

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES
DEPARTEMENT DU GENIE ELECTROMECHANIQUE



Gm. 0233

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

TITRE :

**Bilan Energétique des Industries Chimiques du
Senegal, Exploitations Chimiques
Etude Critique et Recommandations**

Auteur : Serigne Massamba TOURE

Directeur : Paul DEMBA

Codirecteur : Banda NDOYE

Directeur externe : Momath BA

Juillet 1999

REMERCIEMENTS

J'adresse mes sincères remerciements à l'endroit de toutes les personnes qui m'ont aidé à la réalisation de ce Projet de Fin d'études.

J'exprime toute ma reconnaissance particulièrement à :

- Messieurs Paul DEMBA, et Banda NDOYE, professeurs à l'Ecole Polytechnique de Thiès, pour leurs encadrements scientifique et technique, leurs disponibilités et leurs conseils ;
- M. Momath BA, chef du département Production des ICS pour tous les moyens humains, matériels qu'il a déployé pour la réussite de ce projet sans compter l'apport scientifique et technique dont il m'a gratifié. Et à travers lui, le personnel du Département Production est remercié.
- Dr Jean Pierre MENDY, ingénieur-process lot 1, pour son suivi technique en plus de la disponibilité qu'il a manifesté durant toute notre collaboration.

Tous les professeurs qui ont participé à ma formation.

SOMMAIRE

Le présent projet de fin d'études traite du sujet « bilan énergétique des Industries Chimiques du Sénégal, Exploitations Chimiques, Etudes Critiques et Recommandations ».

Il s'agit dans une première étape de faire une évaluation des besoins en énergie électrique et thermique de la Chimie.

La deuxième étape consiste à évaluer les capacités de production de vapeur haute pression et les capacités maximales de condensation au niveau de la Chimie.

Par l'intégration de toutes ces données, nous déterminons, à la troisième étape, les possibilités de production d'énergie électrique de la Chimie pour une éventuelle alimentation de la Mine.

Cette étude se termine par une évaluation économique ponctuée de recommandations pour une bonne gestion de l'énergie.

TABLE DES MATIERES

TITRE.....	PAGES
REMERCIEMENTS.....	I
SOMMAIRE	II
TABLE DES MATIERES.....	III
LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX.....	VI
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1: PRÉSENTATION DE LA CHIMIE.....	3
1.1 Production d'acide sulfurique.....	3
1.2 Production de la vapeur	5
1.3 Utilisation de la vapeur.....	5
CHAPITRE 2. EVALUATION DES BESOINS EN ÉNERGIE DE LA CHIMIE	9
2.1 Besoins en énergie électrique.....	9
2.2 Besoins en vapeur haute pression.....	14
2.2.1 Le turboalternateur principal (TAP).....	14
2.2.2 Le Turboalternateur secondaire (TAS).....	16
2.2.3 La Turbosoufflante (TS).....	17
2.2.4 La zone soufre.....	21
2.2.5 Les éjecteurs.....	22
2.2.6 Autres.....	23
2.3 Besoins en vapeur basse pression.....	25
2.3.1 Attaque filtration AP30%	25

2.3.2 L'unité de concentration	26
--------------------------------------	----

CHAPITRE 3: EVALUATION DES CAPACITÉS DE PRODUCTION DE VAPEUR

PAR LA CHIMIE.....27

3.1 Vapeur fatale	27
3.2 Vapeur par les chaudières auxiliaires	30
3.3 Vapeur totale	32

CHAPITRE 4 : EVALUATION DES CAPACITÉS DE CONDENSATION.....34

4.1 Le Condenseur Principal.....	34
4.2 Les aérocondenseurs.....	36
4.3 La capacité de condensation totale.....	36

CHAPITRE 5. EVALUATION DES CAPACITÉS DE PRODUCTION

EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE37

5.1 V1501 et V1551 disponibles.....	41
5.1.1 Usine au nominal.....	41
5.1.2 Le 30% en lavage.....	41
5.1.3 Une CP en lavage.....	42
5.1.4 Le 30% et une CP en lavage.....	42
5.1.5 Une CP à l'arrêt total.....	42
5.1.6 Deux CP en lavage.....	42
5.1.7 Une CP en lavage et une CP en arrêt.....	43
5.1.8 Arrêt sulfurique.....	43
5.1.9 TAP non disponible.....	43
5.1.10 TAS non disponible.....	44

5.2 V1501 ou V1551 non disponible.....	45
5.2.1 Usine au nominal.....	45
5.2.2 Le 30% en lavage.....	46
5.2.3 Une CP en lavage.....	47
5.2.4 Le 30% et une CP en lavage.....	47
5.2.3 Une CP à l'arrêt total.....	48
5.2.6 Deux CP en lavage.....	48
5.2.7 Une CP en lavage et une CP en arrêt.....	49
5.3 V1501 et V1551 non disponibles.....	49
5.3.1 Usine au nominal.....	50
5.3.2 Le 30% en lavage.....	50
5.3.3 Une CP en lavage.....	51
5.3.4 Une CP et le 30% en lavage.....	52
5.3.5 Une CP à l'arrêt total.....	52
5.3.6 Deux CP en lavage.....	53
5.3.7 Une CP en lavage et une CP à l'arrêt.....	54
CHAPITRE 6 : ETUDE ECONOMIQUE.....	54
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	61

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

FIGURES

Figure 1.1 : Réseau vapeur et énergie.....	8
Figure 2.1 : Circuit air de la turbosoufflante.....	18
Figure 5.1 : algorithme de détermination du soutirage.....	40

TABLEAUX

Tableau 2.1 Consommations électriques de la Chimie suivant les cas de marche.....	13
Tableau 2.2 : Besoins en vapeur du TAP selon les cas de marche.....	16
Tableau 2.3 : Besoins en vapeur du TAS.....	17
Tableau 2.4 : Débit vapeur turbosoufflante Sans Booster en fonction de la production d'H ₂ SO ₄	20
Tableau 2.5 : Débit vapeur turbosoufflante avec Booster en fonction de la production d'H ₂ SO ₄	21
Tableau 2.6 : Besoins en vapeur de la zone soufre.....	22
Tableau 2.7: Besoins en vapeur BP de l'AP30%.....	26
Tableau 3.1 : Valeurs mensuelles du coefficient de α pour l'année 1998.....	30
Tableau 3.2 : Capacité de production totale de vapeur HP par la Chimie.....	32
Tableau 4.1 : Capacité de condensation totale.....	36
Tableau 5.1 : V1501 ou V1551 non disponible, usine au nominal : capacité électrique de la Chimie.....	46
Tableau 5.2 : V1501 ou V1551 non disponible, le 30% en lavage : capacité électrique de la Chimie.....	46
Tableau 5.3 : V1501 ou V1551 non disponible, le 30% en lavage : capacité électrique de la Chimie.....	47

Tableau 5.4 : V1501 ou V1551 non disponible une CP et le 30% en lavage : capacité électrique de la Chimie.....	48
Tableau 5.5 : V1501 ou V1551 non disponible, une CP à l'arrêt total : capacité électrique de la Chimie.....	48
Tableau 5.6 : V1501 ou V1551 non disponible, deux CP en lavage : capacité électrique de la Chimie.....	49
Tableau 5.7 : V1501 ou V1551 non disponible, une CP en lavage et une CP en arrêt : capacité électrique de la Chimie.....	49
Tableau 5.8: V1501 et V1551 non disponibles, usine au nominal : capacité électrique de la Chimie.....	50
Tableau 5.9 : V1501 et V1551 non disponibles, le 30% en lavage: capacité électrique de la Chimie.....	51
Tableau 5.10 : V1501 et V1551 non disponibles, une CP en lavage : capacité électrique de la Chimie.....	52
Tableau 5.11 : V1501 et V1551 non disponibles, une CP et le 30% en lavage : capacité électrique de la Chimie.....	52
Tableau 5.12 : V1501 et V1551 non disponibles, une CP à l'arrêt total : capacité électrique de la Chimie.....	53
Tableau 5.13 : V1501 et V1551 non disponibles, deux CP en lavage : capacité électrique de la Chimie.....	53
Tableau 5.14 : V1501 et V1551 non disponibles, une CP en lavage et une CP à l'arrêt : capacité électrique de la Chimie.....	54
Tableau 6.1 : Production de vapeur des chaudières auxiliaires.....	56
Tableau 6.2 : Programme de consommation mensuel de fuel : juillet 99.....	57

INTRODUCTION

Les Industries Chimiques du Sénégal ont investi dans un projet nommé "PROJET ENERGIE" pour alimenter la Mine en électricité.

La Chimie est autosuffisante en énergie grâce à la transformation de la vapeur fatale essentiellement produite à partir de deux chaudières de récupération attelées aux deux fours à soufre nécessaire pour la production d'acide sulfurique. La Chimie possède en plus une chaudière auxiliaire à fuel pour les redémarrages ou appoints éventuels. Elle dispose de deux turbines (13Mw + 9Mw) et n'a besoin que de 12Mw pour fonctionner.

La Mine consomme l'énergie Senelec (15Mw) mais dispose présentement d'une centrale diesel de 6Mw.

Après la fusion les ICS ont donc intérêt à alimenter la Mine par la Chimie.

Cependant, ce projet coïncide avec une période d'expansion au niveau des installations de la Chimie. On désire augmenter la production d'acide sulfurique de 2600t/j à 3000t/j et exploiter une troisième ligne de concentration au phosphorique. Ainsi toutes ces évolutions font revoir à la hausse les besoins en énergie électrique et thermique de la Chimie, d'où la nécessité de refaire le bilan énergétique global de l'usine en prenant en compte les nouveaux consommateurs et producteurs (une troisième ligne de concentration et une deuxième chaudière auxiliaire neuve).

Pour ce faire, on se propose de partir de la production de vapeur des chaudières, de faire le bilan des turbines et de reconstituer le dispatching énergétique réel en suivant les étapes ci-après :

- Calculs théoriques initiaux, mesures réelles relevées,
- Capacités réelles des équipements,
- Consommations effectives et/ou besoins des différents ateliers.

Tout ceci selon les différents cas de figure de marche au niveau de la Chimie (gestion des arrêts d'unités, configuration optimale du dispatching).

A terme, l'étude doit permettre de formuler des recommandations pour une gestion optimale et économique de l'énergie.

Chapitre 1: Présentation de la Chimie

La Chimie est composée d'une unité de production d'acide sulfurique, d'une unité de fabrication d'acide phosphorique et des utilités pour la production d'énergie.

L'atelier de production d'acide sulfurique assure la demande en acide nécessaire pour produire de l'acide phosphorique. Son importance réside dans le fait qu'il génère en même temps une grande quantité de chaleur. La récupération de cette énergie se fait à travers un certain nombre d'équipements connexes à l'installation.

Nous nous sommes intéressés au processus de production d'acide sulfurique, de la vapeur, et de l'utilisation qui en résulte.

1.1 Production d'acide sulfurique

Le processus de fabrication de l'acide sulfurique se résume principalement en quatre phases : la préparation du soufre, sa combustion, la conversion du dioxyde de soufre (SO₂) en anhydride sulfurique (SO₃) et l'absorption de ce dernier pour donner de l'acide sulfurique (H₂SO₄).

Après sa fusion par chauffage à la vapeur et sa filtration, la pulvérisation du soufre dans deux fours chauds permet de le brûler et de lui faire subir une première oxydation.

L'oxydation se fait selon l'équation de réaction suivante :



La combustion du soufre s'effectue sans imbrûlés grâce à un excès d'air préalablement séché.

La composition volumique des gaz à la sortie des fours est la suivante :

SO ₂	:	12%
O	:	9%
N ₂	:	79%

L'oxydation du soufre est une réaction très exothermique (70.8 kilocalories par mole d'acide sulfurique). Ceci a comme conséquence majeure d'élever la température des gaz jusqu'à 1100°C environ. La récupération de cette chaleur se fait à travers deux chaudières.

Après refroidissement, la conversion du dioxyde de soufre (SO₂) en anhydride sulfurique (SO₃) s'effectue en quatre temps dans une caisse de catalyse. Cette réaction d'équilibre est aussi très exothermique et libère environ 23.5 kilocalories par mole d'acide sulfurique (H₂SO₄) produite.

Ainsi, à la sortie du premier temps, les gaz sont à une température de 613°C. La récupération de la chaleur est assurée à ce niveau par deux échangeurs qui constituent les surchauffeurs de la vapeur déjà élaborée. A la sortie des surchauffeurs, les gaz attaquent le troisième temps de la conversion.

Après le quatrième temps, la conversion du SO₂ en SO₃ est presque totale mais les gaz sont à 433°C, température qui est trop élevée pour une bonne absorption. Ils passent donc par un économiseur où l'abaissement de la température permet de réchauffer l'eau alimentaire de la chaudière.

Finalement l'anhydride sulfurique (SO₃) réagit avec l'eau libre d'une solution d'acide sulfurique dans la tour d'absorption pour donner de l'acide sulfurique concentré à 98.5%.

Après refroidissement jusqu'à environ 45°C, l'acide est envoyé au niveau des bacs de stockage. Les 98% de l'acide sont destinés à l'atelier de fabrication d'acide phosphorique au niveau de la plate-forme de Darou tandis que le solide est acheminé vers la plate-forme de M'bao pour la production d'engrais.

1.2 Production de la vapeur

Pour des exigences de la production, une grande quantité de la chaleur des gaz doit nécessairement être dissipée tout au long du processus de fabrication de l'acide sulfurique.

C'est pourquoi la vapeur produite par la récupération de cette chaleur est appelée vapeur de récupération ou encore "vapeur fatale" car sa production n'est pas le but principal de l'atelier.

Ainsi, montées au bout de chacun des fours à soufre, les chaudières permettent de ramener la température du mélange gazeux de 1100°C à 405°C et de produire en même temps de la vapeur saturée à 45 bars absolue.

L'eau alimentaire (préalablement traitée) était à une température de 105°C et à une pression de 58 bars. Après passage à travers l'économiseur (qui refroidit les gaz de 433°C à 180°C), l'émulsion eau – vapeur qui en ressort est portée à une température de 257.4°C avant son injection dans les ballons chaudières.

La vapeur saturée sèche produite par les chaudières est surchauffée jusqu'à 425°C par le biais des deux surchauffeurs montés en parallèle à la sortie du premier temps de la caisse de catalyse. Elle permet de rabaisser la température des gaz de 613°C à 440°C.

La quantité de vapeur produite est directement liée à la cadence de production d'acide sulfurique. Ainsi en marche normale, les deux chaudières produisent 158 t/h de vapeur saturée à 45 bars.

Deux chaudières auxiliaires de redémarrage de l'atelier viennent en appoint aux deux chaudières de récupération dans les cas de marche qui ne garantissent pas une production suffisante de vapeur.

La capacité de production normale pour chaque chaudière auxiliaire est de 50 t/h de vapeur surchauffée à 45 bars et 425°C.

1.3 Utilisation de la vapeur

1.3 Utilisation de la vapeur

La vapeur surchauffée est envoyée dans le barillet haute pression R1512 à partir duquel se fait l'alimentation des différents récepteurs (voir figure 1.1 ci-dessous). Ces récepteurs en question sont principalement :

- Le turboalternateur principal (TAP) qui produit de l'énergie électrique en turbinant la vapeur surchauffée sur ses deux corps (corps HP et corps BP). Il assure la production d'énergie nécessaire à la Chimie avec une capacité au nominal de 13 MW (16250 KVA, $\cos\phi = 0.8$, $I_n = 1563$ A, $f = 50$ Hz). Il est possible de soutirer de la vapeur à 4 bars pour alimenter le barillet BP.
- Le turboalternateur secondaire (TAS) dont la puissance nominale est de 9 MW. Il alimente essentiellement la Mine. Il offre la possibilité de soutirer du 7 bars pour la zone soufre.
- La turbosoufflante (TS) qui est une soufflante mue par une turbine. Elle produit de l'air sous pression nécessaire au processus d'obtention de l'acide sulfurique.
- La turbopompe alimentaire de secours qui est une pompe alimentaire entraînée par une turbine. Elle ne fonctionne qu'en cas d'indisponibilité des motopompes alimentaires.
- Un poste de détente 40/4 bars (la PV1504) pour venir en appoint au barillet BP et réguler le débit de vapeur surchauffée lorsque la pression tend à dépasser la valeur désirée.
- Un poste de détente 40/7 bars (la PV1513) pour les besoins de la zone soufre.

La fraction de vapeur détendue ainsi que l'échappement des turbines alimentent le barillet 4 bars qui doit répondre aux différents besoins de chauffage de l'usine. ce barillet alimente :

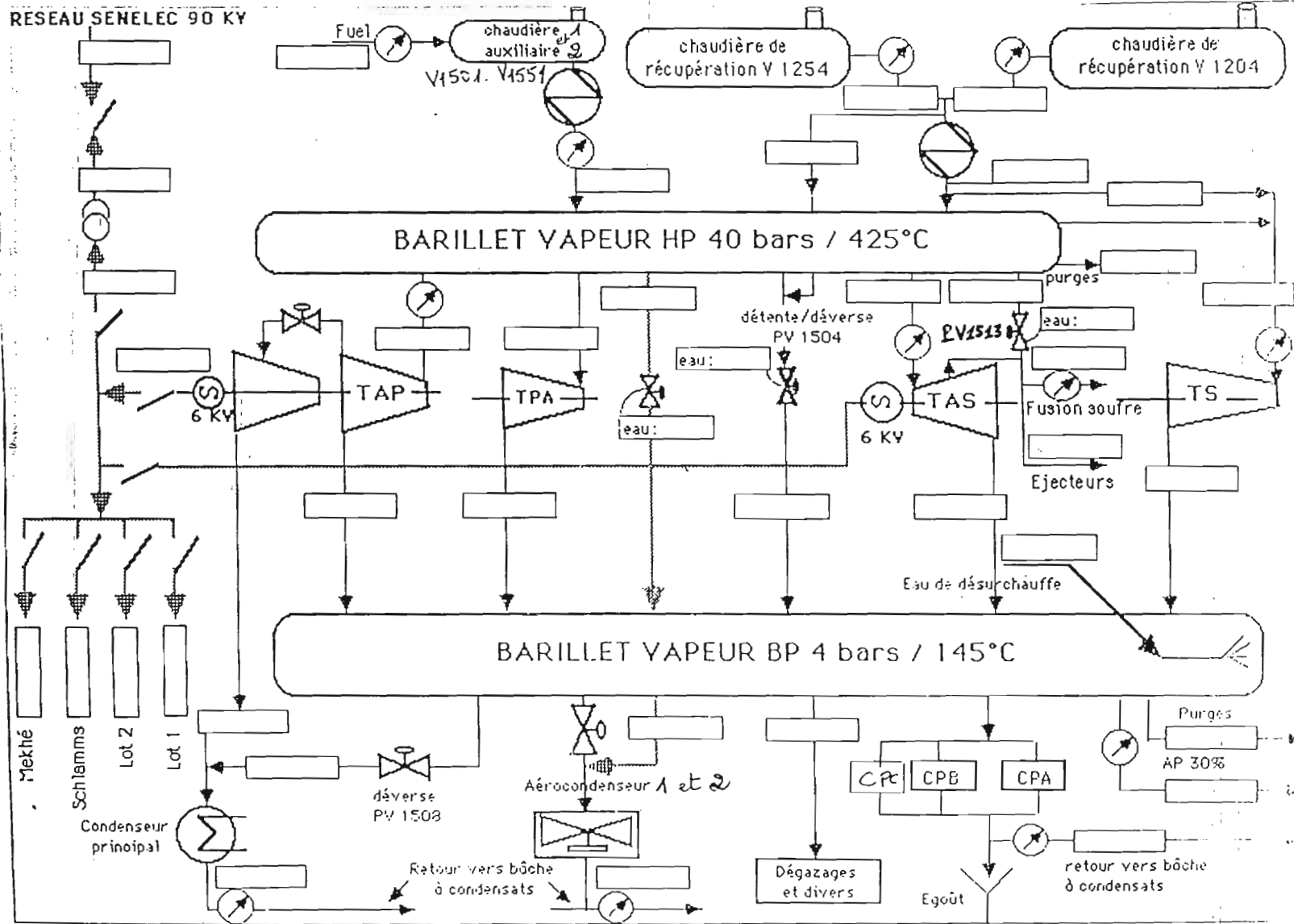
- l'atelier phosphorique du 30% (AP30%) où s'effectue l'attaque du phosphate par de l'acide sulfurique et la filtration de la boue d'acide phosphorique résultante.
- les concentrations phosphoriques A, B, C (CPA, CPB, CPC) de l'atelier phosphorique qui constituent la demande principale en énergie calorifique et la plus importante. Cette énergie sert à la concentration de l'acide phosphorique de 30% à 52%.
- Les dégazeurs et divers que sont les réchauffeurs de fuel, le déverseur et autres.

La vapeur BP en excès est détruite d'abord au niveau des aérocondenseurs puis par le condenseur principal à travers la vanne de détente PV1508.

Les condensats récupérés constituent à quelques pertes près le fluide moteur pour un nouveau cycle.

BILAN VAPEUR & ENERGIE

Figure 1.1 : Réseau vapeur et énergie



Chapitre 2. Evaluation des besoins en énergie de la Chimie

Le processus de fabrication d'acide sulfurique et phosphorique nécessite de l'énergie. Certains équipements expriment leurs besoins énergétique sous forme d'électricité et d'autres sous forme de vapeur. Nous nous proposons de les évaluer dans ce qui suit.

2.1 Besoins en énergie électrique

Les installations de la Chimie comportent des moteurs électriques et des pompes. A cet effet, elles ont besoins d'électricité pour fonctionner. On retrouve ces moteurs à tous les niveaux de l'exploitation avec des régimes de fonctionnement différents. Nous pouvons les classer par secteur d'appartenance et nous distinguons ainsi les équipements électriques des ateliers Sulfurique, Utilités et Phosphorique (le 30% et la concentration).

Nous avons recensé tous les consommateurs d'électricité suivant les secteurs et avons dressé un bilan électrique qui tient compte de la puissance installée, de la puissance effectivement consommée et des cas de marche dictés par le process.

En effet, le processus de production nécessite des arrêts de différentes natures : intempestifs ou programmés.

Les arrêts intempestifs sont des pannes subies (cas rares). Les arrêts programmés sont nécessaires pour :

- au lot 1, des besoins d'entretiens périodiques,
- au lot2, aussi bien l'entretien périodique mais surtout pour la plus part, pour le dégrassage du circuit car le process est encrassant.

Les cas de marche envisagés sont :

- la marche ou non du 30% : l'arrêt 30% est un arrêt lavage en plus des travaux d'entretien. Certaines pompes font circuler de l'eau pour les besoins du nettoyage. Leurs puissances électriques consommées diminuent du fait de la plus faible masse volumique de l'eau (1000kg/m^3) par rapport à l'acide 30% (1325kg/m^3). Par contre certains autres équipements très consommateurs d'énergie sont complètement à l'arrêt (C2118, C2818, A2112, A2812, ...) ou marchent à faibles puissances.
- la marche avec trois lignes de concentrations ou une ligne en arrêt lavage plus les travaux éventuels. Pour ce dernier cas, les pompes marchent à l'eau et font un appel de puissance plus faible du fait de la baisse de masse volumique (1000kg/m^3 pour l'eau contre 1650kg/m^3 pour l'acide concentré) et surtout de l'arrêt de certains équipements (P2505, cellules, ventilateurs, ...).
- l'arrêt intempestif d'une ligne de concentration qui se superpose à un arrêt lavage du 30% ou d'une autre ligne de concentration. Le bilan des puissances dans ce cas se déduit des hypothèses énoncées ci-dessus.
- les combinaisons de ces différentes situations avec la marche ou non de l'atelier sulfurique sous différentes cadences (2200 t/j à 3000 t/j).
- l'arrêt total usine qui résulte d'un arrêt vapeur. Aucune production d'énergie n'est possible, toute consommation électrique se fera sur la SENELEC. Ce cas de figure n'intéresse pas notre étude.

