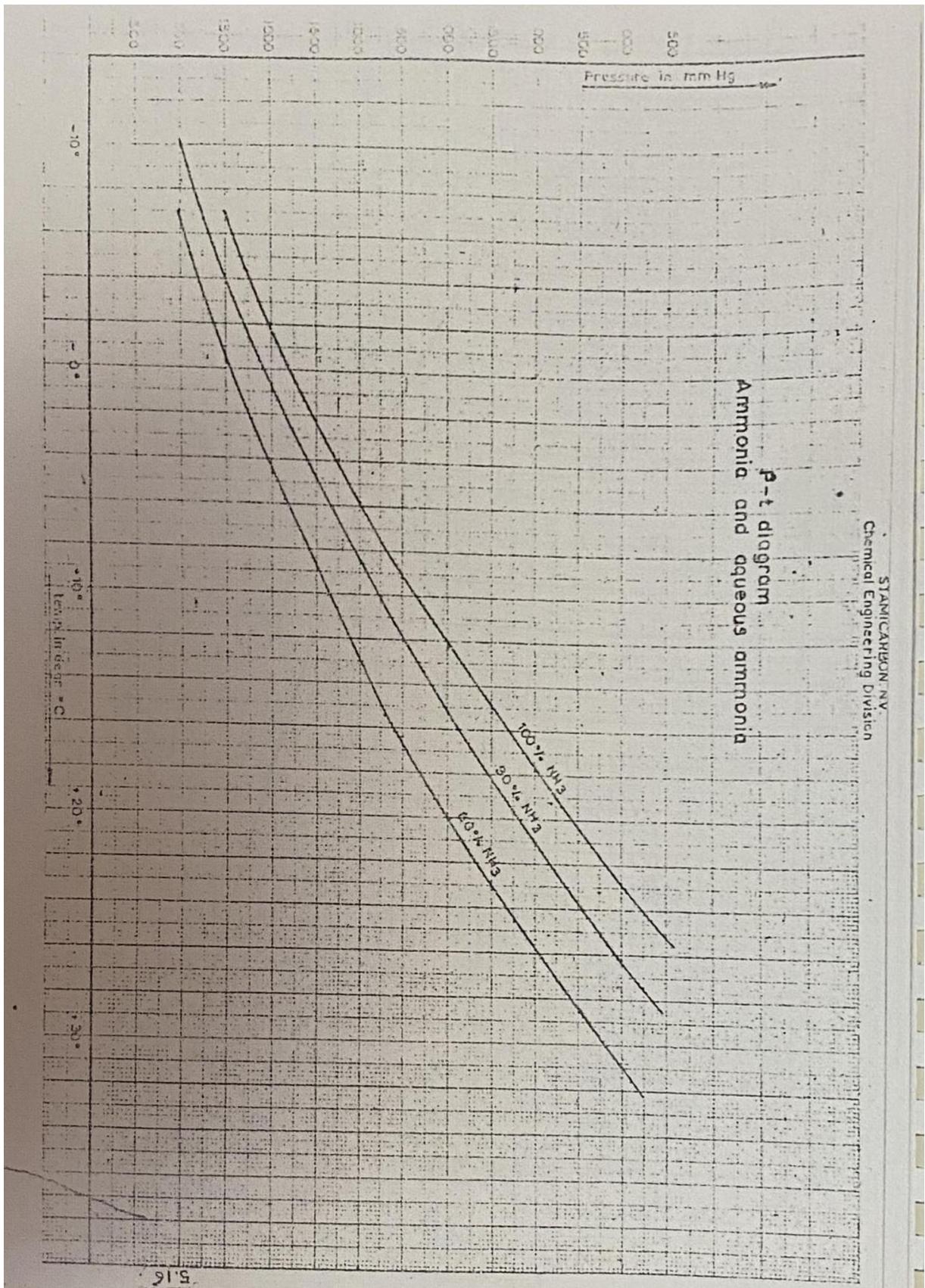
POINT D'EBULLITION (°C)	CONCENTRATION DE NH_4NO_3 (%)
136,0	85
147,0	90
154,0	92
165,0	94
182,0	96
203,0	98