La puissance installée ne représente pas toujours l'appel de puissance d'un appareil. Les moteurs ne fonctionnent pas à leurs puissances nominales conformément aux mesures de sécurité des constructeurs. C'est pour cette raison que nous avons déterminé les puissances effectivement consommées par les équipements en marche en utilisant les hypothèses KREBS ci-après :

- pour une puissance installée inférieure à 18.5kw, nous avons 25% de marge sur la puissance consommée
- pour une puissance installée comprise entre 22kw et 75kw, nous avons 15% de marge sur la puissance consommée
- pour une puissance installée supérieure à 75kw, nous avons 10% de marge sur la puissance consommée.

Nous avons dégagé trois étapes d'exploitation (l'atelier non dégoulotté, tout le dégoulottage en marche et le long terme) liées à la mise en service dans le temps de nouveaux équipements. Le cas de l'atelier non dégoulotté correspond au début d'exploitation de la troisième ligne de concentration. On ne fait pas encore référence au « Projet Energie ». Pour notre étude, cette situation ne représente pas un intérêt particulier sinon donner une idée de la consommation électrique de la plate-forme avant et après le «Projet Energie».

Notre étude est circonscrit dans le cas de l'atelier dégoulotté ; une étape qui reflète la mise en pratique du projet avec le démarrage du 3000 t/j du sulfurique et des équipements auxiliaires (Booster, deuxième chaudière auxiliaire ...).

Une projection sur le long terme permet de déceler les éventuels déficits de puissance qui résulteraient de l'application du «Projet Energie» combinée à la mise en place d'un nouveau atelier Shlamms et des installations pour le montage de la nouvelle plate-forme dénommée ICS2. Les appels de puissance peuvent atteindre au niveau même de la Chimie 16Mw en marche normale.

Les différentes cadences de marche (moyenne à forte) du sulfurique (2200t/j à 3000t/j) ont une influence négligeable sur les besoins en énergie électrique de la plate-forme.

Nous présentons à l'annexe 1 le bilan détaillé des consommations électriques des différents ateliers suivant les cas de marche.

Ce bilan montre que les consommations électriques de l'atelier phosphorique du 30% s'élèvent à 3.6 MW environ en marche normale contre 1.03 MW lorsque l'on procède à un lavage. Les autres cas de marche n'affecte pas le 30% (lavage CP etc...).

Les consommations électriques de la Concentration au nominal totalisent 3.78 MW en marche avec trois lignes contre 2.96 MW pour le lavage d'une CP ; 2.4 MW pour le lavage de deux CP ou en cas d'arrêt sulfurique et 2.5 MW lorsqu'il y a un arrêt total d'une CP.

Au lot 1 (sulfurique et Utilités), la consommation est de 3.2 MW environ au nominal et tombe à 1.98 MW lors d'un arrêt de l'atelier sulfurique.

Les nouveaux équipements prennent 1.17 MW, 1.11 MW et 2.7 MW en marche normale respectivement pour les consommations avant le dégoulotage, pendant le dégoulotage et le long terme. Ces consommations tombent à 0.92 MW, 0.48 MW et 2.7 MW respectivement lors d'un arrêt sulfurique.

En plus de ces ateliers, nous avons estimé les consommations des annexes :

- les forages de MEKHE (4 pompes de 45 KW et 2 pompes de 55 KW) pour un total de 0.247 MW de puissance effectivement consommée,
- les Schlamms 1 pour un total de 0.25 MW,
- les divers usine composées des ateliers et des bureaux pour un total de 0.22 MW.

Le tableau 2.1 donne le récapitulatif de ces consommations suivant les cas de marche présentés dans les bilans détaillés et une combinaison de ceux-ci.

Localisations	Equipements	Puissance installée	usine au Nominal	Lavage 30%	Lavage 1CP	Lavage 2CP	Arrêt total 1CP	Arrêt sulfurique	Lavage (30%+1CP)	Lavage 1CP + arrêt 1CP
Lot 2	30%-concentration	8 435	7 344	4 784	6 562	5 998	6 103	5 998	4 002	5 539
lot 1	sulfurique - utilités	5 694	3 196	3 196	3 196	3 196	3 196	1 993	3 196	3 196
Schlamms 1	Schlamms 1	250	250	250	250	250	250	0	250	250
Forages Mékhé	Forages Mékhé	290	247	247	247	247	247	164	247	247
Divers usine	ateliers bureaux	220	220	220	220	220	220	220	220	220
Nouv;équip mts	avant dégouloitage	1 314	1 171	1 171	1 171	1 171	1 171	919	1 171	1 171
Total	avant dégouloitage	16 202	12 428	9 868	11 646	11 082	11 187	9 294	9 086	10 623

Nouveaux équipements	dégouloitage	1 238	1 113	1 113	1 113	1 113	1 113	483	1 113	1 113
	Total dégouloitage	17 440	13 540	10 980	12 758	12 195	12 299	9 777	10 199	11 735

Nouveaux équipements	Long terme	3 145	2 713	2 713	2 713	2 713	2 713	2 713	2 713	2 713
	Total long terme	20 585	16 253	13 693	15 471	14 907	15 012	12 490	12 911	14 448

Tableau 2.1 Consommations électriques de la Chimie suivant les cas de marche

SENELEC. Ces besoins se traduisent sous forme de débits de vapeur nécessaire à l'admission du TAP suivant le soutirage effectué.

La courbe de fonctionnement du TAP fournie par le constructeur présentée à l'annexe 2 donne le débit de vapeur correspondant à la puissance demandée et au soutirage effectué. On note que les conditions d'exploitation ne répondent plus aux caractéristiques du TAP ; une situation qui se manifeste par une altération du rendement. Il est à la charge des exploitants de mener les actions nécessaires pour retrouver le rendement selon les prescriptions techniques du constructeur.

Le tableau 2.2 ci-après donne les besoins théoriques en vapeur du TAP suivant les cas de marche envisagés.

La puissance nominale débitée par le TAP est de 13 MW alors que les besoins de l'usine en marche au nominal s'élèvent à environ 13.540 MW ; donc il y a un déficit approximatif de 540 KW à combler. Les débits relevés sont relatifs à une puissance de 13 MW.

Le tableau donne les débits à l'admission du TAP selon que l'on effectue des prélèvements de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 et 70 t/h et pour une puissance spécifiée.

On note une production de vapeur HP supplémentaire de 5 t/h pour un prélèvement supplémentaire de 10 t/h de vapeur BP. Donc il est recommandé d'utiliser le soutirage lorsque l'on a un déficit de vapeur BP, ce qui est plus avantageux que la détente à travers la PV1504.

Le débit nominal du TAP sans soutirage est estimée à 59.5 t/h.

Cas de marche	Puissance (MW)	sou tirage 0 t/h	sou tirage 10 t/h	sou tirage 20 t/h	sou tirage 30 t/h	sou tirage 40 t/h	sou tirage 50 t/h	sou tirage 60 t/h	sou tirage 70 t/h
Usine au nominal	13.54	59.5	64.5	69.5	73	78	82	86	91
Lavage du 30%	10.98	50.5	55.5	60.5	65.5	69.5	74.5	78.5	82.5
Lavage d'1CP	12.76	58.5	63.5	68.5	72.5	77	80.5	85.5	90
Lavage (30%+1CP)	10.2	48	52	57	61.5	66.5	70.5	75	79.5
Arrêt total d'1CP	12.3	57.5	62.5	66.5	70.5	75.5	79.5	83.5	88.5
Lavage 1CP + arrêt 1CP	11.74	54.5	59.5	64.5	68	72.5	77	81	85.5
Lavage de 2CP	12.2	56.5	61.5	65.5	70	75	79	83.5	88
arrêt sulfurique (le 30% et 1CP en marche)	9.78	45	50	55	60	64.5	68.5	73	78

Tableau 2.2 : Besoins en vapeur du TAP selon les cas de marche

2.2.2 Le Turboalternateur secondaire (TAS)

Le TAS est prévu de produire 8MW à acheminer vers la Mine. Donc le régime de marche de la Chimie doit prévoir de dégager la quantité de vapeur nécessaire pour avoir les 8MW. En réalité, le TAS peut produire jusqu'à 9 MW qui est sa puissance nominale.

Les courbes de fonctionnement données par le constructeur (annexe 2) nous permettent déterminer le débit de vapeur correspondant au 8 MW, en considérant aussi le soutirage.

Les résultats sont présentés dans le tableau 2.3. Nous avons un débit (65.5 t/h) supérieur au nominal du TAP pour une puissance de 8 MW seulement. Ceci est dû à la différence de chute d'enthalpie qui est moindre pour le TAP (échappement à 4 bars) et aux rendements qui diffèrent aussi.

Pour un prélèvement de 6.5 t/h de vapeur à 7 bars, le débit à l'admission passe à 69 t/h ; donc une augmentation de 3.5 t/h de vapeur HP. Nous déduisons qu'il faudrait utiliser le soutirage du TAS pour alimenter la zone soufre, ce qui réduirait le besoin en vapeur HP de 3 MW.

Cependant pour le bilan nous considérons le cas de fonctionnement sans prélèvement.

Puissance (MW)	Débit sans prélèvement (t/h)	Débit avec prélèvement de 6.5t/h (t/h)
8	65.5	69

Tableau 2.3 : Besoins en vapeur du TAS

2.2.3 La Turbosoufflante (TS)

La turbosoufflante alimente l'unité en air process en consommant de la vapeur HP qui est détendue de 45 bars à 4 bars à travers les pales de la turbine. Le débit total d'air qui sort de la soufflante est utilisé pour (figure 2.1) :

- la combustion du soufre au niveau des deux fours F1203 et F1253,
- la dilution et le refroidissement des gaz à la sortie des fours par l'intermédiaire des cloches surmontant ces fours,
- la dilution et le refroidissement des gaz aux entrées des troisième et quatrième masse de la caisse de catalyse.

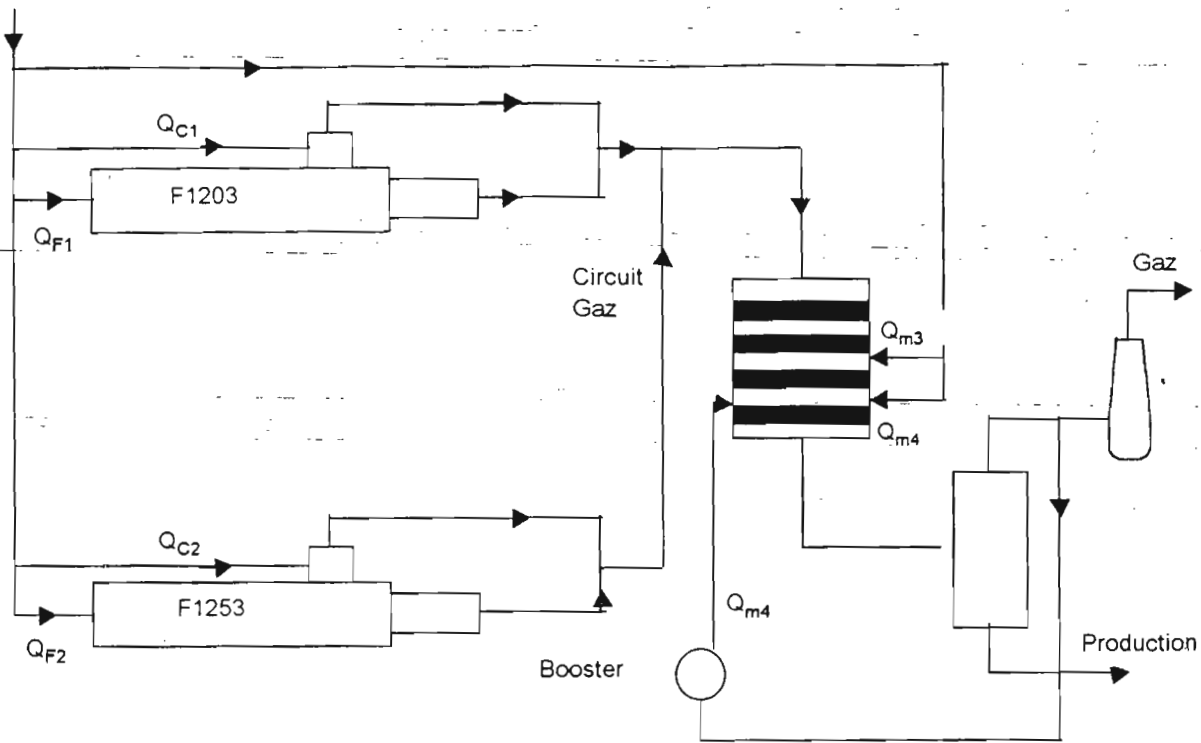


Figure 2.1 : Circuit air de la turbosoufflante

Pour répondre aux besoins en air croissants résultant d'une augmentation de la production du sulfurique jusqu'à 3000t/j et pour alléger la soufflante qui parvient difficilement à satisfaire la demande, on a installé un autre ventilateur (moto ventilateur) appelé Booster. Son rôle consiste à prélever une partie des gaz de queue rejetés à l'atmosphère, à la sortie de la tour d'absorption, pour remplacer la quantité d'air de la soufflante vers la quatrième masse de la caisse de catalyse.

Soient les débits Q_{F1} et Q_{F2} qui alimentent les fours, Q_{C1} et Q_{C2} les cloches, Q_{M3} et Q_{M4} les entrées des troisième et quatrième masse. Nous considérons que chacun de ces débits d'air est proportionnel à la production d'acide (il a été déjà démontré que le débit de soufre est proportionnel à la production d'acide), et par conséquent au débit d'air total provenant de la turbosoufflante :

$$Q = (Q_{F1} + Q_{F2}) + (Q_{C1} + Q_{C2}) + (Q_{M3} + Q_{M4})$$

Dans le cas de fonctionnement avec Booster, c'est ce dernier qui assure le débit Q_{M4} , alors le débit total devient :

$$Q = (Q_{F1} + Q_{F2}) + (Q_{C1} \text{ et } Q_{C2}) + Q_{MB}$$

Les résultats établis par Dr Mendy, Ingénieur process lot 1, sont les suivants pour les deux cas de marche :

- sans Booster

Le débit d'air fourni par la soufflante est

$$Q_{\text{air}} = 123.1 * P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

Où $P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ représente la production d'acide sulfurique.

- Avec Booster

Le débit d'air process total est

$$Q_{\text{air}} = 123.8 * P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

Le débit d'air venant de la soufflante est

$$Q_{\text{air}} = 109.5 * P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

A partir de ces résultats, nous pouvons utiliser les courbes de fonctionnement de la turbosoufflante fournies par le constructeur annexe 2 pour déterminer la puissance absorbée et le débit de vapeur nécessaire.

Nous posons les hypothèses à savoir :

Pour un débit d'air donnée, la puissance est déterminée sur la courbe de puissance maximale ; ceci pour prendre une sécurité par rapport aux fluctuations de la vitesse de rotation qui résultent d'un changement de régime.

- Le rendement global de la turbosoufflante donné par le constructeur est égal à 0.6

Le débit de vapeur est obtenu en posant :

$$P = 0.6 * Q_{\text{ts}} * (h_{\text{ets}} - h_{\text{sts}})$$

$$\text{Alors } Q_{\text{ts}} = \frac{P}{0.6 * (h_{\text{ets}} - h_{\text{sts}})}$$

Avec les données :

P : puissance électrique consommée

Q_{ts} : débit de vapeur correspondant

h_{ets} : enthalpie de la vapeur surchauffée à l'entrée de la turbine. $h_{ets} = h(406,425^{\circ}\text{C})$
 $= 3270,5 \text{ kJ/kg}$

h_{sts} : enthalpie de la vapeur surchauffée à la sortie de la turbine. $h_{sts} = h(46,145^{\circ}\text{C})$
 $= 2741,46 \text{ kJ/kg}$

d'où
$$Q_{ts} = \frac{P}{0,6 * (3270,5 - 2741,46)}$$

$$Q_{ts} = 11,34 * 10^{-3} * P \text{ (t/h)}$$

Les tableaux 2.4 et 2.5 suivants donnent le débit de vapeur en fonction de la production d'acide sulfurique.

Production d'acide (t/j)	Débit d'air (m^3/h) $Q_{\text{air}} = 123,1 * P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$	Puissance (kw)	Débit de vapeur (t/h)
3000	369300	5353	60,7
2700	332370	4765	54,03
2600	320060	4588	52,02
2500	307750	4470	50,69
2200	270820	4000	45,36

Tableau 2.4 : Débit vapeur turbosoufflante Sans Booster en fonction de la production d' H_2SO_4

Production d'acide (t/j)	Débit d'air (m ³ /h) $Q_{\text{air}} = 109.5 * P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$	Puissance (kw)	Débit de vapeur (t/h)
3000	328500	4735	53.7
2700	295650	4294	48.7
2600	284700	4147	47
2500	273750	4029	45.7
2200	240900	3529	40

Tableau 2.5 : Débit vapeur turbosoufflante avec Booster en fonction de la production d'H₂SO₄

En analysant ces deux tableaux, nous voyons que l'utilisation du Booster permet en plus de soulager la soufflante, mais aussi de faire des économies de vapeur HP de l'ordre de 5 à 7 t/h.

Le Booster est prévu de fonctionner pour une cadence supérieure à 2600 t/j du sulfurique.

L'arrêt du Booster pour des cadences inférieures ne fait épargner que 450 KW contre 5 t/h de vapeur possible. Il faudra alors déterminé le déficit à résorber en priorité.

2.2.4 La zone soufre

Le débit de soufre fondu est lié à la production d'acide journalière par la relation :

$$S = a * P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

Avec a est la consommation spécifique tirée des données fournies par le service Gestion de la Production ; a = 0.339.

Alors
$$S = 0.339 * P_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

Une étude réalisée par Dr Mendy a permis en faisant le bilan autour des fondoirs, de déterminer la relation entre le débit de soufre fondu (S) et le débit de vapeur (V)nécessaire.

Nous avons :

$$V = \frac{40.4}{495} * S$$

D'où
$$V = \frac{40.4}{495} * 0.339 * P_{H_2SO_4}$$

$$V = 1.154 * 10^{-3} * P_{H_2SO_4}$$

Nous avons les besoins en vapeur de la fusion du soufre pour les différentes cadences de marche. La vapeur 7 bars acheminée vers cette zone ne concerne pas seulement la fusion ; on considère un débit de 10t/h de vapeur pour une cadence à 2600t/j et on en déduit le débit de vapeur pour les autres cadences par une étude différentielle.

Nous avons le tableau suivant :

Production d'acide (t/j)	Vapeur fusion soufre (t/h)	Vapeur zone soufre totale (t/h)
3000	3.46	10.46
2700	3.11	10.11
2600	3	10
2500	2.88	9.88
2200	2.54	9.54

Tableau 2.6 : Besoins en vapeur de la zone soufre

2.2.5 Les éjecteurs

Les éjecteurs font partie du groupe d'extraction d'air au niveau du condenseur principal. Le groupe est composé entre autres d'un éjecteur de démarrage pour mise à vide rapide du condenseur et de deux batteries d'éjecteurs (1^{er} et 2^{ème} étages) utilisées en marche normale associés chacun à un condenseur à surface.

L'éjecteur de démarrage ne fonctionne qu'à chaque démarrage du groupe pour vider rapidement la capacité condenseur – turbine; il est isolé dès que le groupe normal est en

mesure de prendre le relais (environ 20mn de marche). Sa consommation en vapeur motrice est de 320kg/h.

Les éjecteurs de maintien assurent le fonctionnement en permanence et leurs consommations s'élèvent à 200 kg/h de vapeur par jeu. L'un des deux jeux est utilisé en secours ou lorsque l'état du condenseur le nécessite comme c'est le cas actuellement, à cause de l'encrassement du condenseur, de la non étanchéité dans le circuit, etc... Alors le besoin en vapeur HP des éjecteurs est de 400kg/h (0.4 t/h) et nous négligeons l'influence de l'éjecteur de démarrage dont le temps de fonctionnement est court.

2.2.6 Autres

Les autres consommateurs de vapeur HP sont la turbopompe alimentaire (TPA), la PV1504 et les purges.

La TPA est une pompe d'ultime secours mise en service qu'en cas de défaillance des motopompes alimentaires. Elle ne fonctionne hors son rôle (manque total d'énergie) qu'en période de tests pour une durée très courte (environ 20 mn). Nous décidons par conséquent de ne pas en tenir compte dans le bilan.

La consommation maximale des purgeurs est estimée à 1t/h.

La PV1504 est une vanne de détente de la vapeur HP en BP. On l'utilise soit pour déverser de la vapeur HP dans le barillet lorsqu'il y a un déficit de vapeur BP, soit pour réguler la pression du barillet HP lorsqu'il y a un excès de vapeur surchauffée.

La vapeur détendue est désurchauffée avant l'introduction dans le barillet BP. Le débit maximal à travers la vanne est de 75 t/h.

D'après la fiche caractéristique de la PV1504, nous relevons :

- enthalpie de la vapeur en amont de la vanne $h_{am} = h(41.5\text{bar} ; 425^{\circ}\text{c}) = 3270.5 \text{ kJ/kg}$
- enthalpie de la vapeur en aval de la vanne $h_{av} = h(4\text{bar} ; 160^{\circ}\text{c}) = 2776 \text{ kJ/kg}$
- enthalpie de l'eau de désurchauffe $h_e = h(16\text{bar} ; 80^{\circ}\text{c}) = 335.8 \text{ kJ/kg}$

- m_v et m_e les débits de vapeur et d'eau de désurchauffe.

Nous considérons une détente isenthalpique et l'enthalpie en amont de la vanne est égale à l'enthalpie de la vapeur dans la chambre de désurchauffe ; l'enthalpie du mélange après désurchauffe est égale à l'enthalpie en aval de la vanne. Nous avons ainsi dans la chambre de désurchauffe :

$$m_v \cdot h_{am} + m_e \cdot h_e = (m_v + m_e) \cdot h_{av}$$

d'où
$$m_e = \frac{h_{am} - h_{av}}{h_{av} - h_e} \cdot m_v$$

$$m_e = \frac{3270.5 - 2776}{2776 - 335.8} \cdot m_v$$

alors
$$m_e = 0.2 \cdot m_v$$

donc le débit de vapeur 4 bar acheminé vers le barillet BP est :

$$m = m_e + m_v$$

$$m = 1.2 \cdot m_v$$

2.3 Besoins en vapeur basse pression

la marche de l'atelier phosphorique requiert une certaine quantité de vapeur basse pression. Cette vapeur est destinée aux trois lignes de concentration et à l'attaque filtration. En plus de cela il y a les dégazages et les divers qui consomment 0.2 t/h de vapeur. Enfin 0.5 t/h de vapeur sont évacuées sous forme de purges.

2.3.1 Attaque filtration AP30%

Nous avons deux cas de figure : une marche normale et une marche en lavage du 30%.

Dans le premier cas, il faut faire passer 165 m³/h d'eau de 60°C à 80°C, et dans le second cas, les 165 m³/h d'eau passe de 35°C à 80°C. L'eau est réchauffée par injection directe dans son sein de vapeur saturée à 4 bars, 145°C. Après l'échange thermique, on recueille de l'eau à 80°C.

Les tables thermodynamiques donnent pour l'eau comprimée :

- enthalpie de l'eau avant le mélange en marche normale $h_{en} = 251.1$ kJ/kg
- enthalpie de l'eau avant le mélange en marche en lavage $h_{el} = 146.6$ kJ/kg
- enthalpie du mélange d'eau $h_m = 334.9$ kJ/kg

l'influence de la pression sur l'enthalpie de l'eau est négligeable.

La vapeur a pour caractéristiques :

- enthalpie de la vapeur avant le mélange $h_v = 2741.46$ kJ/kg

soient m_v , le débit de vapeur et m_e , le débit d'eau ; l'équation bilan donne :

$$m_v (h_v - h_m) = m_e (h_m - h_e)$$

alors
$$m_v = \frac{m_e (h_m - h_e)}{h_v - h_m}$$

Nous avons les valeurs suivantes pour une marche normale et une marche en lavage :

Situation	Marche normale	Marche en lavage
Débit de vapeur m_v (t/h)	5.74	12.91

Tableau 2.7: Besoins en vapeur BP de l'AP30%

Le besoin en marche normale est inférieure à celui en lavage. C'est parce que les gaz d'échappement de l'attaque filtration sont utilisés en marche normale pour préchauffer l'eau de 35°C à 60°C. Il y aura donc moins de vapeur pour élever la température à 80°C.

2.3.2 L'unité de concentration

Les ICS ont retenus l'option de faire marcher en parallèle les trois lignes de concentration.

Deux lignes de concentrent de l'acide 27 – 30% à 42% et une autre ligne de 40% à 52%.

Un débit de vapeur de 40 t/h pour chaque ligne est l'optimum pour maximiser la production d'acide phosphorique.

Lorsque nous avons une concentration phosphorique (CP) à l'arrêt, les deux autres marchent avec un débit de 45 t/h de vapeur.

De même, si l'on a qu'une seule CP en marche, sa capacité est poussée à 45 t/h voire même 50 t/h.

Chapitre 3: Evaluation des capacités de production de vapeur par la Chimie

La Chimie produit de la vapeur à travers son processus de fabrication de l'acide sulfurique. C'est la vapeur fatale qui est ainsi récupérée par l'intermédiaire de deux chaudières installées à la suite des fours à soufre. Elle possède en plus deux chaudières auxiliaires.

3.1 Vapeur fatale

Après la combustion du soufre dans les fours, une grande partie des gaz est refroidie en passant à travers une chaudière de récupération alimentée par une émulsion de vapeur (8%) et d'eau portée à la température de 257.4°C. L'alimentation des chaudières provient de la bache alimentaire (T=105°C). Elle est ensuite partiellement évaporée (8%) dans un économiseur maintenu à 42 bars (257.4°C).

L'autre partie, environ 6% des gaz produits, ne traverse pas la chaudière. Elle est déviée vers les cloches de by-pass dans lesquelles elle est refroidie et diluée par injection d'air frais à 45°C.

La vapeur sort des deux chaudières à l'état saturée sèche sous une pression entre 44 et 46 bars absolue.

Nous déterminons la relation entre le débit de vapeur produit et le débit de gaz à travers les deux chaudières en exploitant les données ci-dessous à 45 bars :

- enthalpie spécifique des gaz à l'entrée : $h_{ge} = 1143.7$ kJ/kg
- enthalpie spécifique des gaz à la sortie : $h_{gs} = 388.9$ kJ/kg
- composition massique des gaz : 23.85% de SO_2
8.51% de O_2
64.34% de N_2

- 6% des gaz ne traversent pas la chaudière
- enthalpie spécifique de la vapeur saturée sèche à la sortie : $h_{vs} = 2798$ kJ/kg
- enthalpie spécifique de l'eau saturée : $h_{es} = 1122.1$ kJ/kg
- enthalpie spécifique de l'émulsion eau vapeur à l'entrée :

$$h_{ve} = 0.08 * 2798 + 0.92 * 1122.1 = 1256.17 \text{ kJ/kg}$$

- débit de vapeur produit : m_v
- débit de gaz à travers les chaudières : m_{gc}
- pertes thermiques dans les chaudières environ 1%

A l'équilibre thermique, nous avons :

$$m_v(h_{vs} - h_{ve}) + \text{pertes} = m_{gc}(h_{ge} - h_{gs})$$

avec $\text{pertes} = 0.01 m_{gc}(h_{ge} - h_{gs})$

alors
$$m_v = 0.99 * m_{gc} * \frac{(h_{ge} - h_{gs})}{(h_{vs} - h_{ve})}$$

$$m_v = 0.4846 * m_{gc}$$

Soit m_g : le débit de gaz produit par les deux fours

Comme $m_{gc} = m_g - 0.06 * m_g$

$$m_{gc} = 0.94 * m_g$$

alors $m_v = 0.4846 * 0.94 * m_g$

$$m_v = 0.4555 * m_g$$

Déterminons maintenant la relation entre le débit d'acide sulfurique et le débit de gaz produit.

Soient :

m_{SO_2} : débit massique de dioxyde de soufre produit dans les deux fours,

m_{SO_3} : débit massique d'anhydride de soufre produit dans la caisse de catalyse,

$m_{H_2SO_4}$: débit massique d'acide sulfurique produit dans l'atelier.

Les masses molaires des gaz sont les suivantes :

Dioxyde de soufre SO_2 : 64 kJ/kmol

Anhydride sulfurique SO_3 : 80 kJ/kmol

acide sulfurique H_2SO_4 : 98 kJ/kmol

Ainsi le débit de dioxyde de soufre produit par la combustion est de :

$$m_{\text{SO}_2} = 0.2385 * m_g$$

D'après les données du process, le rendement de conversion global du SO_2 en SO_3

est de 98.2% et celui de la tour d'absorption est de 99.98%.

Le débit d'acide sulfurique devient :

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{SO}_4} &= 0.982 * 0.9998 * m_{\text{SO}_2} \\ &= 0.982 * 0.9998 * 0.2385 * m_g \end{aligned}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0.3585 * m_g$$

Comme $m_v = 0.4555 * m_g = * m_{\text{H}_2\text{SO}_4}$

alors $m_v = 1.2705 * m_{\text{H}_2\text{SO}_4}$

Nous avons ainsi une relation théorique liant la production d'acide sulfurique au débit de vapeur extraite. Dans les conditions normales de fonctionnement, cette relation devrait être vérifiée; mais les conditions d'exploitation variant dans le temps, on note un certain écart par rapport à la théorie. Cela est dû à l'entartrage de l'échangeur qui altère le coefficient d'échange global. A cela s'y ajoute à très petite influence, l'état thermodynamique de la vapeur dont la pression et la température d'entrées fluctuent pendant la marche.

Pour corroborer ces constatations, nous relevons les résultats mensuels de l'exploitation pour l'année 1998 en terme de quantités de vapeur et d'acide sulfurique produites. Le coefficient de consommation spécifique α donne le rapport de la quantité de vapeur fatale produite sur la production d'acide sulfurique.

Les valeurs de α tirées des données du service Gestion Production montrent que α varie sur une plage allant de 1.24 à 1.32 (Tableau 3.1): ce qui nous renseigne sur l'existence de périodes de début de campagne où l'échangeur est propre (mai, juin, juillet), et de fin de

campagne où l'échangeur est encrassé (octobre novembre). L'aspect relativement dégradé des compteurs d'énergie qui n'assurent plus des mesures fiables, n'autorise pas à faire une corrélation sur ces valeurs.

C'est ainsi que prendrons la valeur théorique de 1.27 pour α pour le reste des calculs.

Mois	Production d'acide	Production de vapeur	Coefficient spécifique
Janvier	76657	98262	1.282
Février	65769	86894	1.321
Mars	75024	98333	1.256
Avril	76030	96055	1.263
Mai	76303	98257	1.288
Juin	75704	96914	1.28
Juillet	74405	94505	1.27
Août	76686	97261	1.268
Septembre	64030	83249	1.302
Octobre	76608	95187	1.243
Novembre	78415	97279	1.241
Décembre	69815	88776	1.271

Tableau 3.1 : Valeurs mensuelles du coefficient de α pour l'année 1998

3.2 Vapeur par les chaudières auxiliaires

Les installations de la Chimie comportent deux chaudières auxiliaires V1501 et V1551. Elles sont destinées à fonctionner en parallèle avec les deux autres chaudières de récupération. Elles servent à alimenter les deux turboalternateurs et à fournir l'appoint d'énergie nécessaire pour le process. Les chaudières sont prévues pour un fonctionnement continu de 24 heures/24 et pendant une année (hors périodes d'entretien).

Les caractéristiques techniques sont :

- Pour la nouvelle chaudière V1551

- débit de vapeur à la marche continue maximale : 50t/h
- température de la vapeur surchauffée : 425°C
- température d'entrée pour l'eau d'alimentation : 105°C
- pression de vapeur en marche stable : 43 bars eff.
- PCI du fioul lourd n°2 : 9600 kcal/kg = 39340 kJ/kg
- Rendement sur PCI à la marche continue maximale : 93%
- Température des fumées à la marche continue maximale : 190°C

- Pour l'ancienne chaudière V1501

- débit de vapeur à la marche continue maximale : 50t/h
- température de la vapeur surchauffée : 425°C
- température d'entrée pour l'eau d'alimentation : 105°C
- pression de vapeur en marche stable : 43 bars eff.
- PCI du fioul lourd n°2 : 39340 kJ/kg
- Rendement sur PCI à la mcm : 91%
- Température des fumées à la mcm : 200°C

Les chaudières sont exploitées jusqu'à la limite de 47t/h fixée par la production. Le débit de 50t/h en marche continue maximale ne sera atteint qu'en cas de nécessité.

3.3 Vapeur totale

La capacité de production de vapeur par la Chimie varie suivant la cadence de marche du sulfurique et la disponibilité des chaudières auxiliaires. C'est ainsi que nous présentons dans le tableau ci-dessous les différents cas possibles et la vapeur produite correspondante.

Cadence sulfurique	Vapeur fatale (t/h)	V1501 et V1551 (+94t/h)	V1501 ou V1551 (+50t/h)
3000	159	253	199
2700	143	237	193
2600	138	232	198
2500	132	226	192
2200	116	210	166

Tableau 3.2 : Capacité de production totale de vapeur HP par la Chimie

Nous avons dégagé la production de vapeur haute pression maximale.

Cette capacité n'est pas toute disponible au niveau du barillet BP. En effet ce dernier reçoit les débits de vapeur venant de la contre pression du TAS et de la turbosoufflante, du soutirage du TAP et de la vanne de détente PV1504.

Les températures à l'échappement de chacune de ces éléments sont supérieures à celle de l'état saturé désiré. On procède alors à une désurchauffe pour amener le barillet aux conditions de saturation. Nous avons les données suivantes :

— enthalpie de la vapeur venant du TAP $h_{TAP} = h(4bars, 150^{\circ}C) = 2754 \text{ kJ/kg}$

enthalpie de la vapeur venant du TAS $h_{TAS} = h(4bars, 150^{\circ}C) = 2754 \text{ kJ/kg}$

enthalpie de la vapeur venant de la soufflante $h_{TS} = h(4bars, 150^{\circ}C) = 2754 \text{ kJ/kg}$

enthalpie de la vapeur venant de la PV1504 $h_{PV1504} = h(4bars, 160^{\circ}C) = 2776 \text{ kJ/kg}$

enthalpie de l'eau de désurchauffe $h_{eau} = h(50bars, 105^{\circ}C) = 443.6 \text{ kJ/kg}$

enthalpie de la vapeur dans le barillet BP $h_{BP} = h(4bars, 145^{\circ}C) = 2738 \text{ kJ/kg}$

soient m_i les débits massiques associés.

Nous avons l'équation du mélange :

$$m_{TAP} * h_{TAP} + m_{TS} * h_{TS} + m_{TAS} * h_{TAS} + m_e * h_e + m_{PV1504} * h_{PV1504} = (m_{TAP} + m_{TS} + m_{TAS} + m_e + m_{PV1504}) * h_{BP}$$

on en déduit :

$$m_e = \frac{38 * m_{PV1504} + 16 * (m_{TAP} + m_{TS} + m_{TAS})}{2294.4}$$

D'après une série de simulation sur les valeurs des débits massiques en cours d'exploitation, nous trouvons des débits d'eau de désurchauffe voisins de 1 t/h que nous considérons comme valeur à affecter pour le reste du bilan à l'eau de désurchauffe.

Chapitre 4 : Evaluation des capacités de condensation

Les équipements de condensation au niveau de la Chimie sont principalement le condenseur principal et les deux aérocondenseurs. (ancien et nouveau).

4.1 Le Condenseur Principal

Nous avons un condenseur principal dont la capacité maximale donnée par le constructeur est de 110t/h de vapeur pour lesquelles 35t/h proviennent de l'échappement de la turbine et 75 t/h de la vanne de détente PV1508. Cette capacité est celle obtenue lorsque les échangeurs sont propres. Cependant le condenseur est chargé à 100 t/h maximum pour limiter la température de l'eau à sa sortie, ce qui permet de limiter la température de l'eau à l'entrée des échangeurs de chaleur pour le refroidissement de l'acide sulfurique (Monsantos).

Le condenseur est du type nettoyable en marche et est conçu pour être éventuellement nettoyé par moitié, si les nécessités de l'exploitation l'exigent. La surface effective d'échange dans le cas de nettoyage devient donc la moitié de la surface active normale. Nous déterminons ainsi la capacité du condenseur avec les échangeurs encrassés conformément à la situation de nettoyage.

Nous avons les données :

surface effective		360 m ²
débit d'eau de circulation		2100m ³ /h
température entrée eau		32°C
température sortie eau		44.5°C
pression résiduelle		0.51 bar
quantité de calories échangées maximale	Q_{\max}	=26.401*10 ⁶ kcal/h =110.356*10 ⁶ kj/kg

La valeur du débit d'eau de circulation donnée ci-dessus a évolué suite à la réhabilitation du condenseur : les pertes de charges ont augmenté.

Nous avons :

$$\text{pertes de charges actuelles : } \Delta P_{ac} = 0.45$$

$$\text{pertes de charges d'avant : } \Delta P_{av} = 0.14$$

Les pertes de charge sont proportionnelles au carré du débit, on a :

$$\Delta P = k * m^2$$

avec k est le coefficient de proportionnalité supposé constant.

Alors

$$\frac{m_{ac}^2}{\Delta P_{ac}} = \frac{m_{av}^2}{\Delta P_{av}}$$

soit

$$m_{ac} = m_{av} * \sqrt{\frac{\Delta P_{ac}}{\Delta P_{av}}} = 2100 * \sqrt{\frac{0.45}{0.14}}$$

$$m_{ac} = 3765 \text{ m}^3/\text{h}$$

La quantité de calories maximale échangées devient :

$$Q_{\max} = m_{ac} * c_p * (t_s - t_e)$$

avec les nouvelles valeurs de températures : $t_e = 32.5^\circ\text{C}$ et $t_s = 44^\circ\text{C}$ ($c_p = 1 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

$$\text{d'où } Q_{\max} = 3765 * (44 - 32.5) = 43.297 * 10^6 \text{ kcal/h} = 180.982 * 10^6 \text{ kJ/h}$$

A partir de cette valeur de Q_{\max} , nous déterminons le débit maximal de vapeur à condenser :

$$m_{\max}(h_{ev} - h_{sv}) = Q_{\max}$$

$$m_{\max} = \frac{Q_{\max}}{h_{ev} - h_{sv}}$$

avec :

enthalpie de la vapeur à l'entrée du condenseur $h_{ev} = h(0.51 \text{ bar} ; 120^\circ\text{C}) = 2721.9 \text{ kJ/kg}$

enthalpie de la vapeur à la sortie du condenseur $h_{sv} = h(0.2 \text{ bar} ; 54^\circ\text{C}) = 226 \text{ kJ/kg}$

alors

$$m_{\max} = 72.512 \text{ t/h}$$

4.2 Les aérocondenseurs

L'aérocondenseur est un condenseur qui emploie l'air comme fluide réfrigérant. Son principe de fonctionnement diffère de ce fait du condenseur principal. Il est pourvu de ventilateurs qui envoient un flux d'air sur le faisceau de tubes véhiculant la vapeur : c'est ce flux d'air qui sert à la condensation de la vapeur. L'usine dispose de deux aérocondenseurs. Leur capacité est de 40 t/h pour le nouveau et 15 t/h pour l'ancien. Les exploitants ont limité la capacité des aérocondenseurs à 45 t/h dont 35 t/h pour le nouveau et 10 t/h pour l'ancien aérocondenseur.

4.3 La capacité de condensation totale

De l'étude du condenseur principal et des aérocondenseurs, nous dégagons la capacité maximale de condensation de l'usine en tenant compte des différentes conditions d'exploitation : échangeurs propres ou encrassés, ou un des deux aérocondenseurs en panne.

Les résultats sont présentés dans le tableau 4.1 suivant :

Etat de marche	condenseur principal (t/h)	aérocondenseurs (t/h)	Total (t/h)
échangeurs propres	100	45	145
échangeurs encrassés	72	45	117
ancien aéro en panne	100	35	135
nouveau aéro en panne	100	10	110

Tableau 4.1 : Capacité de condensation totale

Ce tableau montre que la capacité de condensation maximale de l'usine atteint 145 t/h quand tous les équipements de condensation sont à leur maximum. Elle passe à 110 t/h lorsque le nouveau aérocondenseur tombe en panne. Donc les exploitants doivent tenir compte de ces capacités pour programmer les arrêts lavage des lignes de concentration ou pour prendre une décision en cas d'arrêts intempestifs.

Chapitre 5. Evaluation des capacités de production en énergie électrique

Nous avons déterminé les besoins en vapeur des équipements recevant de la haute pression comme de la basse pression. Il s'agit maintenant d'intégrer ces paramètres dans une gestion globale du flux d'énergie provenant de la production de vapeur par les chaudières.

Nous évaluons dans un premier temps le débit total de vapeur basse pression requis par les trois lignes de concentrations, l'attaque filtration, les dégazages et en tenant compte des purges inévitables. Ensuite nous évaluons le débit total de vapeur haute pression susceptible d'être consommé par le groupement TAP, TAS, Turbosoufflante, zone soufre et les éjecteurs et une partie sous forme de purges.

Les débits à l'échappement du TAS, de la turbosoufflante et le soutirage du TAP déterminent le débit de la vanne de détente PV1504 par rapport aux besoins en vapeur BP à satisfaire.

Nous établissons le bilan en faisant les hypothèses suivantes :

- le débit de vapeur HP purgé est 1t/h
- le débit de vapeur BP purgé est 0.5t/h
- l'aérocondenseur 2 est utilisé en premier lieu jusqu'à la limite de 35t/h
- l'aérocondenseur 1 est ensuite chargé jusqu'à la limite de 10t/h
- la variation des besoins en électricité avec la production d'acide sulfurique est négligée
- la capacité de production de vapeur par V1551 est limitée à 47t/h
- la chaudière V1501 vient en appoint à V1551 jusqu'à 47t/h
- un débit minimum de 20t/h est imposé à chaque chaudière pour éviter les problèmes de démarrage

- un débit minimum de 5t/h passe par la PV1504 pour une marche de régulation et pour éviter le grippage de la vanne et les coups de bélier dus à la forte pression
- Le bilan s'effectue en considérant l'étape du dégoullottage pour ce qui concerne l'exploitation et les consommations électriques
- Le Booster n'est utilisé pour soulager la turbosoufflante que si la production est supérieure à 2600t/j d'acide sulfurique

L'étude se fait suivant les cadences de production déjà définies avec les priorités pour l'optimisation de la vapeur suivantes :

- minimiser la consommation de fuel qui a pour conséquence de réduire au minimum possible la production de vapeur des chaudières auxiliaires
- minimiser la consommation de vapeur en déterminant de manière précise les besoins en vapeur des équipements
- produire le maximum d'énergie nécessaire au process et à la production d'électricité
- minimiser la détente à travers la vanne PV1504 parce que la vapeur HP directement détendue ne produit pas d'énergie électrique
- minimiser la détente à travers la vanne PV1508 pour éviter la surcharge du condenseur principal

Pour répondre à ces contraintes, il se pose un problème de choix pour la résorption d'un déficit éventuel en vapeur basse pression : l'alternative entre le soutirage du TAP et la détente à travers la PV1504.

Un algorithme de calcul a été établi à cet effet en remarquant que le débit de vapeur à l'admission du TAP croît avec le débit de vapeur soutiré. Par conséquent il faut minimiser le soutirage pour pouvoir réduire la consommation de fuel. Nous considérons des soutirages de 0,10,20,30t/h,... qui sont spécifiés sur les courbes du constructeur afin d'avoir des résultats fiables.

L'algorithme (figure 5.1) se présente ainsi :

Soient V_{HP} : le débit de vapeur fourni par la contre pression du TAP et de la turbosoufflante et par la vanne de détente PV1504.

V_{BP} : les besoins en vapeur basse pression

$V_{TAP}(I)$: le débit vapeur à l'admission du TAP pour un soutirage de I t/h

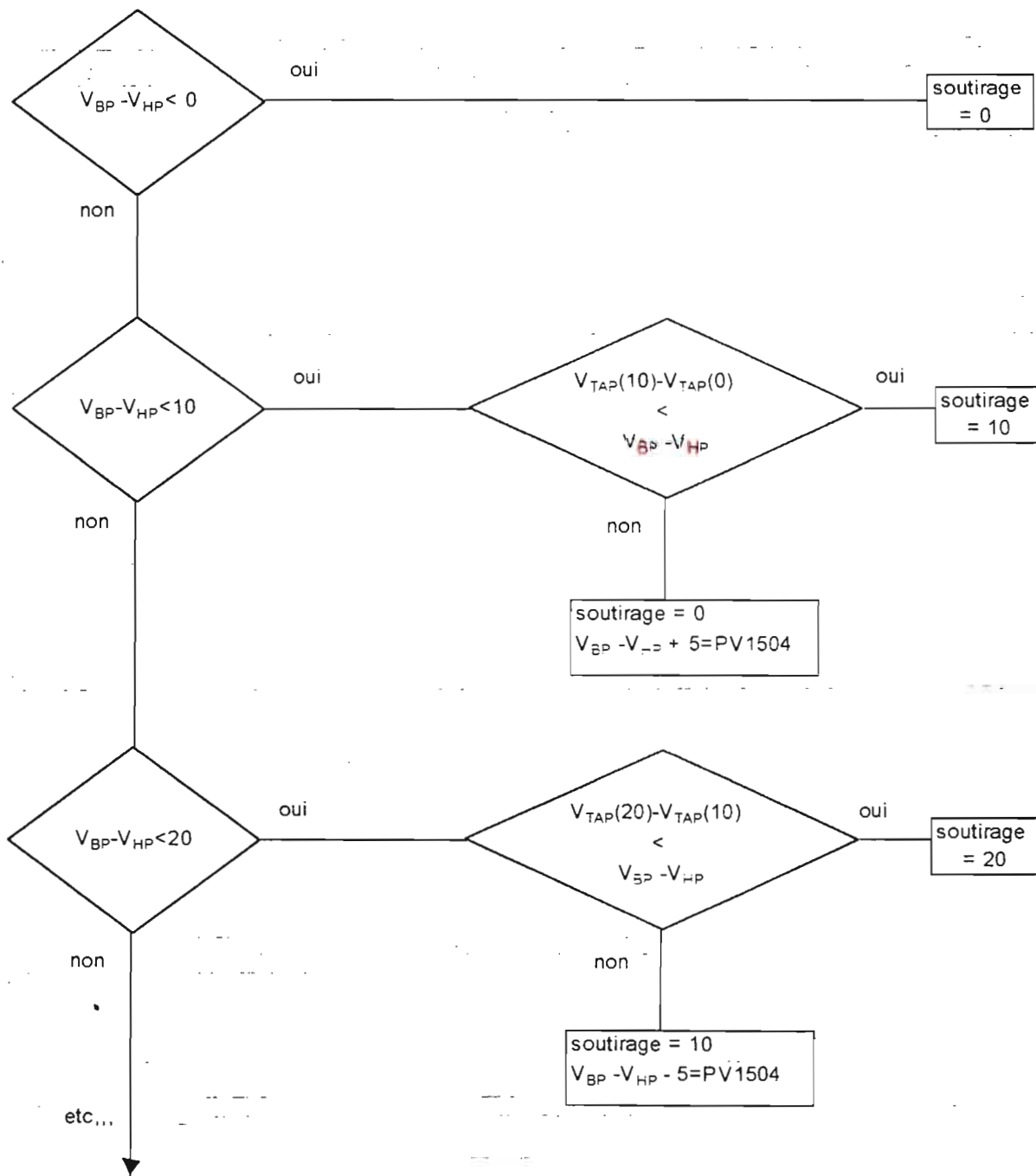


Figure 5.1.: algorithme de détermination du soutirage

Nous présentons en annexes 3, 4 et 5 le flux de vapeur à travers les équipements selon le cas de marche et la cadence du sulfurique. Les valeurs ont été obtenues en considérant les hypothèses d'optimisation ci-dessus.