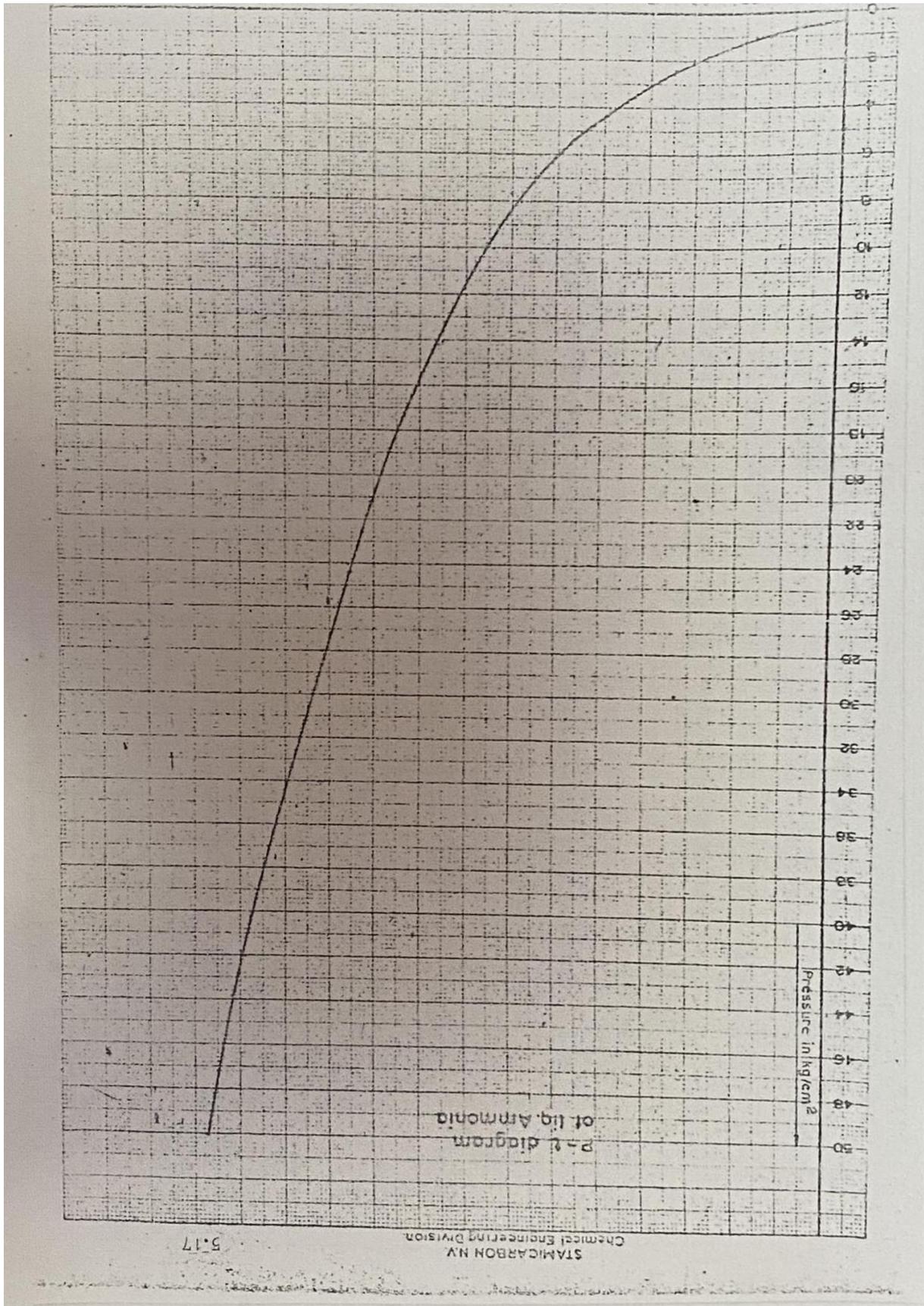
Tableau 03 : les donnés de nitrates d'ammonium