Ces tableaux nous donnent :

- les débits vapeur satisfaisant aux besoins des utilisateurs BP, le soutirage correspondant du TAP suivant la fourniture BP disponible
- Les débits vapeur correspondant aux besoins des utilisateurs HP, la production supplémentaire des chaudières auxiliaires suivant le débit de vapeur fatale disponible,
- les débits de vapeur condensés par les aérocondenseurs et le condenseur principal.

Les résultats d'analyse de ces tableaux sont présentés dans les pages suivantes. Nous avons distingué les régimes d'exploitation selon la disponibilité des deux chaudières auxiliaires.

5.1 V1501 et V1551 disponibles

Les deux chaudières auxiliaires sont disponibles. On les exploite jusqu'à la limite de 47 t/h si nécessaire. Le rythme de production de ces chaudières est imposé par les besoins en vapeur HP des équipements. Ces besoins varient suivant les cas de marche au niveau des ateliers.

Nous présentons à l'annexe 3 la configuration du dispatching pour les cas de marche spécifiés.

5.1.1 Usine au nominal

La situation où les lots 1 et 2 marchent au nominal représente la marche normale de l'usine. Nous avons l'appel d'énergie maximal au niveau des installations.

Les résultats donnés à l'annexe 3 montrent que les besoins en vapeur sont satisfaits. L'appoint par les chaudières auxiliaires atteint un maximum de 75 t/h lorsque le sulfurique marche à 2200 t/j.

Le TAP produit à son nominal de 13 MW alors que les besoins de la Chimie dans ce cas sont évalués à 13.54 MW. Il y a donc un déficit de 0.54 MW à résorber soit en se couplant à la SENELEC, soit en procédant à des délestages (schlamms 1 ...).

Le TAS peut débiter 8 MW vers la Mine.

5.1.2 Le 30% en lavage

L'arrêt du 30% est un arrêt lavage en plus des travaux. Les chaudières débitent 71 t/h de vapeur à 2200 t/j (annexe 3). La puissance de 10.98 MW demandée est satisfaite pour toute cadence du sulfurique.

Le TAS fournit 8 MW à la Mine.

5.1.3. Une CP en lavage

Une ligne de concentration est en lavage et l'usine marche avec deux lignes de concentration, le sulfurique et le 30% étant en régime normal. L'appel de puissance est de 12.76 MW environ. Les chaudières débitent entre 35.8 t/h à 3000 t/j et 69 t/h de vapeur à 2200 t/j du sulfurique. Les turboalternateurs sont bien alimentés et les besoins électriques satisfaits.

5.1.4 Le 30% et une CP en lavage

L'attaque filtration et une ligne de concentration sont en lavage. La demande électrique est de 10.2 MW environ. Les chaudières sont à faible régime avec 58.4 t/h de vapeur à 2200 t/j du sulfurique. La demande électrique est satisfaite et on peut envoyer 8 MW à la Mine.

5.1.5 Une CP à l'arrêt total

L'usine marche avec deux lignes de concentration, le sulfurique et le 30% étant en régime normal. La puissance appelée est de 12.3 MW dans ce cas. L'appoint de vapeur se situe entre 34.8 t/h à 3000 t/j et 67.9 t/h à 2200 t/j. On peut envoyer 8 MW à la Mine et satisfaire les besoins de la Chimie.

5.1.6 Deux CP en lavage

Nous avons deux lignes de concentration en arrêt lavage. L'usine marche avec une CP, le sulfurique et le 30% étant en régime normal. Le besoin électrique est de 12.2 MW. La production des chaudières (33.8 à 68.9 t/h de vapeur) permet de satisfaire ce besoin et d'envoyer 8 MW à la Mine. Les aérocondenseurs sont utilisés à leurs limites et le condenseur principal est chargé (entre 78 t/h et 86 t/h).

5.1.7 Une CP en lavage et une CP en arrêt

La puissance demandée de 11.74 MW est satisfaite grâce à l'appoint de vapeur (entre 31.8 et 64.9 t/h selon la cadence). Le TAP alimente la Mine à hauteur de 8 MW. Les aérocondenseurs sont utilisés à leurs limites et le condenseur principal est chargé (entre 76 t/h et 84 t/h).

5.1.8 Arrêt sulfurique

La vapeur fatale qui est la source principale d'énergie n'est plus disponible. On exploite les chaudières auxiliaires à leur nominal de 50 t/h chacune. La soufflante et la zone soufre ne sont plus alimentées en vapeur.

La configuration de l'usine dans ce cas est la suivante : deux CP sont en arrêt, l'usine marche avec une CP et le 30% est en régime normal. Une partie des Utilités et de la soufre fonctionnent.

La consommation électrique dans ce cas est de 9.78 MW. Le tableau de l'annexe 3 montre que les besoins électriques de la Chimie sont satisfaits mais la vapeur restante ne peut convenir au TAS qui produit en deçà des 8 MW. Nous avons :

admission du TAS : 48.8 t/h

puissance électrique correspondante : 5.7 MW

Donc dans cette situation de marche l'envoi à la Mine se limite à 5.7 MW.

5.1.9 TAP non disponible

La capacité de production électrique de la Chimie est réduite au seul TAS. Les besoins de la Chimie dépassant 9 MW, l'envoi vers la Mine est arrêté.

Le TAS et la SENELEC sont utilisés vers la Chimie. Donc suivant les cas de marche, le déficit d'énergie électrique est comblé par la SENELEC.

5.1.10 TAS non disponible

La fourniture Chimie vers Mine disparaît laissant un gap de 8 MW à combler à la Mine par la SENELEC. La capacité du TAP reste intacte, mais la configuration évolue avec la suppression de la contre pression du TAS vers le barillet BP.

Nous considérons les trois cas de marche qui sont les plus fréquents : l'usine au nominal, le 30% en lavage ou une CP en lavage ; le sulfurique pouvant marcher à 3000 t/j ou 2700 t/j.

Pour suppléer la contre pression du TA, on fait recours au soutirage du TAP jusqu'à de grands débits (80 t/h) ; le débit à l'admission du TAP augmente en conséquence (87.5 t/h pour le lavage du 30%, le sulfurique étant à 2700 t/j).

Les tableaux présentés à l'annexe 3 montrent les flux de vapeur relatifs à cette situation.

5.2 V1501 ou V1551 non disponible

Une des deux chaudières est indisponible et l'unité marche avec une chaudière dont la capacité peut être poussée à son maximum de 50 t/h. La capacité de production en vapeur HP de l'unité diminue. Cette diminution se fait ressentir au niveau des utilisateurs HP, précisément au niveau des deux turboalternateurs. Ainsi en cas d'insuffisance de vapeur HP, on diminue l'admission du TAS jusqu'à l'annuler et par la suite, on agit sur l'admission du TAP.

Cette situation peut engendrer une diminution de la puissance envoyée à la Mine et même une insuffisance de la puissance produite par le TAP. Les tableaux présentés à l'annexe 4 donnent les débits vapeur pour chaque équipement et nous en déduisons la puissance électrique disponible selon les cas de marche et la cadence du sulfurique.

5.2.1 Usine au nominal

Les tableaux (annexe 4) donnent l'appoint de vapeur par la chaudière auxiliaire, les débits de vapeur résultants à l'admission du TAP et du TAS. A partir de ces valeurs, on utilise les abaques du constructeur pour déterminer les puissances correspondantes débitées par le TAP et le TAS.

Nous obtenons ainsi la puissance qu'il est possible d'acheminer vers la Mine (TAS) et le déficit éventuel de puissance au niveau de la Chimie. Ce déficit peut être résorbé en se couplant avec la SENELEC.

Les besoins en énergie électrique de la Chimie s'élèvent à 13.54 MW environ.

Le tableau 5.1 suivant résume la situation :

cadence sulfurique (t/j)	V1501 ou V1551 (t/h)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	37	65.5	8	59.5	0	13	0.54
2700	50	63	7.6	64.5	10	13	0.54
2600	50	54.5	6.4	69.5	20	13	0.54
2500	50	42.3	4.6	73	30	13	0.54
2200	50	19	1.3	86	60	13	0.54

Tableau 5.1 : V1501 ou V1551 non disponible, usine au nominal : capacité électrique de la Chimie.

Nous avons ainsi un déficit de 0.54 MW au niveau la Chimie. La fourniture Chimie-Mine passe de 8 MW (3000 t/j) à 1.3 MW (2200 t/j).

5.2.2 Le 30% en lavage

La puissance demandée par la Chimie est de 10.98 MW. A partir de l'annexe 4, nous présentons le tableau 5.2 ci dessous :

Cadence sulfurique (t/j)	V1501 ou V1551 (t/h)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	32.8	65.5	8	55.5	10	10.98	0
2700	47.3	65.5	8	55.5	10	10.98	0
2600	50	63.5	7.7	60.5	20	10.98	0
2500	50	49.8	5.75	65.5	30	10.98	0
2200	50	26.5	2.4	78.5	60	10.80	0

Tableau 5.2 : V1501 ou V1551 non disponible, le 30% en lavage : capacité électrique de la Chimie.

Ce tableau montre que la demande au niveau de la Chimie est satisfaite mais l'envoi vers la

mine est irrégulier pour de faibles cadences du sulfurique.

5.2.3 Une CP en lavage

L'appel de puissance est de 12.76 MW à la Chimie. A partir de l'annexe 4 nous présentons le tableau 5.3 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	V1501 ou V1551 (t/h)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	35.8	65.5	8	58.5	0	12.76	0
2700	46.3	65.5	8	58.5	0	12.76	0
2600	49.8	65.5	8	58.5	0	12.76	0
2500	50	56.8	6.7	58.5	0	12.76	0
2200	50	46.6	5.2	58.5	0	12.76	0

Tableau 5.3 : V1501 ou V1551 non disponible, le 30% en lavage : capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que pour des cadences inférieures à 2600 t/j, l'envoi vers la Mine diminue.

L'alimentation au niveau de la Chimie est normale.

5.2.4 Le 30% et une CP en lavage

L'appel de puissance est de 10.92 MW au niveau de la Chimie. Des résultats de l'annexe 4, nous tirons le tableau 5.4 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	V1501 ou V1551 (t/h)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	25.3	65.5	8	48	0	10.2	0
2700	35.8	65.5	8	48	0	10.2	0
2600	39.3	65.5	8	48	0	10.2	0
2500	48.2	65.5	8	48	0	10.2	0
2200	50	57	6.8	48	0	10.2	0

Tableau 5.4 : V1501 ou V1551 non disponible une CP et le 30% en lavage : capacité électrique de la Chimie.

Ce tableau montre que les besoins électriques sont satisfaits à la Chimie.

L'envoi vers la Mine est régulière à 8 MW pour des cadences supérieures à 2200 t/h et chute à 6.8 MW pour 2200 t/j du sulfurique.

5.2.3 Une CP à l'arrêt total

La puissance électrique consommée est de 12.3 MW. A partir de l'annexe 4 nous présentons le tableau 5.5 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	V1501 ou V1551 (t/h)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	34.8	65.5	8	57.5	0	12.3	0
2700	45.3	65.5	8	57.5	0	12.3	0
2600	48.8	65.5	8	57.5	0	12.3	0
2500	50	57.8	6.9	57.5	0	12.3	0
2200	50	47.6	5.4	57.5	0	12.3	0

Tableau 5.5 : V1501 ou V1551 non disponible, une CP à l'arrêt total : capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que pour des cadences inférieures à 2600 t/j, l'envoi vers la Mine est perturbée. L'alimentation au niveau de la Chimie est normale.

5.2.6 Deux CP en lavage

L'appel de puissance est de 12.2 MW au niveau de la Chimie. A partir de l'annexe 4 nous présentons le tableau 5.6 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	V1501 ou V1551 (t/h)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	33.8	65.5	8	56.5	12.2	0	0
2700	44.3	65.5	8	56.5	12.2	0	0
2600	47.8	65.5	8	56.5	12.2	0	0
2500	50	58.8	7.05	56.5	12.2	0	0
2200	50	48.6	5.6	56.5	12.2	0	0

Tableau 5.6 : V1501 ou V1551 non disponible, deux CP en lavage : capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que pour des cadences inférieures à 2600 t/j, l'envoi vers la Mine diminue.

L'alimentation au niveau de la Chimie est normale.

5.2.7 Une CP en lavage et une CP en arrêt

L'appel de puissance est de 11.74 MW à la Chimie. A partir des données de l'annexe 4 nous présentons le tableau 5.7 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	V1501 ou V1551 (t/h)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	31.8	65.5	8	54.5	0	11.74	0
2700	42.3	65.5	8	54.5	0	11.74	0
2600	45.8	65.5	8	54.5	0	11.74	0
2500	50	60.8	7.35	54.5	0	11.74	0
2200	50	50.6	5.9	54.5	0	11.74	0

Tableau 5.7 : V1501 ou V1551 non disponible, une CP en lavage et une CP en arrêt : capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que pour des cadences inférieures à 2600 t/j, l'envoi vers la Mine diminue.

L'alimentation au niveau de la Chimie est normale.

5.3 V1501 et V1551 non disponibles

Les deux chaudières sont hors service. Le déficit de vapeur est plus important car il n'y a que la vapeur fatale pour satisfaire les besoins de l'usine. La capacité de production électrique s'en trouve atteinte et on assiste au possible arrêt du TAS et à des déficits de puissance au niveau de la Chimie.

Nous présentons à l'annexe 5 la configuration du dispatching de vapeur. A partir de ces tableaux, nous déduisons la puissance électrique disponible selon le cas de marche et la cadence du sulfurique en utilisant les abaques du constructeur.

5.3.1 Usine au nominal

L'appel de puissance est de 13.54 MW environ au niveau de la Chimie. A partir de l'annexe 5 nous présentons le tableau 5.8 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	0	0	88.2	70	12.2	1.34
2700	0	0	76.6	70	9.5	4.04
2600	0	0	72	70	8.4	5.14
2500	0	0	65	60	7.7	5.84
2200	0	0	55	50	6.5	7.04

Tableau 5.8: V1501 et V1551 non disponibles, usine au nominal : capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que le TAS ne débite pas de puissance. l'envoi vers la Mine est éliminé.

L'alimentation au niveau de la Chimie est insuffisante. On note des déficits de puissance qui atteignent 7 MW pour la Chimie, ce qui représente le seuil de déclenchement de la protection pour le couplage avec la SENELEC. Donc il faudra procéder à des délestages au niveau des

ateliers pour pouvoir contenir l'appel de puissance lorsque le sulfurique est à 2200 t/j.

5.3.2 Le 30% en lavage

L'appel de puissance est de 10.98 MW environ au niveau de la Chimie. A partir de l'annexe 5 nous présentons le tableau 5.9 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	0	0	82.5	70	10.98	0
2700	0	0	71	70	8.2	2.78
2600	0	0	74	70	9	1.98
2500	0	0	65	60	7.2	3.78
2200	0	0	54	50	6.2	4.78

Tableau 5.9 : V1501 et V1551 non disponibles, le 30% en lavage: capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que le TAS ne peut plus alimenter la Chimie. La chimie connaît des déficits de puissance qui atteignent 4.78 MW (à 2200 t/j).

5.3.3 Une CP en lavage

L'appel de puissance est de 12.76 MW environ au niveau de la Chimie. A partir de l'annexe 5 nous présentons le tableau 5.10 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	19	1.3	68.5	20	12.76	0
2700	0	0	76.5	40	12.7	0.06
2600	0	0	72	40	11	1.16
2500	0	0	65.3	40	10	2.76
2200	0	0	55	40	6.5	6.26

Tableau 5.10 : V1501 et V1551 non disponibles, une CP en lavage : capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que le TAS ne peut plus alimenter la Chimie sauf si la cadence du sulfurique est de 3000 t/j (1.3 MW). La chimie connaît des déficits de puissance qui atteignent 6.26 MW (à 2200 t/j du sulfurique).

5.3.4 Une CP et le 30% en lavage

L'appel de puissance est de 10.2 MW environ au niveau de la Chimie. A partir de l'annexe 5 nous présentons le tableau 5.11 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	36	3.75	52	10	10.2	0
2700	11	—	66.5	40	10.2	0
2600	0	0	70.5	50	10.2	0
2500	0	0	65.3	50	9	1.2
2200	0	0	54	50	6.2	4

Tableau 5.11 : V1501 et V1551 non disponibles, une CP et le 30% en lavage : capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que le TAS ne peut plus alimenter la Chimie sauf si la cadence du sulfurique est de 3000 t/j (3.75 MW). La chimie connaît des déficits de puissance qui

atteignent 4 MW (à 2200 t/j du sulfurique).

Le débit disponible à l'admission du TAS (11 t/h, sulfurique à 2700 t/j) ne permet pas de fournir de la puissance : il sera acheminé vers la PV1504 pour alimenter le barillet BP.

5.3.5 Une CP à l'arrêt total

L'appel de puissance est de 12.3 MW environ au niveau de la Chimie. A partir de l'annexe 5 nous présentons le tableau 5.12 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	souirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	25.5	2.25	62.5	10	12.3	0
2700	0	0	75.5	40	12.3	0
2600	0	0	72	40	11.6	0.7
2500	0	0	65.3	40	10	2.3
2200	0	0	51	40	7.7	4.6

Tableau 5.12 : V1501 et V1551 non disponibles, une CP à l'arrêt total : capacité électrique de la Chimie.

Le TAS peut fournir 2.25 MW environ à la Mine lorsque le sulfurique est à 3000 t/j. En deçà de 3000 t/j l'alimentation est suspendue.

La Chimie connaît des manques d'énergie électrique pour des cadences inférieures à 2600 t/j.

5.3.6 Deux CP en lavage

L'appel de puissance est de 12.2 MW environ au niveau de la Chimie. A partir de l'annexe 5 nous présentons le tableau 5.13 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	31.6	3.1	56.5	0	12.2	0
2700	21.1	1.6	56.5	0	12.2	0
2600	17.5	1	56.5	0	12.2	0
2500	8.8	—	56.5	0	12.2	0
2200	0	0	56.5	0	11.9	0.3

Tableau 5.13 : V1501 et V1551 non disponibles, deux CP en lavage : capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que les besoins électriques de la Chimie sont satisfaits. L'alimentation de la Mine est irrégulière selon la cadence et s'annule même pour des cadence en deçà de 2500 (t/j).

5.3.7 Une CP en lavage et une CP à l'arrêt

L'appel de puissance est de 11.74 MW environ au niveau de la Chimie. A partir de l'annexe 5 nous présentons le tableau 5.14 suivant :

cadence sulfurique (t/j)	débit admission TAS (t/h)	Puissance débitée TAS (MW)	débit admission TAP (t/h)	soutirage du TAP (t/h)	Puissance débitée TAP (MW)	déficit de puissance (MW)
3000	33.7	3.45	54.5	0	11.74	0
2700	23	1.8	54.5	0	11.74	0
2600	19.6	1.4	54.5	0	11.74	0
2500	10.8	—	54.5	0	11.74	0
2200	0	0	54.5	0	11.74	0

Tableau 5.14 : V1501 et V1551 non disponibles, une CP en lavage et une CP à l'arrêt : capacité électrique de la Chimie.

Le tableau montre que les besoins électriques de la Chimie sont satisfaits. L'alimentation de la Mine est irrégulière selon la cadence et s'annule même pour des cadence en deçà de 2500 (t/j).

Chapitre 6 : Etude Economique

L'évaluation économique met en exergue la rentabilité ou non d'un projet. Dans notre cas, nous avons un projet dont la rentabilité s'est avérée et l'autonomie électrique qu'il confère aux ICS reflète sa pertinence. Cette présente étude de coûts a pour objectif de quantifier les économies engendrées par la mise en œuvre du projet.

Le « Projet Energie » est financé par la Caisse Française de Développement (CFD) et sa réalisation s'est effectuée sous deux rubriques que sont :

- les prestations et fournitures d'origine française pour un coût global de 1.903.000.000 FCFA.
- les prestations et fournitures d'origine locale pour un coût global de 397.000.000 FCFA.

Ce qui donne un investissement global I à l'initiation du projet de 2.300.000.000 FCFA.

Les coûts de fonctionnement liés au projet sont réduits à la consommation de fuel par les chaudières auxiliaires pour produire la vapeur supplémentaire. En première approximation toute cette quantité de vapeur est imputée au « Projet Energie ». Cette hypothèse est pessimiste pour le projet car ce n'est pas toujours le cas (faibles cadences du sulfurique).

D'après les données recueillies auprès de la production, nous avons :

- La consommation spécifique de fuel est de 0.08 tonne de fuel par tonne de vapeur produite.
- Le coût moyen du fuel lourd à la livraison à l'usine est de 62.699 FCFA la tonne.

La configuration du réseau vapeur suivant les différents cas de marche donne l'appoint de vapeur éventuel par les chaudières auxiliaires. Cette quantité rapportée au tonnage de fuel nous donne le coût direct de production d'énergie électrique.

Le tableau 6.2 donne la fraction horaire pendant le mois, de réalisation d'un événement (cas de marche).

Les événements considérés sont : le lavage du 30%, le lavage d'une ligne de concentration, le lavage du 30% et d'une ligne de concentration, la marche de l'usine au nominal. Ils sont associés à la cadence de marche spécifiée de façon journalière du sulfurique (2200,2500,2600,2700,3000 t/j).

Pour établir ce tableau nous avons rassemblés les débits vapeur produits par les chaudières auxiliaires suivant les cas de marche ciblés. Les valeurs sont données au tableau 6.1 ci-dessous :

cadence (t/j)	usine au nominal (t/h)	lavage 30% (t/j)	lavage ICP (t/j)	lavage (ICP+30%) (t/j)
3000	37.01	32.81	35.81	25.31
2700	52.33	47.35	46.33	35.83
2600	55.82	51.82	49.82	39.32
2500	62.7	57.77	58.68	48.18
2200	74.88	70.88	69	58.38

Tableau 6.1 : Production de vapeur des chaudières auxiliaires

Pour chaque case du tableau 6.2 correspondant à une cadence donné, on fait la somme des produits (débit vapeur)*(fraction horaire) pour les événements qui sont réalisés dans la journée. La fraction horaire à considérer pour le lavage 30% et le lavage ICP est celle obtenue après soustraction du nombre d'heures pour le cas lavage (30%+ICP).

PROGRAMME DE PRODUCTION
MENSUEL : JUILLET 1999

Jour.	Nombre d'heures de réalisation de l'événement				Consommation de fuel journalière suivant la cadence (t/j)					
	Lavage 30%	Lavage 1CP	Lavage 30%+1 CP	Usine au nominal	3000 t/j	2700 t/j	2600 t/j	2500 t/j	2200 t/j	Cadence du jour (t/j)
1	12	14	10	8	61	85	91	107	128	107
2	0	14	0	10	70	94	100	116	137	116
3	2	24	2	0	67	87	94	111	131	94
4	0	0	0	24	71	100	107	120	144	107
5	2	0	0	22	70	100	107	120	143	107
6	5	0	0	19	69	98	106	118	142	98
7	0	14	0	10	70	94	100	116	137	94
8	6	0	0	18	69	98	105	118	142	98
9	0	14	0	10	70	94	100	116	137	94
10	2	0	0	22	70	100	107	120	143	100
11	0	0	0	24	71	100	107	120	144	100
12	2	14	0	8	69	93	100	115	137	93
13	5	0	0	19	69	98	106	118	142	98
14	0	14	0	10	70	94	100	116	137	94
15	6	0	0	18	69	98	105	118	142	98
16	0	14	0	10	70	94	100	116	137	94
17	2	0	0	22	70	100	107	120	143	70
18	0	0	0	24	71	100	107	120	144	71
19	2	14	0	8	69	93	100	115	137	69
20	5	0	0	19	69	98	106	118	142	69
21	0	14	0	10	70	94	100	116	137	70
22	6	0	0	18	69	98	105	118	142	69
23	0	14	0	10	70	94	100	116	137	70
24	2	0	0	22	70	100	107	120	143	70
25	0	0	0	24	71	100	107	120	144	71
26	2	14	0	8	69	93	100	115	137	69
27	10	0	0	14	68	96	104	116	141	68
28	0	14	0	10	70	94	100	116	137	70
29	2	0	0	22	70	100	107	120	143	70
30	0	14	0	10	70	94	100	116	137	70
31	2	0	0	22	70	100	107	120	143	70
Total	2152	2981	3193	3630	4330	2638				

Tableau 6.2 : Programme de consommation mensuel de fuel : juillet 99

A titre d'exemple nous avons pour la première ligne :

consommation de fuel à 3000 t/j = $37.01 \cdot 8 + 32.81 \cdot (12-10) + 35.81 \cdot (14-10) + 25.31 \cdot 10 = 61$
t/j.

En considérant le programme de production du mois de juillet 99 nous avons déterminé la consommation de fuel journalière suivant la cadence du jour et nous obtenons après intégration :

consommation de fuel : 2638 tonnes de fuel par mois.

Le coût résultant est de $2638 \cdot 62699 = 165\,399\,962$ FCFA/mois

soit 5 335 482 FCFA/jour

ou encore 1 947 451 165 FCFA/an

Nous avons déterminé ainsi les coûts induits par le « Projet Energie ». Pour une option sans le projet les coûts se résument à la facture d'électricité de la SENELEC. Nous avons les valeurs suivantes données par la Mine :

Coût moyen de l'énergie électrique de la SENELEC : 41.5 FCFA/KWH

Pour une puissance de 8 MW, il s'élève à : 332 000 FCFA/heure

soit : 7 968 000 FCFA/jour

ou encore : 2 908 320 000 FCFA/an

Les situations avec ou sans le projet sont donc définies, en terme de coûts. On procède maintenant à une étude de rentabilité.

Nous avons utilisés trois critères d'évaluation de projet : le délai de recouvrement, le taux de rendement interne et le coût annuel équivalent.

■ Le délai de recouvrement (DRC)

C'est la durée requise pour récupérer l'argent investi dans un projet. Nous avons :

$$DRC = \frac{\text{déboursés requis par l'investissement}}{\text{encaissements annuels nets}}$$

Si l'on considère les économies annuels de 960 868 834 FCFA comme des encaissements,

$$\text{alors } DRC = \frac{2300000000}{960868834} = 2.39 \text{ ans}$$

soit $DRC = 2 \text{ ans } 4 \text{ mois et } 20 \text{ jours}$

nous voyons que le délai de recouvrement de l'investissement sur le projet est acceptable.

Cependant cette méthode n'est pas une mesure de rentabilité. Elle ne tient pas compte des cash flow occasionnés par le projet au delà de la période de récupération. Nous faisons appel ainsi à un autre critère :

■ Le taux de rendement interne (TRI)

C'est le pourcentage gagné sur le montant de capital investi pour chacune des années de la durée du projet après avoir tenu compte du remboursement du montant originalement investi.

Nous avons la formule de la valeur actuelle d'une annuité :

$$L = R * \left[\frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right]$$

avec L : investissement actualisé = 2 300 000 000 FCFA

R : encaissements ou économies annuels nets découlant du projet

n : durée du projet estimée à 15 ans

i : taux de rendement du projet

nous avons donc :

$$\frac{1 - (1+i)^{-15}}{i} = \frac{2300000000}{960868834} = 2.39$$

d'où le taux de rendement interne : $i = 41.5\%$

si l'on compare ce taux avec le taux de rendement minimum exigé par l'entreprise qui est estimé à 13%, on conclue que ce projet est rentable avec une bonne productivité.

L'hypothèse qui consiste à considérer les économies annuelles comme des bénéfices ou des recettes n'est pas pratique. Nous utilisons un autre critère plus adapté pour étudier les projets de remplacement :

■ Le coût annuel équivalent (CAE)

C'est le montant annuel qui provient de la conversion d'un déboursé d'investissement et de sa valeur résiduelle en une annuité qui répartit ces montants d'argent sur toute la durée du projet et de l'addition à celle-ci des coûts annuels d'exploitation.

Il s'exprime :

$$CAE = \frac{I_0 - C_r * \left[\frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right]}{\frac{1 - (1-i)^{-n}}{i}}$$

avec I_0 : investissement net

C_r : coût annuel constant induit par l'investissement

i : taux de rendement minimum acceptable = 13%

- pour le « Projet Energie »

La valeur résiduelle est nulle alors $I_0 = I = 2\,300\,000\,000$ FCFA

$C_r = 1\,947\,451\,165$ FCFA an

durée de vie $n = 15$ ans

alors

$$CAE = \frac{2300000000 - 1947451165 * 6.462}{6.462}$$

$$= 2\,305\,357\,258 \text{ FCFA}$$

- pour l'option SENELEC

$$CAE = C_r = 2\,908\,320\,000 \text{ FCFA}$$

Le projet a un coût annuel équivalent inférieur à celui de l'option SENELEC, donc il est judicieux de le réaliser.

Conclusion et recommandations

La situation énergétique du Sénégal est des plus instable. La SENELEC n'arrive pas à fournir l'appel de puissance global au niveau du pays. Toute dépendance vis à vis de celle-ci, surtout au niveau industriel conduit à une baisse de productivité. C'est pourquoi les Industries Chimiques du Sénégal (ICS) ont initié le « Projet Energie » pour rendre aussi bien la Chimie que la Mine indépendant du réseau SENELEC.

La présente étude a permis de déterminer les conditions d'exploitation optimale du système de production d'électricité combinée (locale et SENELEC) en adéquation avec chacun des cas de marche prévus au niveau de la Chimie.

Le bilan électrique a permis de reconsidérer la consommation électrique au niveau de la Chimie. Elle passe d'un maximum de 12 MW avant le projet à 13.54 MW environ en marche normale.

L'évaluation des capacités de production électrique a permis de dégager à travers le bilan vapeur certaines conclusions. Elles sont afférentes à une indisponibilité de l'une ou des deux chaudières auxiliaires combinée à une faible cadence du sulfurique (2200 à 2500 t/j). Ces situations sont à éviter au risque de ne pas fournir l'intégralité des 8 MW à la Mine et même d'avoir des déficits électriques au niveau de la Chimie.

Ce projet étant très rentable pour l'usine (TRI de 41.5%), il faudra veiller à sa bonne exécution. En cela nous dégagons un certain nombre de recommandations en vue d'une gestion économique et optimale de l'énergie et de favoriser sa disponibilité. Nous suggérons :

- d'utiliser le soutirage du TAS,
- de veiller à l'entretien des chaudières auxiliaires pour éviter une indisponibilité simultanée des deux chaudières.
- de reconsidérer la marche du Booster pour des cadences inférieures à 2600 t/j selon que

l'on a un besoin en vapeur ou en électricité,

- d'être vigilant dans l'entretien en évitant les cas d'arrêts combinés au niveau des installations (30% concentration),
- de procéder à des délestages des non prioritaires à définir, en cas de déficit d'énergie électrique,
- de ne procéder au nettoyage du condenseur principal qu'aux périodes où la vapeur à condenser n'excède pas 50 t/h (lavage 30%),

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Documentation ICS

- Notes de cours de Thermo 321, EPT 1997

- Frank KREITH. Transmission de chaleur

- Robert POSITELLO. La vapeur d'eau industrielle

- Notes de cours Fin 421, EPT 1998

- Lucien VITRIER. Turbines à vapeur et à gaz

- Babacar FALL et Cissé D. BITEYE, Diagnostic du réseau vapeur des ICS , EPT 1995

ANNEXE 1

DETAILS DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES DE LA CHIMIE

30%

CONCENTRATION

SULFURIQUE

UTILITES

NOUVEAUX EQUIPEMENTS

**CONSOMMATIONS ELECTRIQUES
ATELIER PHOSPHORIQUE DU 30%**

fonctions	sections	Equipements	Puis.inst.	Nominal usine	Lavage 30%
Agitateur délitage	Section2222	A2908	55,00	46,75	46,75
		A2910	160,00	144,00	144,00
Agitateurs centraux	Section2222	A2112	315,00	283,50	0,00
		A2112-1	3,00	2,25	2,25
		A2112-2	3,00	2,25	0,00
		A2812	315,00	283,50	0,00
		A2812-1	3,00	2,25	2,25
		A2812-2	3,00	2,25	0,00
Agitateurs périphériques	Section2222	A2113C	22,00	18,70	0,00
		A2113D	22,00	18,70	0,00
		A2113E	22,00	18,70	0,00
		A2113H	22,00	18,70	0,00
		A2114A	22,00	18,70	0,00
		A2114B	22,00	18,70	0,00
		A2114C	22,00	18,70	0,00
		A2114D	22,00	18,70	0,00
		A2813A	22,00	18,70	0,00
		A2813B	22,00	18,70	0,00
		A2813C	22,00	18,70	0,00
		A2813D	22,00	18,70	0,00
		A2813E	22,00	18,70	0,00
		A2813F	22,00	18,70	0,00
		A2813G	22,00	18,70	0,00
		A2813H	22,00	18,70	0,00
		A2814A	22,00	18,70	0,00
		A2814B	22,00	18,70	0,00
		A2814C	22,00	18,70	0,00
		A2814D	22,00	18,70	0,00
Filtre	Section 2223	S2207-1	7,50	5,63	5,63
		S2207-2	110,00	99,00	0,00
Pompes à filtrats	Section 2223	A2150	2,20	1,65	1,65
		P2139	15,00	11,25	11,25
		P2141A	110,00	99,00	99,00
		P2141B	75,00	63,75	0,00
		P2144	15,00	11,25	8,49
		P2145	18,50	13,88	10,47
		P2147	22,00	18,70	14,11
		P2148	37,00	31,45	23,74
		P2151	15,00	11,25	11,25
		P2156	22,00	18,70	14,11
		P2213	75,00	63,75	63,75
		P2215	45,00	38,25	38,25
		P2218	11,00	8,25	0,00
		P2244	7,50	5,63	4,25
		P2245	7,50	5,63	4,25
		P2247	15,00	11,25	8,49
		P2248	18,50	13,88	10,47
		P2256	15,00	11,25	8,49
		P2839	15,00	11,25	11,25
		S 2131-2	30,00	25,50	0,00
S2131-1	13,00	9,75	9,75		

Pompes à pulpes	Section2222	P2110	45,00	38,25	28,87
		P2115	75,00	63,75	48,11
		P2121	45,00	38,25	0,00
		P2810	45,00	38,25	28,87
		P2815	75,00	63,75	48,11
		P2821	45,00	38,25	0,00
pompes à vide	Section 2223	C2132	7,50	5,63	0,00
		C2137	200,00	180,00	180,00
		C2212	90,00	81,00	81,00
Tapis gypse	Section 2522	T2201	3,00	2,25	0,00
		T2202	5,50	4,13	0,00
		T2601	4,00	3,00	0,00
		T2604	18,50	13,88	0,00
		T2605	22,00	18,70	0,00
	Section 2523	T6242	7,50	5,63	0,00
		T6243	132,00	118,80	0,00
		T6244	11,00	8,25	0,00
		T6245	15,00	11,25	0,00
		T6247	22,00	18,70	0,00
Tapis phosphate	Section 2512	T6201	18,50	13,88	10,41
		T6202	37,00	31,45	23,59
		T6203	5,50	4,13	3,09
		T6205	37,00	31,45	23,59
		T6207	11,00	8,25	6,19
	Section2222	T2903	22,00	18,70	0,00
		T2906	15,00	11,25	0,00
		T6210	18,50	13,88	0,00
		T6212	18,50	13,88	0,00
		T6213	18,50	13,88	0,00
		T6214	15,00	11,25	0,00
		Z2905-1	3,50	2,63	0,00
		Z2905-2	3,50	2,63	0,00
Ventil d'assainissement	Section2222	C2118	520,00	468,00	0,00
		C2818	520,00	468,00	0,00
Total			4130,20	3595,55	1035,72

**CONSUMMATIONS ELECTRIQUES
CONCENTRATION PHOSPHORIQUE**

fonctions	sections	Equipements	Puis.inst.	Nominal usin	Lavage 1CP	Lavage 2CP	Arrêt total 1CP	Arrêt sulfurique		
Chargmt acide	Section 2563	A6101	2,20	1,65	1,65	25,50	25,50	25,50		
		P2421A	90,00	81,00	81,00	31,45	31,45	31,45		
		P2421B	90,00	81,00	81,00	25,50	25,50	25,50		
		P6102	30,00	25,50	25,50	46,75	46,75	46,75		
Concentration	Section 2224	P2304A	315,00	283,50	171,82	0,00	0,00	0,00		
		P2304B	315,00	283,50	171,82	1,65	1,65	1,65		
		P2304C	315,00	283,50	283,50	0,00	46,75	0,00		
		P2304D	315,00	283,50	283,50	0,00	46,75	0,00		
		P2306A	37,00	31,45	31,45	0,00	46,75	0,00		
		P2306B	37,00	31,45	31,45	46,75	46,75	46,75		
		P2308A	30,00	25,50	0,00	46,75	46,75	46,75		
		P2308B	30,00	25,50	25,50	46,75	46,75	46,75		
		P2308C	30,00	0	0,00	46,75	46,75	46,75		
		P2309A	3,00	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00		
		P2309B	3,00	2,25	2,25	13,88	13,88	13,88		
		P2313A	4,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		P2313B	4,00	3,00	3,00	13,88	13,88	13,88		
		P2314A	4,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00		
P2314B	4,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00				
Réfrigération	Section 2225	C2503A	55,00	46,75	46,75	13,88	13,88	13,88		
		C2503B	55,00	46,75	46,75	0,00	0,00	0,00		
		C2503C	55,00	46,75	46,75	13,88	13,88	13,88		
		C2503D	55,00	46,75	46,75	0,00	0,00	0,00		
		C2503E	55,00	46,75	46,75	31,45	31,45	31,45		
		C2503F	55,00	46,75	46,75	31,45	31,45	31,45		
		C2503G	55,00	46,75	46,75	0,00	0,00	0,00		
		C2506	7,50	5,63	0,00	46,75	46,75	46,75		
		P2502A	160,00	144,00	87,27	28,33	0,00	28,33		
		P2502B	160,00	144,00	144,00	46,75	46,75	46,75		
		P2502C	160,00	144,00	144,00	171,82	0,00	171,82		
		P2505A	315,00	283,50	0,00	171,82	0,00	171,82		
		P2505B	315,00	283,50	283,50	171,82	283,50	171,82		
		P2505C	315,00	283,50	283,50	283,50	283,50	283,50		
		Stockage acide	Section 2551	A2432	11,00	9,25	0,00	31,45	31,45	31,45
				P2168A	18,50	13,88	13,88	31,45	31,45	31,45
P2168B	18,50			13,88	0,00	0,00	0,00	0,00		
P2168C	18,50			13,88	0,00	0,00	25,50	0,00		
P2178A	18,50			13,88	13,88	0,00	0,00	0,00		
P2178B	18,50			13,88	0,00	0,00	0,00	0,00		
P2426	18,50			13,88	13,88	2,25	2,25	2,25		
P2433	11,00			9,25	8,25	0,00	0,00	0,00		
Section 2552	A2163			30,00	25,50	25,50	3,00	3,00	3,00	
	P2166A			18,50	13,88	13,88	0,00	3,00	0,00	
	P2166B		18,50	13,88	0,00	3,00	3,00	3,00		
	P2176A		18,50	13,88	13,88	18,70	18,70	18,70		
	P2176B		18,50	13,88	0,00	18,70	18,70	18,70		
	S2165		1,10	0,83	0,83	18,70	18,70	18,70		
Section 2553	A2205		37,00	31,45	31,45	0,00	0,00	0,00		
	A2403		30,00	25,50	25,50	81,00	81,00	81,00		
	P2206A		55,00	46,75	0,00	81,00	81,00	81,00		
	P2206B		55,00	46,75	46,75	13,88	13,88	13,88		
	P2301A		55,00	46,75	28,33	8,25	8,25	8,25		
	P2301B		55,00	46,75	46,75	13,88	13,88	13,88		
	S2175		1,10	0,83	0,83	13,88	13,88	13,88		
	S2445-1		1,10	0,83	0,83	18,70	18,70	18,70		
	S2445-2		1,10	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Section 2554		A2413	55,00	46,75	46,75	87,27	0,00	87,27	
P2202A			37,00	31,45	31,45	144,00	144,00	144,00		
P2202B			37,00	31,45	31,45	144,00	144,00	144,00		
P2416A			22,00	18,70	18,70	0,00	0,00	0,00		
P2416B			22,00	18,70	18,70	0,00	283,50	0,00		
P2417A			22,00	18,70	18,70	283,50	283,50	283,50		
P2417B			22,00	18,70	0,00	25,50	25,50	25,50		
P2446A			18,50	13,88	13,88	0,83	0,83	0,83		
P2446B			18,50	13,88	13,88	0,83	0,83	0,83		
P2447A			22,00	18,70	18,70	0,83	0,83	0,83		
P2447B			22,00	18,70	0,00	0,00	0,00	0,00		
S2415-1		1,10	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83			
S2415-2		1,10	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00			
Total				4304,30	3743,18	2966,37	2402,44	2507,13	2402,44	

- CONSOMMATIONS ELECTRIQUES
SULFURIQUE ET UTILITES

fonctions	sections	Equipements	Puis,inst,	Nominal usine	Arrêt sulfurique
air comprimée	section 1900	C1901 a,b,c	330,00	99,00	99,00
Circuit acide	section 1400	C 1402	0,00	0,00	0,00
		C1452	1300,00	0,00	0,00
		H 1403	0,00	0,00	0,00
		P 1470 a,b	37,00	27,75	0,00
		P1403 1,2,3	33,00	16,50	8,25
		P1407	180,00	162,00	0,00
		P1411-a,b	320,00	288,00	0,00
		P1413	18,50	13,88	13,88
		P1419 1,2	37,00	13,88	13,88
		P1420 a,b,c	55,50	41,63	27,75
		P1422	110,00	99,00	99,00
		P1424	11,00	8,25	0,00
Démignée	section 1600	A 16242	0,00	0,00	0,00
		C1609	7,50	5,63	5,63
		P 16243 a,b	0,00	0,00	0,00
		P 1628 a,b	6,00	4,50	4,50
		P 1629 a,b	8,00	3,00	3,00
		P1606 a,b	15,00	5,63	5,63
		P1614 a,b	22,00	8,25	8,25
		S 1608	0,00	0,00	0,00
Eau alimentaire e	section 1700	A 17062	0,00	0,00	0,00
		A 17072	0,00	0,00	0,00
		P 17063 a,b	0,00	0,00	0,00
		P 17073 a,b	0,00	0,00	0,00
		P1702 a,b,c	45,00	22,50	11,25
		P1704 a,b,c	750,00	450,00	450,00
		P1708 a,b	60,00	25,50	25,50
		V1751 1,2	60,00	51,00	51,00
Eau brute	section 1800	A 18072	0,00	0,00	0,00
		P 18073 a	0,00	0,00	0,00
		P1809 a,b,c	165,00	93,50	93,50
		P1811	15,00	11,25	11,25
Fusion filtration s	section 1100	A 1106 a,b	74,00	62,90	62,90
		A 1110 a,b,c	16,50	12,38	12,38
		A 1110 d,e,f	16,50	12,38	12,38
		A 1156	37,00	31,45	31,45
		P1111-a,b	22,00	8,25	0,00
		P1114-a,b	66,00	28,05	0,00
		P1161-a,b	37,00	13,88	0,00
		P1164 a,b	74,00	31,45	0,00
		T 1102	5,50	4,13	0,00
		T 1152	5,50	4,13	0,00
Réfrigération lot1	section 1800	C1802 a,b,c	480,00	432,00	288,00
		P1803 a,b,c,d	1000,00	900,00	450,00
Turboalternateur	section 1500	C1504.1	130,00	117,00	117,00
		C1504.3	11,00	8,25	8,25
		P15022 a,b	15,00	5,63	5,63
		P15184	0,00	0,00	0,00
		P1520	22,00	18,70	18,70
		P1521	0,00	0,00	0,00
		P1523 a,b,c	45,00	22,50	22,50
		P1546	22,00	18,70	18,70
		vireur TAP	7,50	5,63	5,63
Total			5672,00	3188,00	1984,75

**CONSOMMATIONS ELECTRIQUES
NOUVEAUX EQUIPEMENTS**

fonctions	sections	Equipements	Puis,inst,	Nominal usine	Arrêt sulfurique
Avant dégoulotage	3000T	C1802D	180	162	0
		DP1451AB	100	90	0
	Ameliorations	C1951	200	180	180
		SURPRESS	10	7,5	7,5
	CPC	P2301C	45	38,25	38,25
		P2304E	355	319,5	319,5
		P2306C	30	25,5	25,5
		P2308D	30	25,5	25,5
		P2309C	7,5	5,625	5,625
		P2313C	11	8,25	8,25
		P2505	315	283,5	283,5
PROJ ENERGIE	DEMINEE	30	25,5	25,5	
Somme Avant dégoulotage			1313,5	1171,125	919,125
Dégoulotage	3000T	BOOSTER	450	405	0
		P1803	250	225	0
	PROJ ENERGIE	NVL AERO	88	79,2	79,2
		NVL BACHE	30	25,5	25,5
		P1704D	250	225	225
		V1551	170	153	153
Somme Dégoulotage			1238	1112,7	482,7
Long terme	CPC	C2503H	55	46,75	46,75
		P2502D	160	144	144
		P2505D	315	283,5	283,5
		P2505E	315	283,5	283,5
	ICS2	ICS2	1300	1105	1105
SCHLAMMS	SCHL	1000	850	850	
Somme Long terme			3145	2712,75	2712,75
Total			5696,5	4996,575	4114,575