La viscosité de la vapeur en (Kg/m h) $U_v = 0,0224767 \text{ Kg/m h}$

Calcul Thermique De L'évaporateur

	Coté calandre		coté tube		unité
	entrée	sortie	entrée	Sortie	
Fluide	Vapeur de procédé		Solution du nitrate/air		
Quantité total du liquide		4830,30	47084,30	44816,30	Kg/h
Gaz/vapeur	4380,30		6096,3	8364,30	Kg/h
Température	180	180	145	130	°C
Pression	3		ATM	ATM	Bar a
Caractéristique du liquide					
Densité		834,76	1401,38	1418,40	Kg/m ³
Viscosité		0,1338	2,66	2,26	Cp
Chaleur spécifique		1,1241	0,4268	0,3963	Kcal/Kg°C
Conductivité thermique		0,5583	0,3231	0,2923	Kcal/hm°C
Caractéristique vapeur/gaz					
Densité	6,2194		0,73798	0,6403	Kg/m ³
Viscosité	0,01425		0,02433	0,0200	Cp
Chaleur spécifique	0,0286		0,20166	0,20488	Kcal/Kg° C
Conductivité thermique	0,0314		0,030167	0,0291	Kcal/hm°C
Caractéristique des tubes					
Type du métal	AISI-304L		AISI-304L		
Nombre des tubes			311		
Diamètre extérieur			61		mm
Épaisseur			6		mm
Longueur			6,5		m
Pas (60°)			66		mm
Calandre					
Diamètre intérieur	1370			mm	





Bilans de matières sur le nitrate d'ammonium

krebs		CLIENT: SONATRACH		ATELIER									
6143 P		NITRIQUE, NITRATE . ANNABA		L1 - L2									
17 - TEL 229.02.18		REFERENCE: 719											
BILAN MATIERE						NH ₄ NO ₃ 1000 T/J *							
FLUX N.	PRODUIT VEHICULE						DEBIT		DENSIT	TEMP	PRESS	VISCOS	REV
	HNO ₃	H ₂ SO ₄	NH ₃	H ₂ O	NH ₄ NO ₃	NH ₄ SO ₄	T/h	m ³ /h	L liquide G gaz S solide	°C	ATA	CSI	
101			4334	22			4,356 X	7,1	L 607	9	9	0,1	
102			198	22			0,220	0,1	L 740	17	7	0,1	
103			414	46			0,460	114	G 4,0	30	7		
104			4550	46			4,596	960	G 4,8	30	7		
105	16524			12466			28,990	22,0	L 1320	45		1,2	
106	16524	218		12482			29,224	22,1	L 1320	46		1,2	
107			82	328			0,410	0,45	L 900	65			
108				6698	22114	309	^{76%} 23,121	22,7	L 1280	180	4	3	
109			90	7555	25		7,670	3383	G 1,95	180	4		
110				273			0,273	0,28	L 992	40			
111		218		16			0,234	0,13	L 1810	40			
112			43	3744	2		3,789	1784	G 2,12	143	4		

* LES FLUX N° 101 A 301 INCLUS ET 409 SONT CALCULES SUR LA BASE D'UNE UNITE DE 500 T/J

PLANS A CONSULTER: 719.P.1501.Z - 719.P.1502.Z - 719.P.1503.Z

Rev					
Date	V 94	28.08.74	10.9.76	JS	

719 P 1500 A

<h1 style="margin: 0;">krebs</h1> <p style="font-size: small; margin: 0;">61 400 P. TEL. 01 47 15 PARIS 17 - TEL 229.02.18</p>	CLIENT: SONATRACH NITRIQUE, NITRATE, ANNABA	ATELIER L1 - L2
	REFERENCE: 719	

BILAN MATIERE

FLUX N.	PRODUIT VEHICULE							DEBIT		DENSIT	TEMP	PRESS	VISCO	
	HNO ₃	H ₂ SO ₄	NH ₃	H ₂ O	NH ₄ NO ₃	NH ₄ NO ₂	COOLING WATER	T/h	m ³ /h	L Irquide G gaz S solide	°C	ATA	cSt	
										kg/m ³				
125			4	7749	4			7,757	7,8	L 992	40			
126				801				0,801	0,8	L 992	40			
127			4	6303	3			6,310	6,4	L 992	40			
128			4	6938	2			6,944	7,0	L 992	40			
129														
130														
131														
132														
133														
134				245				0,245	0,2	L 992	40			
33	VOIR BILAN NITRIQUE N° 719 - P. 1000.A													
136				20	20			0,040	0,0335	L 1192	143	4		
137				610				0,610	0,61					

719	P	1500	A		