ANNEXE 2

ABAQUES DE PUISSANCE

TURBOALTERNATEUR PRINCIPAL

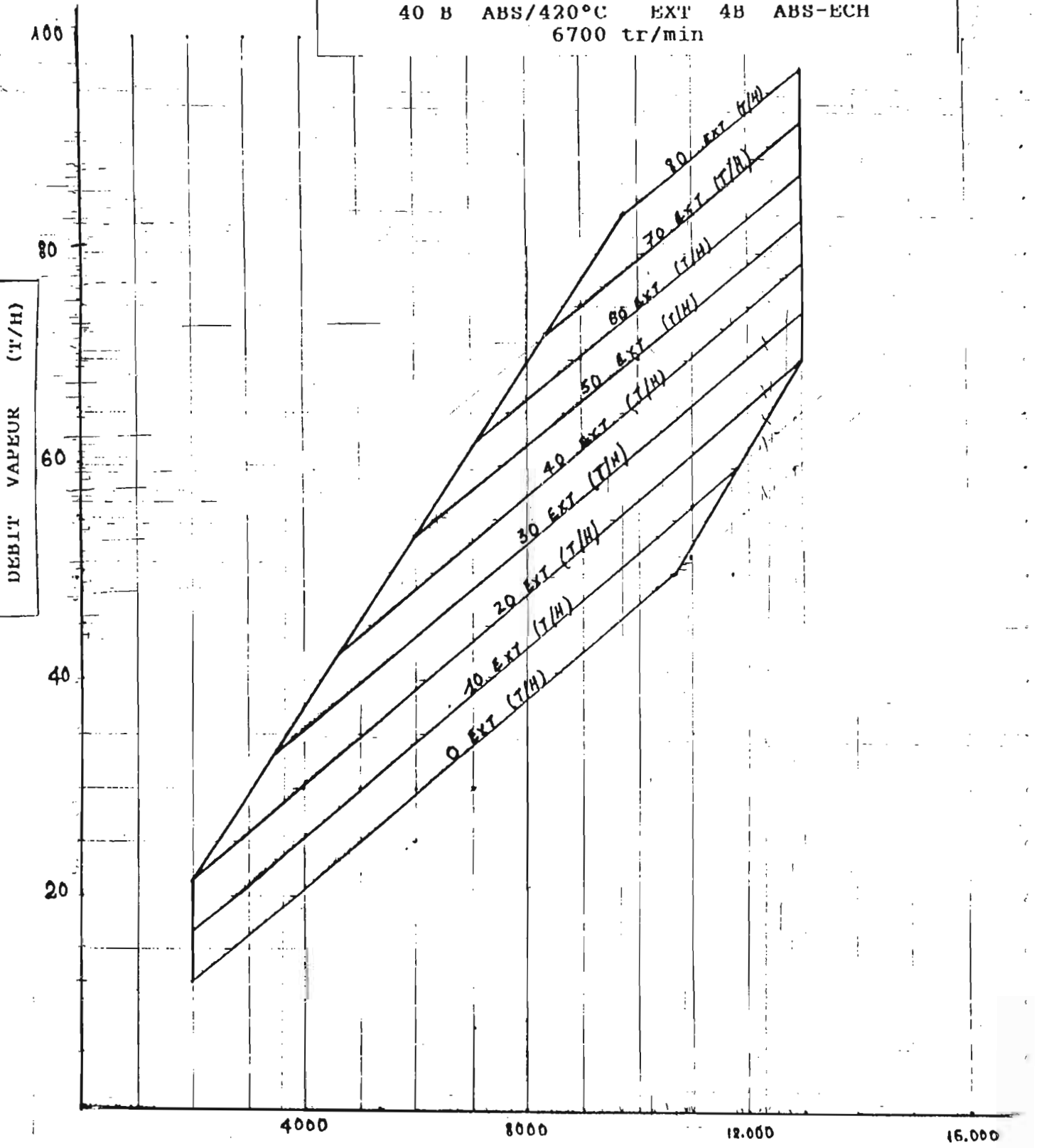
TURBOALTERNATEUR SECONDAIRE

TURBOSOUFFLANTE

Abaque de puissance

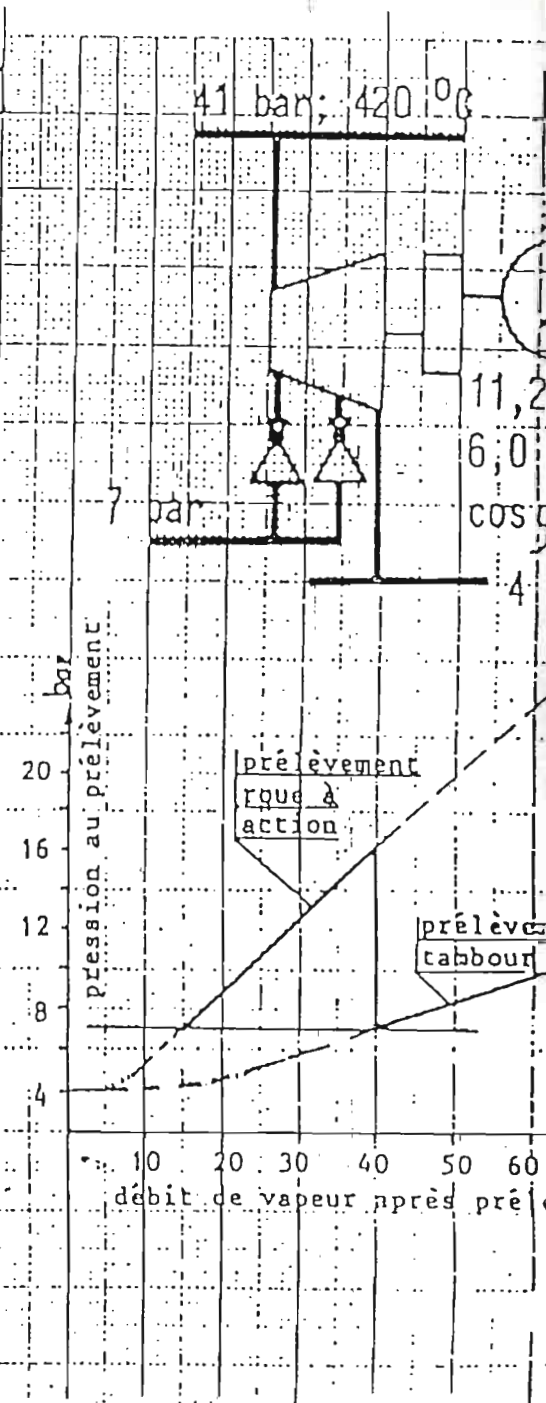
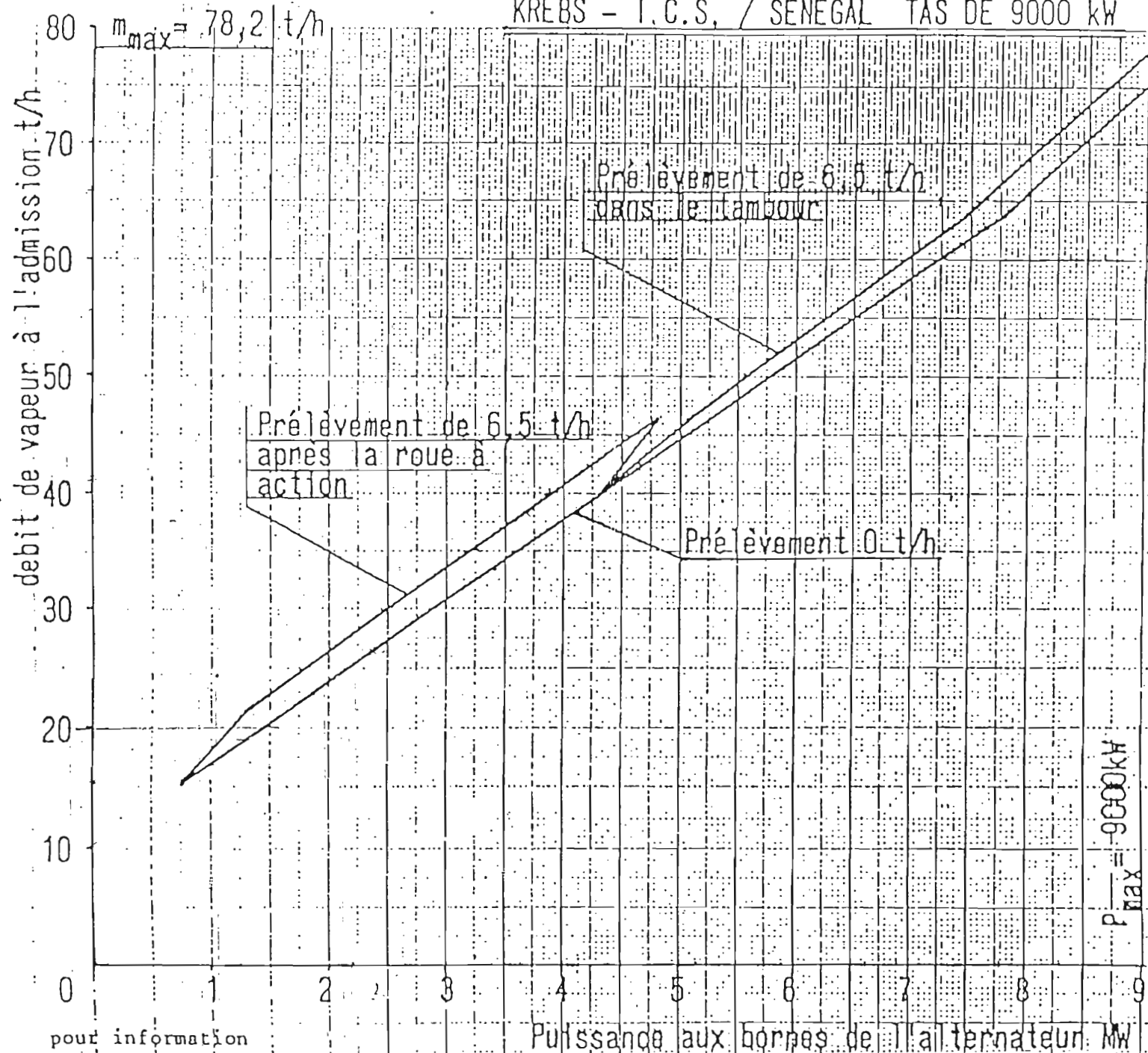
KREBS SENEGAL TURBINE 1T Q3B1DF0T2

40 B ABS/420°C EXT 4B ABS-ECH
6700 tr/min



Puissance Alternateur (KW)

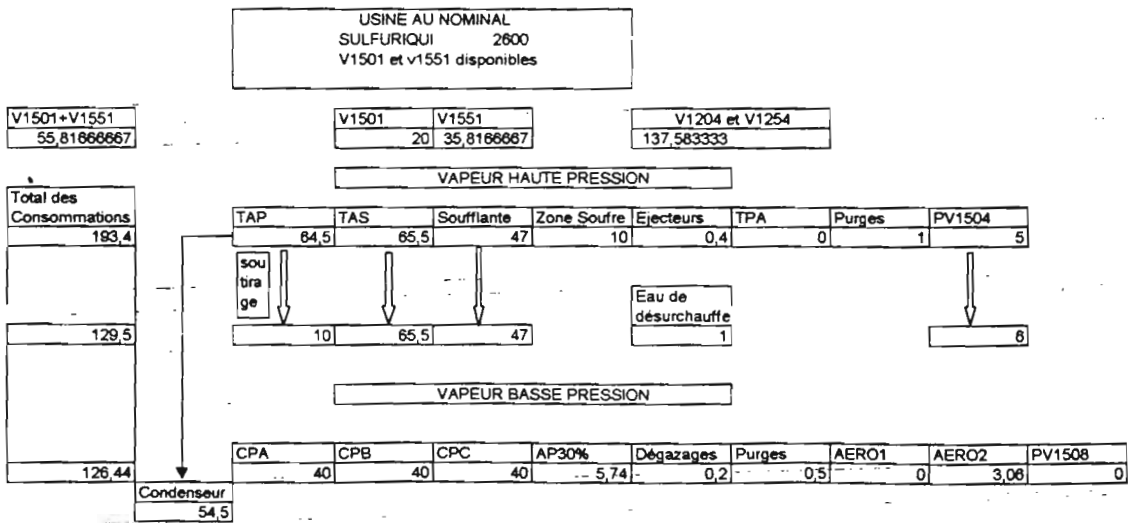
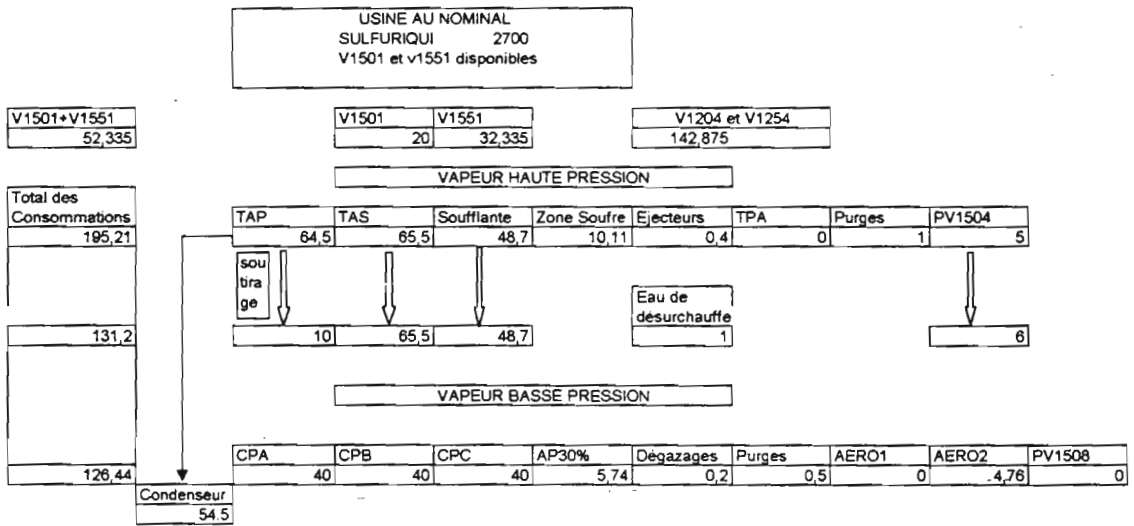
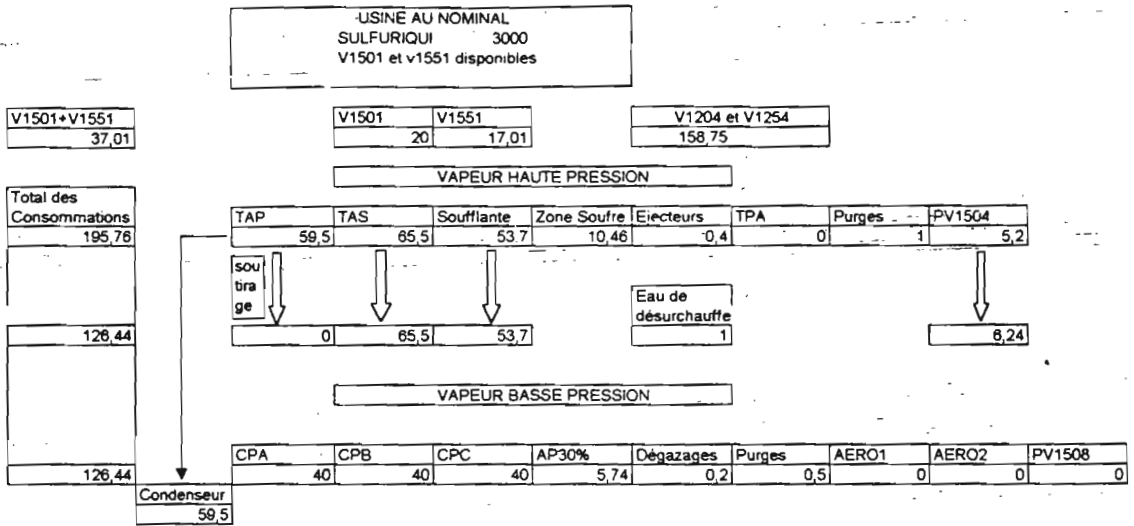
KREBS - I.C.S. / SENEGAL TAS DE 9000 kW



ANNEXE 3

CONFIGURATION DU DISPATCHING DE VAPEUR

V1501 et V1551 DISPONIBLES



USINE AU NOMINAL
SULFURIQUE 2500
V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
62,67833333

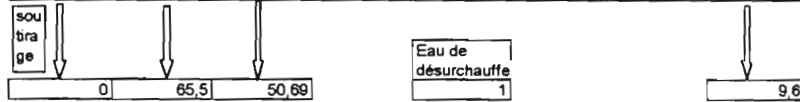
V1501 V1551
20 42,67833333

V1204 et V1254
132,291667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des
Consommations
184,97

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
59,5	65,5	50,69	9,88	0,4	0	1	8



VAPEUR BASSE PRESSION

126,44

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
40	40	40	5,74	0,2	0,5	0	0,35	0

Condenseur
59,5

USINE AU NOMINAL
SULFURIQUE 2200
V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
74,88333333

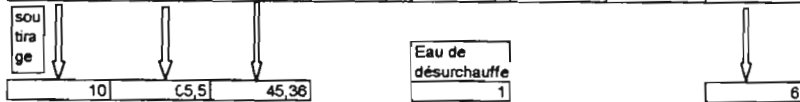
V1501 V1551
27,88333333 47

V1204 et V1254
116,416667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des
Consommations
191,3

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
64,5	65,5	45,36	9,54	0,4	0	1	5

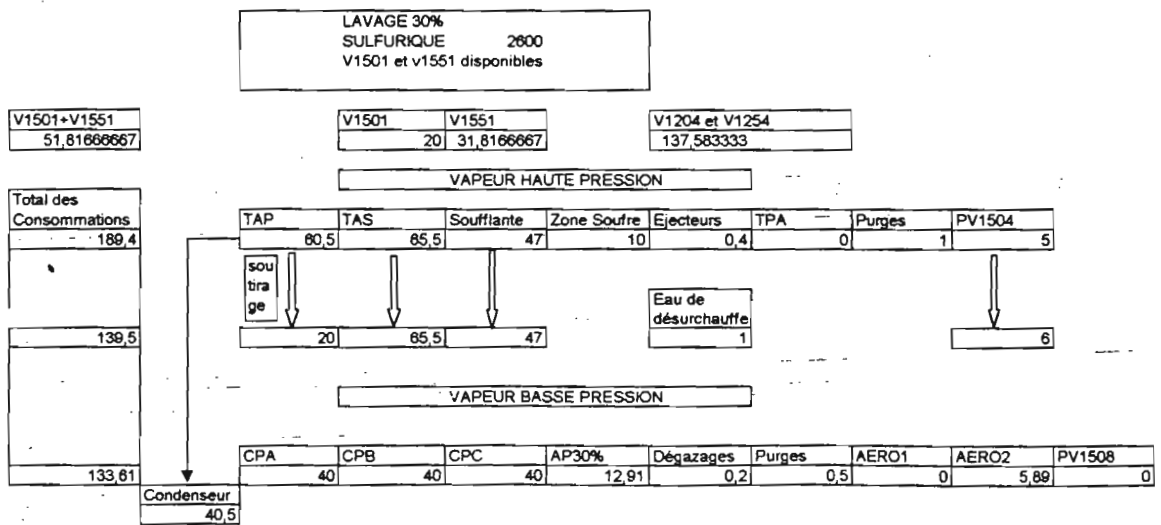
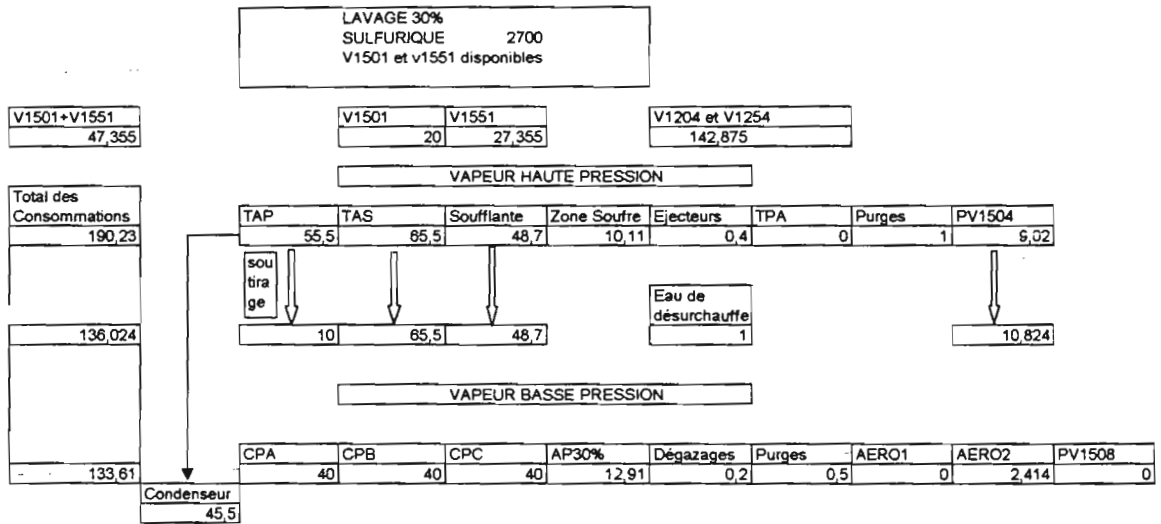
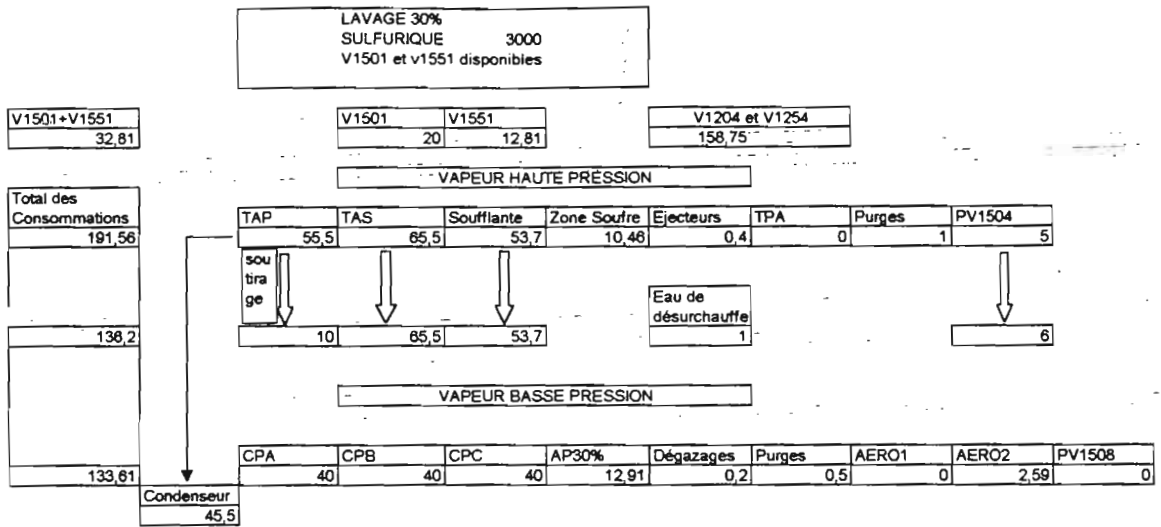


VAPEUR BASSE PRESSION

126,44

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
40	40	40	5,74	0,2	0,5	0	1,42	0

Condenseur
54,5



LAVAGE 30%
SULFURIQUE 2500
V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
57,70833333

V1501 20 V1551 37,70833333

V1204 et V1254
132,291667

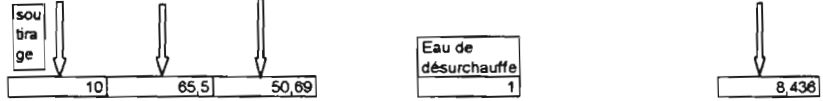
VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des
Consommations
190

135,626

133,81

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
55,5	65,5	50,69	9,88	0,4	0	1	7,03



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
40	40	40	12,91	0,2	0,5	0	2,016	0

Condenseur
45,5

LAVAGE 30%
SULFURIQUE 2200
V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
70,88333333

V1501 23,88333333 V1551 47

V1204 et V1254
116,416667

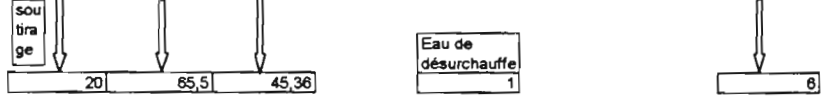
VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des
Consommations
187,3

137,86

133,81

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
60,5	65,5	45,36	9,54	0,4	0	1	5



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
40	40	40	12,91	0,2	0,5	0	4,25	0

Condenseur
40,5

LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 3000
V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
35,81

V1501 20
V1551 15,81

V1204 et V1254
158,75

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
58,5	65,5	53,7	10,46	0,4	0	1	5

0	65,5	53,7					6
---	------	------	--	--	--	--	---

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	29,76	0

Condenseur
58,5

Total des
Consommations
194,56

126,2

96,44

LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 2700
V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
46,335

V1501 20
V1551 26,335

V1204 et V1254
142,875

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
58,5	65,5	48,7	10,11	0,4	0	1	5

0	65,5	48,7					6
---	------	------	--	--	--	--	---

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	24,76	0

Condenseur
58,5

Total des
Consommations
189,21

121,2

96,44

LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 2600
V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
49,8166667

V1501 20
V1551 29,8166667

V1204 et V1254
137,583333

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
58,5	65,5	47	10	0,4	0	1	5

0	65,5	47					6
---	------	----	--	--	--	--	---

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	23,06	0

Condenseur
58,5

Total des
Consommations
187,4

119,5

96,44

LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 2500
V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
58,67833333

V1501	V1551
-	20
38,67833333	

V1204 et V1254
132,291667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des
Consommations
190,97

123,19

96,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
58,5	65,5	50,69	9,88	0,4	0	1	5
↓ souf- tira- ge	↓	↓					↓
0	65,5	50,69					6

Eau de
désurchauffe
1

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	26,75	0

Condenseur
58,5

LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 2200
V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
68,88333333

V1501	V1551
21,88333333	47

V1204 et V1254
116,416667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des
Consommations
185,3

117,86

96,44

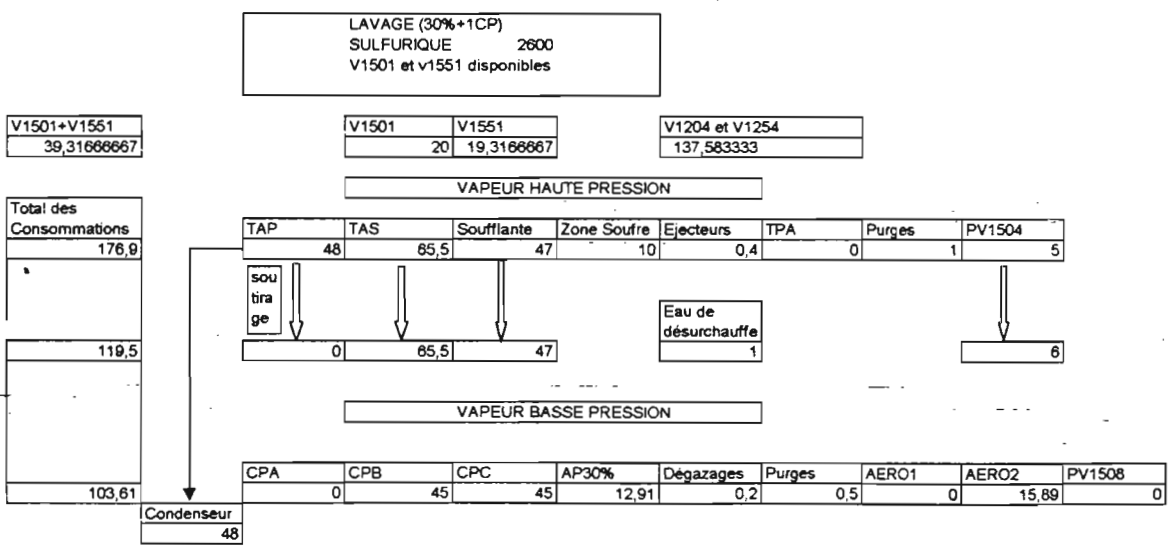
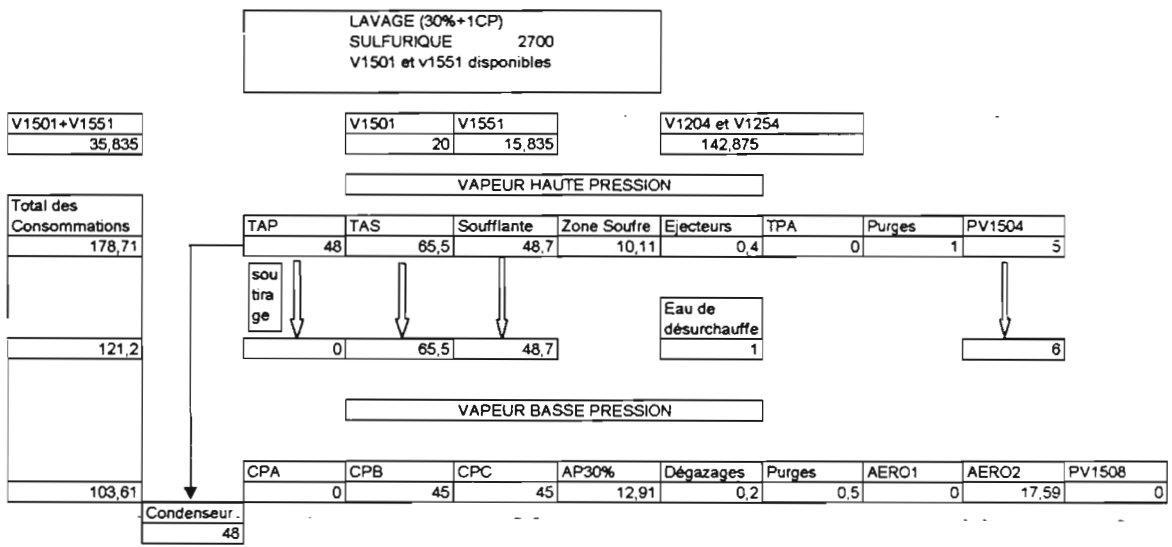
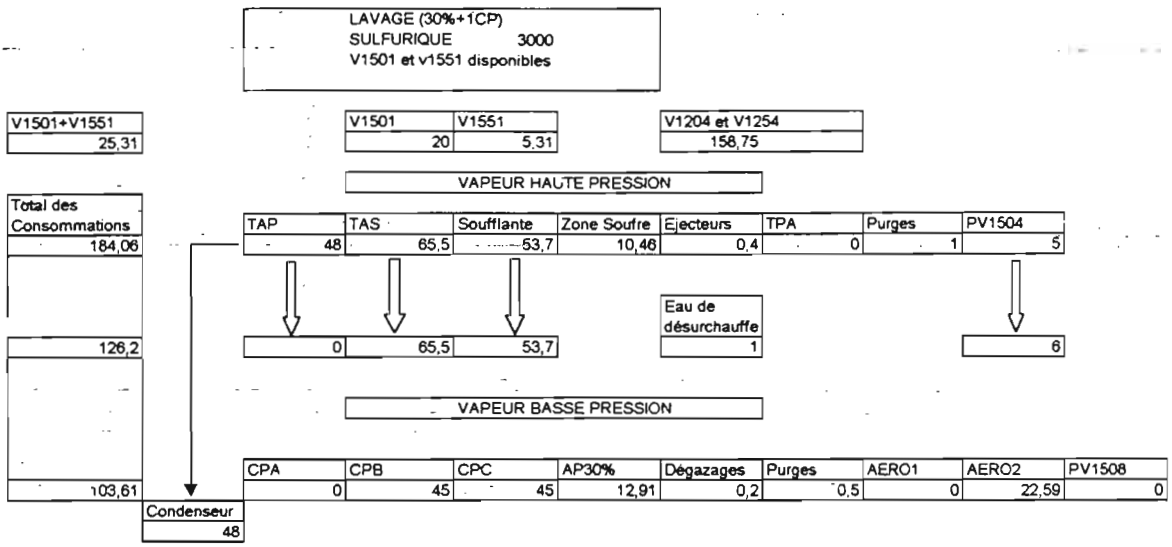
TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
58,5	65,5	45,36	9,54	0,4	0	1	5
↓ souf- tira- ge	↓	↓					↓
0	65,5	45,36					6

Eau de
désurchauffe
1

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	21,42	0

Condenseur
58,5



LAVAGE (30%+1CP)
SULFURIQUE 2500
V1501 et v1551 disponibles

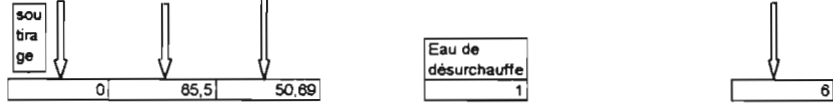
V1501+V1551
48,17833333

V1501 V1551
20 28,17833333

V1204 et V1254
132,291667

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
48	65,5	50,89	9,88	0,4	0	1	5



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	12,91	0,2	0,5	0	19,58	0

Condenseur
48

Total des
Consommations
180,47

123,19

103,61

LAVAGE (30%+1CP)
SULFURIQUE 2200
V1501 et v1551 disponibles

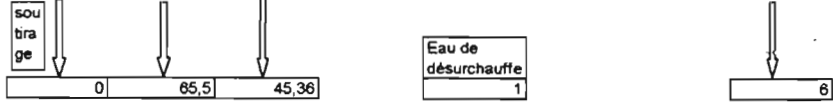
V1501+V1551
58,38333333

V1501 V1551
20 38,38333333

V1204 et V1254
116,416667

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
48	65,5	45,36	9,54	0,4	0	1	5



VAPEUR BASSE PRESSION

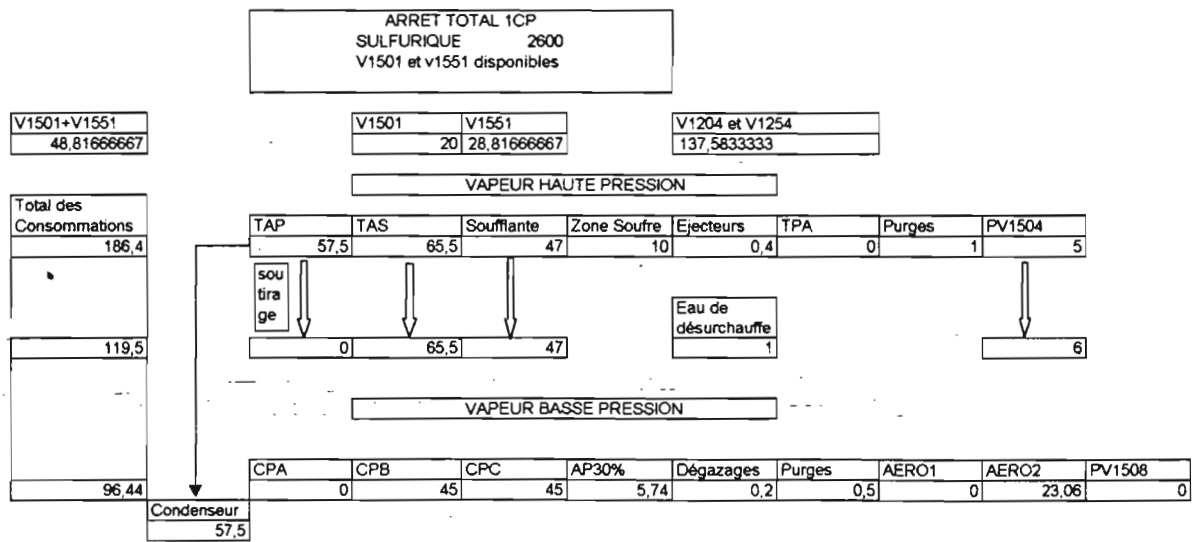
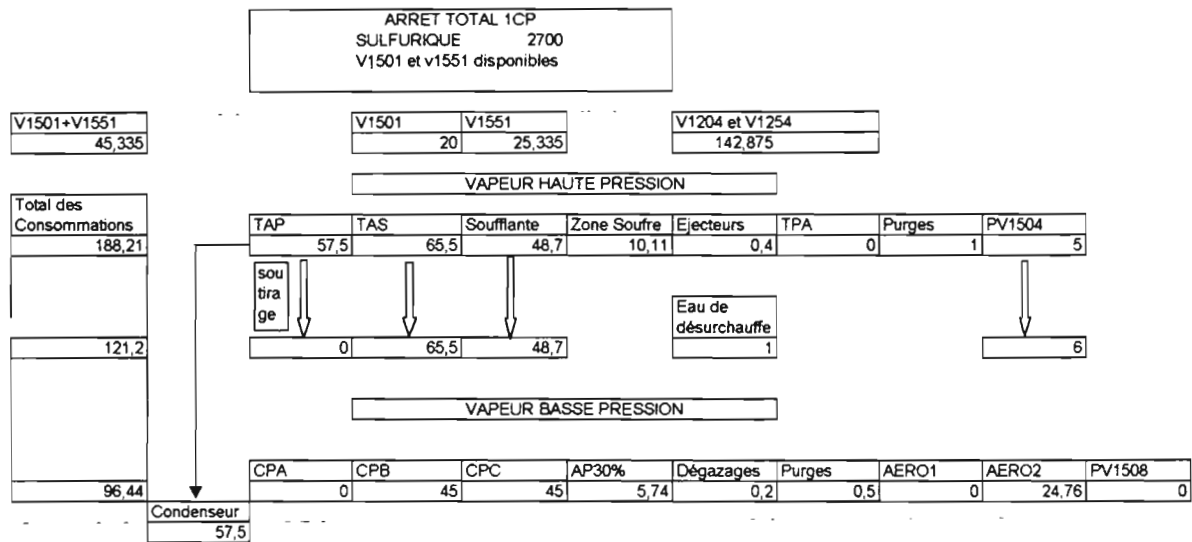
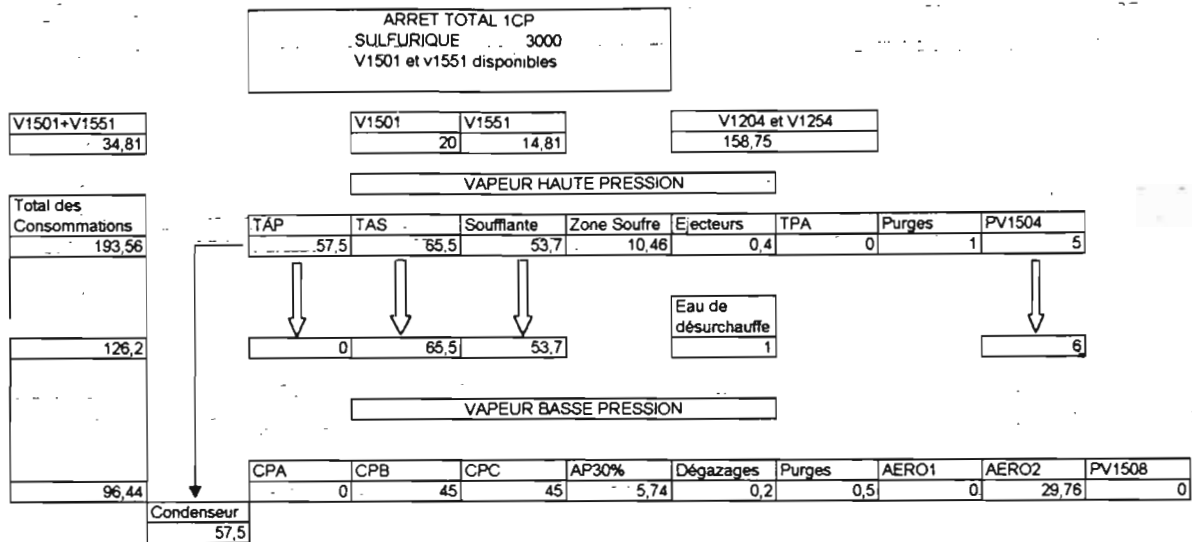
CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	12,91	0,2	0,5	0	14,25	0

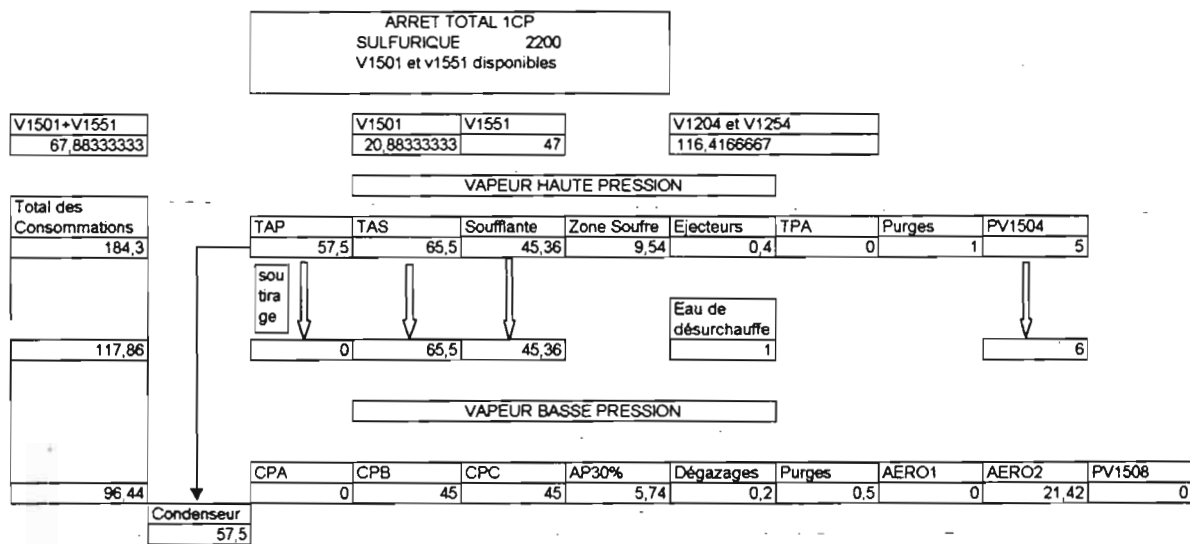
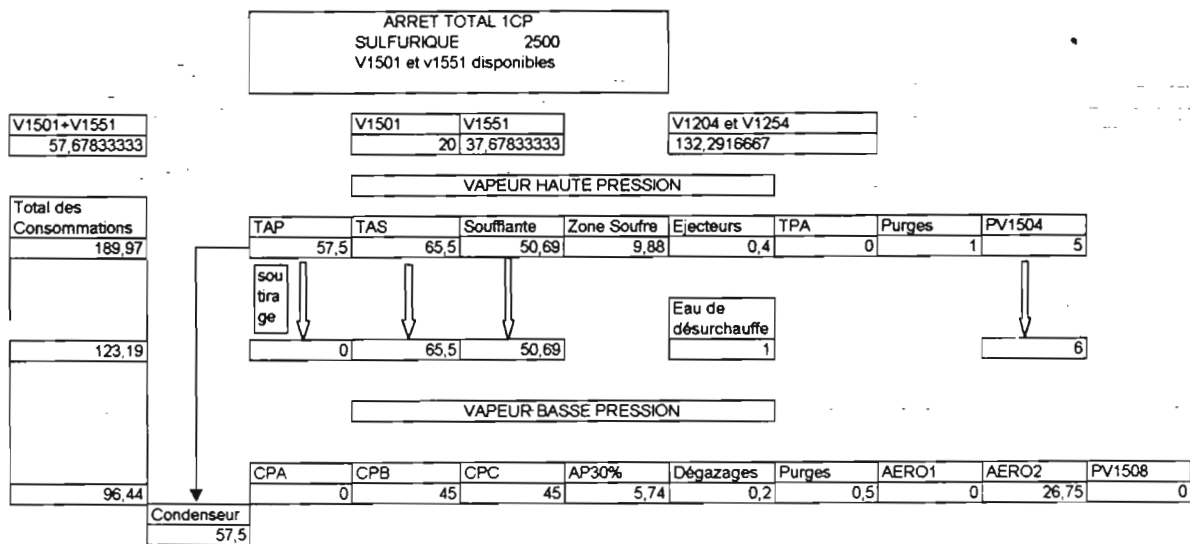
Condenseur
48

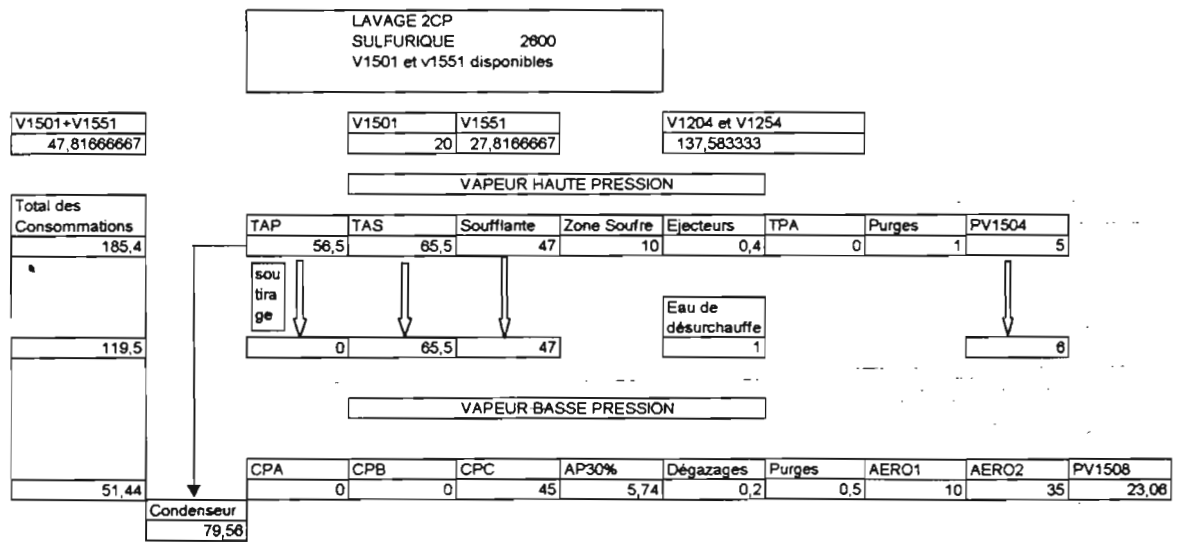
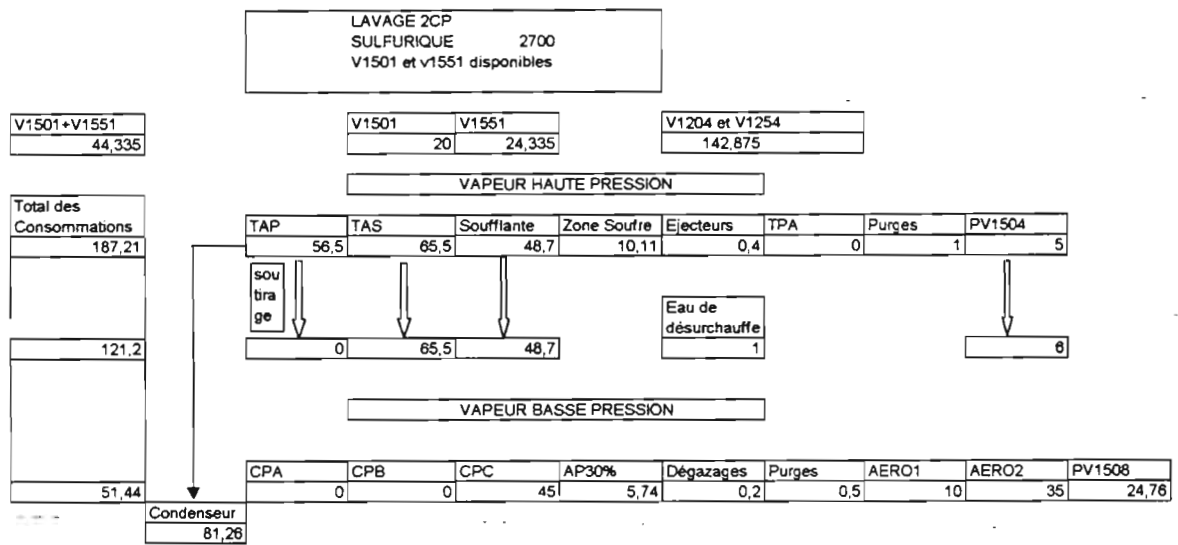
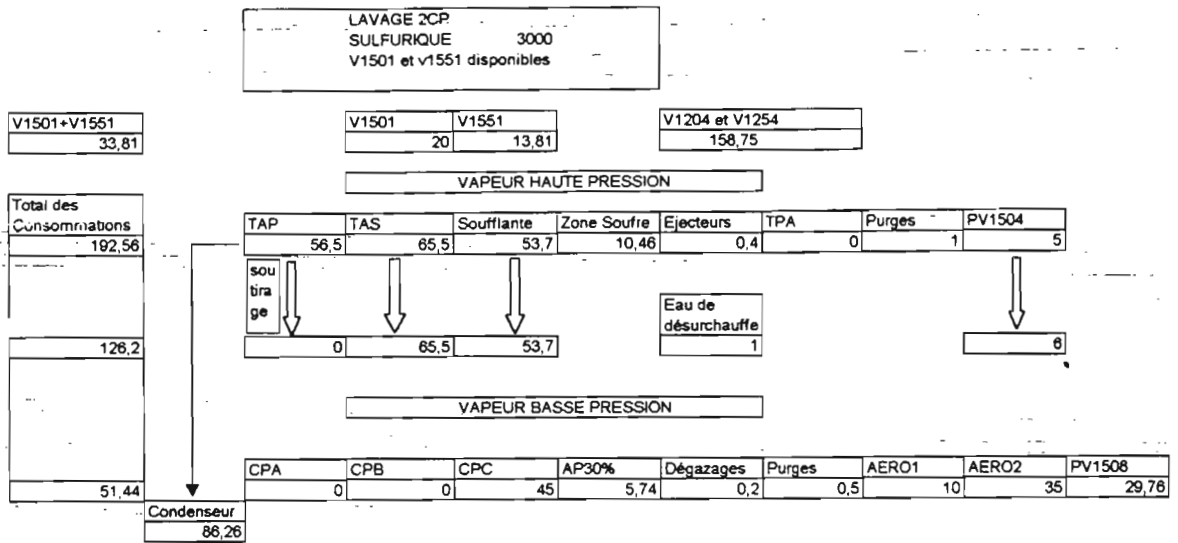
Total des
Consommations
174,8

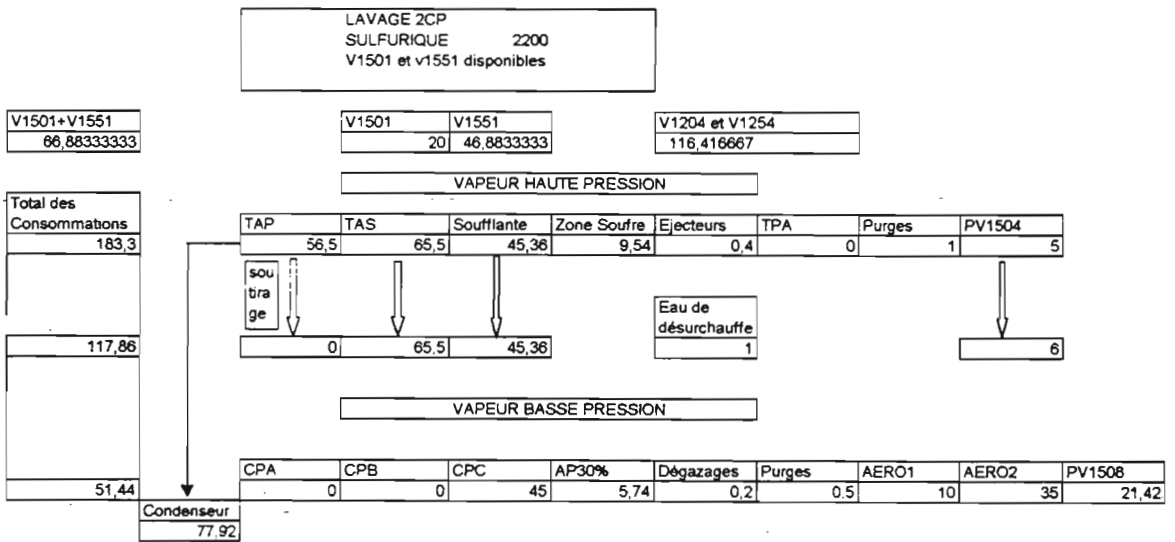
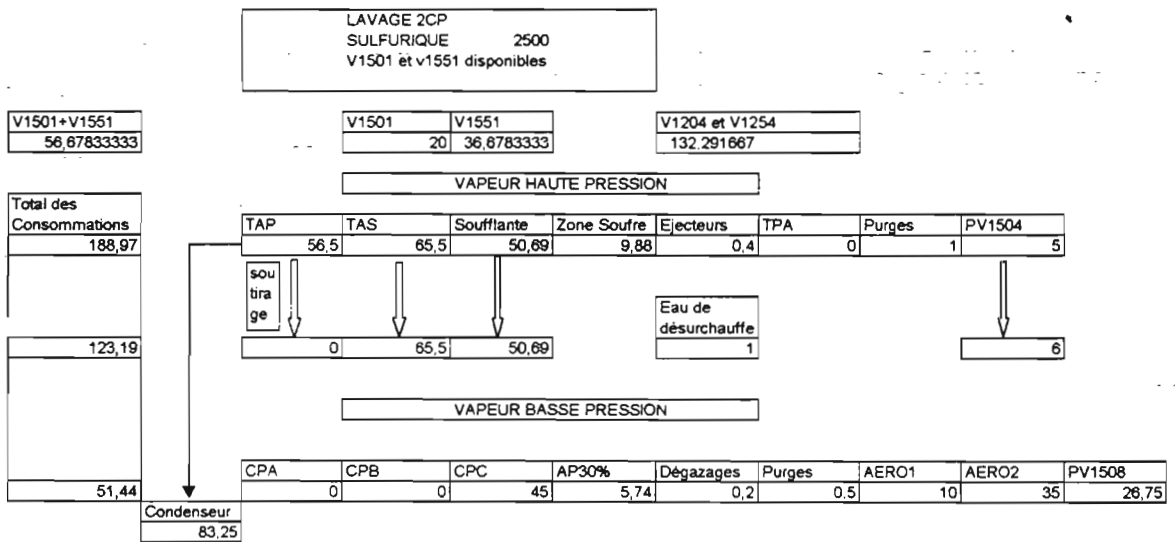
117,88

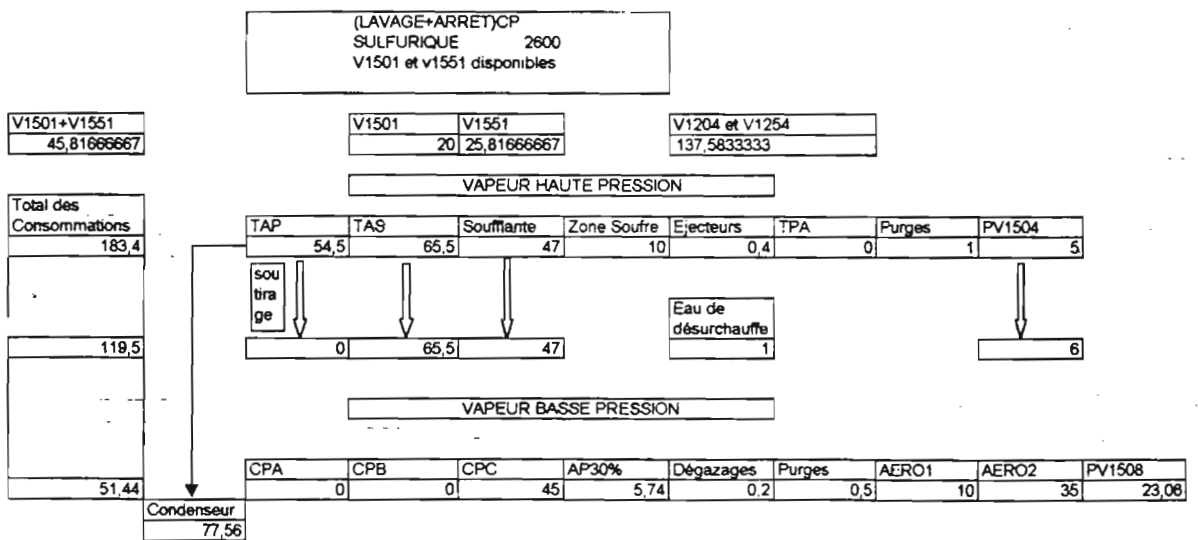
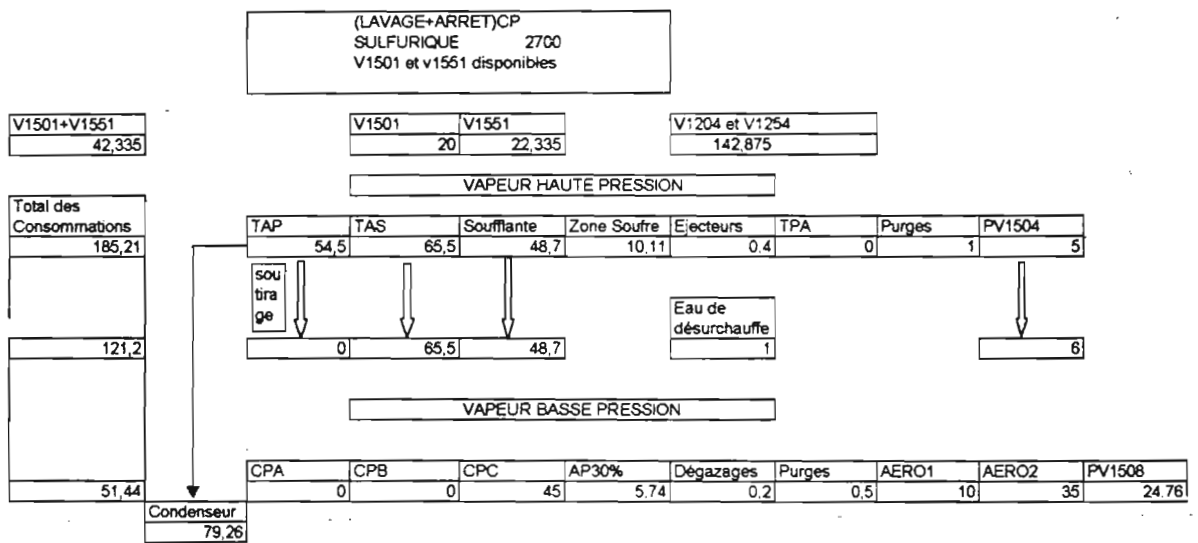
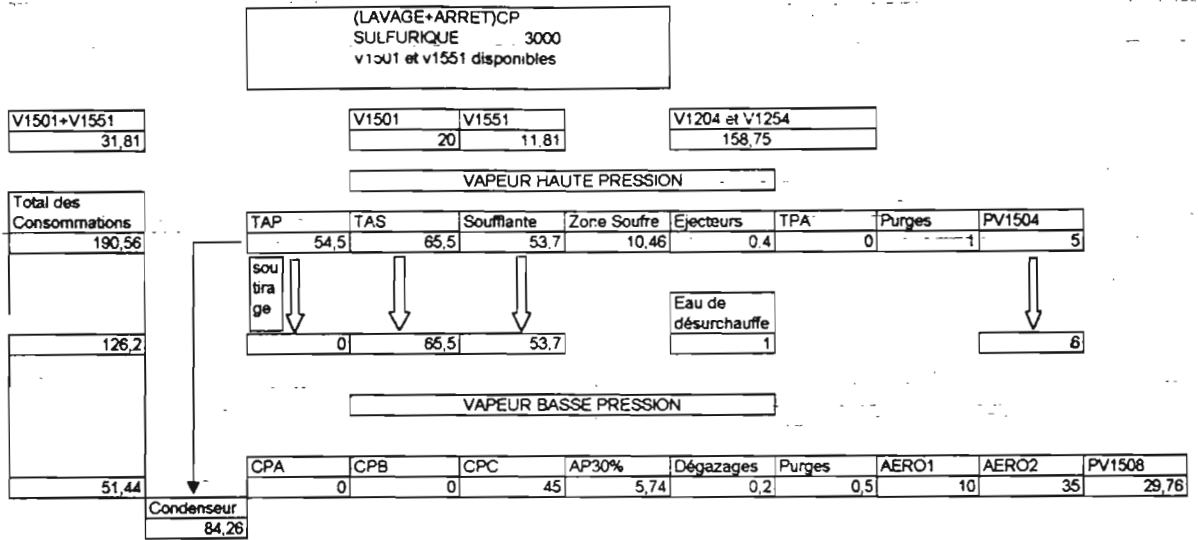
103,61

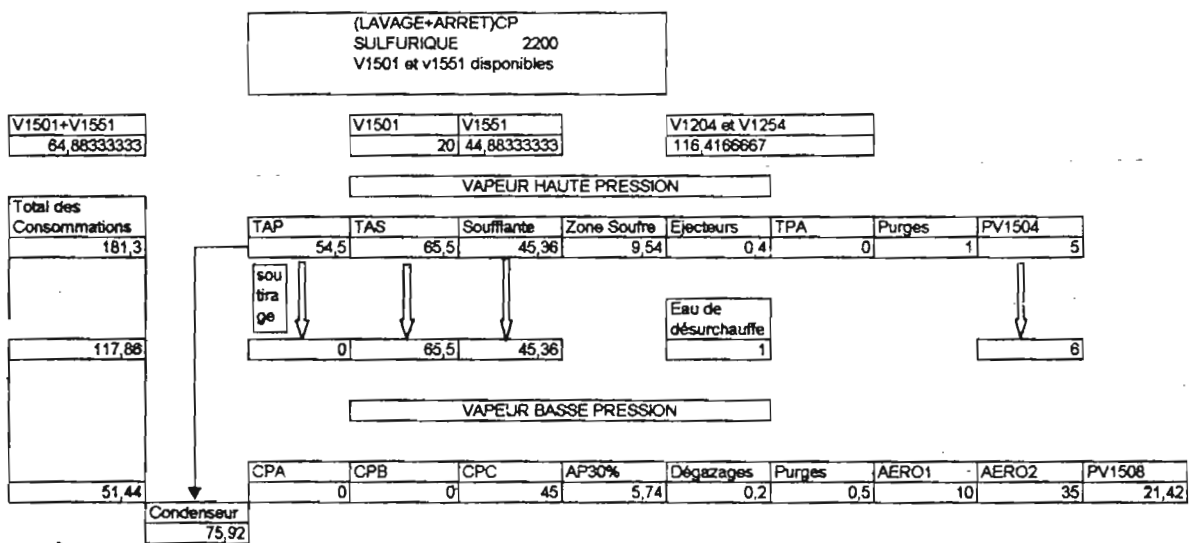
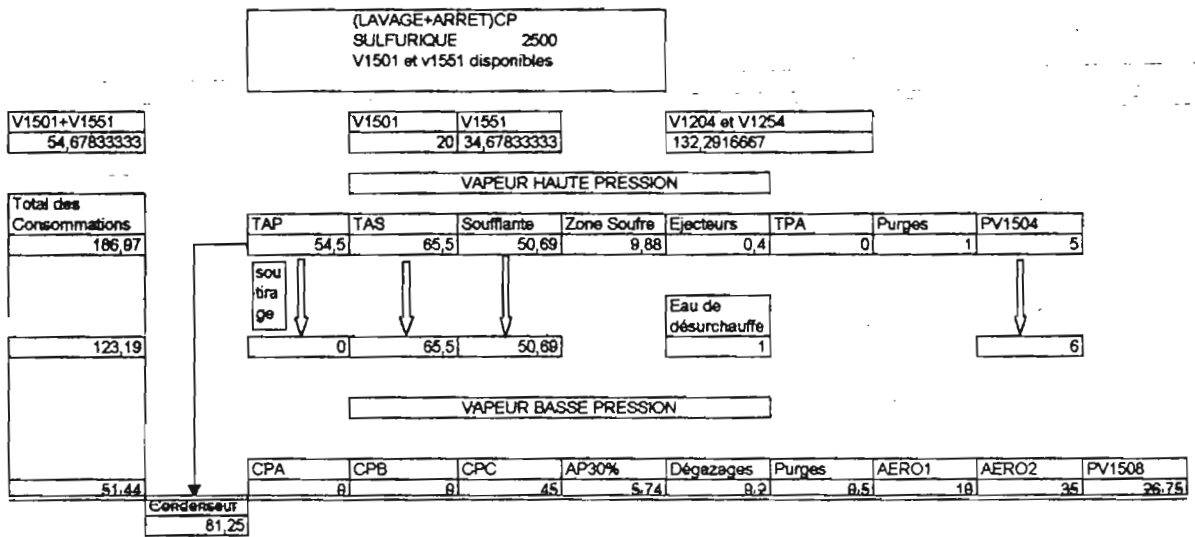












ARRET SULFURIQUE
 SULFURIQUE 0
 V1501 et v1551 disponibles

V1501+V1551
100

V1501	V1551
50	50

V1204 et V1254
0

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
45	48,8	0	0	0,2	0	1	5

0	48,8	0
---	------	---

Eau de désurchauffe
1

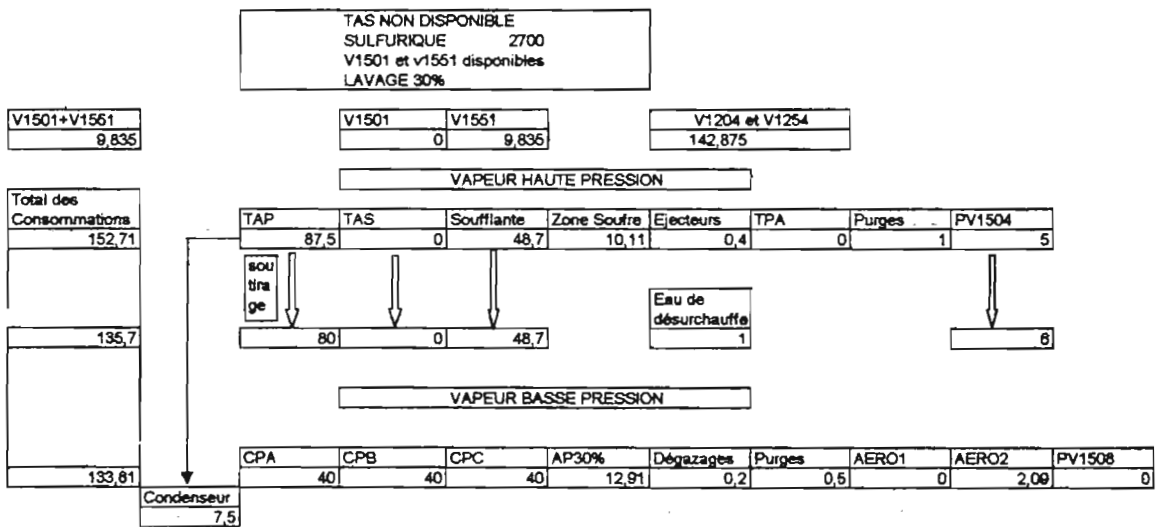
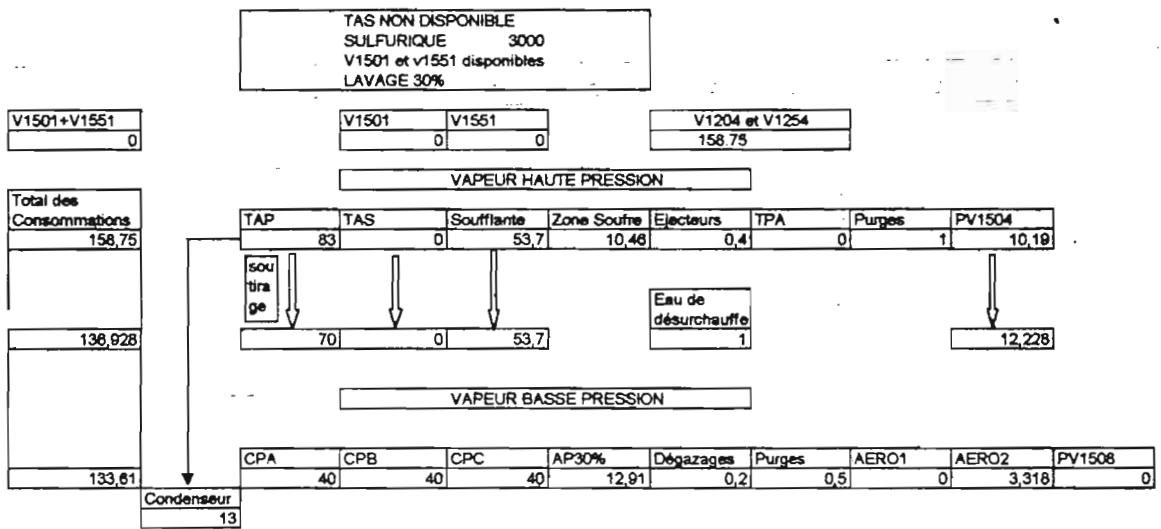
6

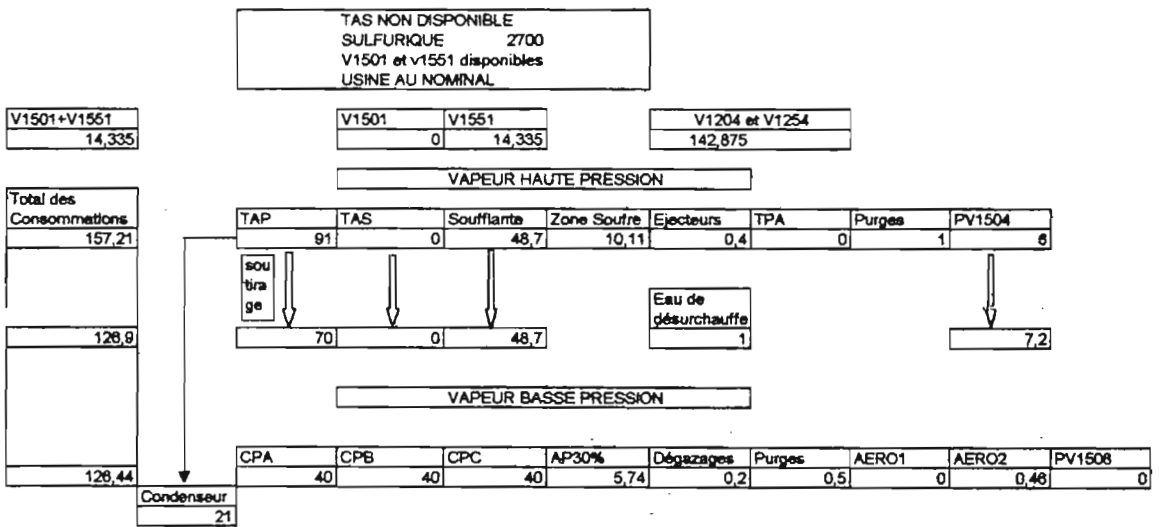
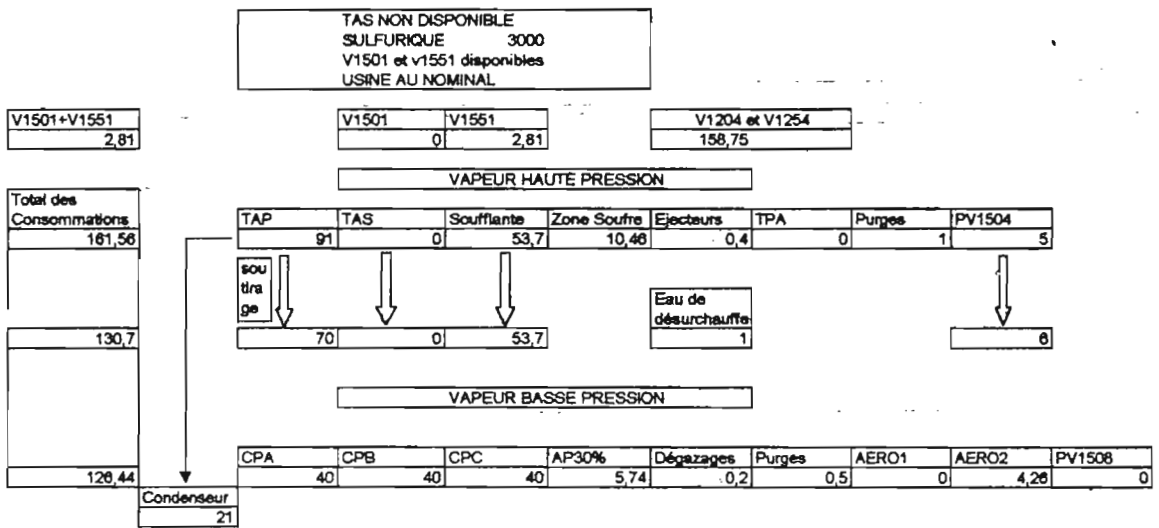
VAPEUR BASSE PRESSION

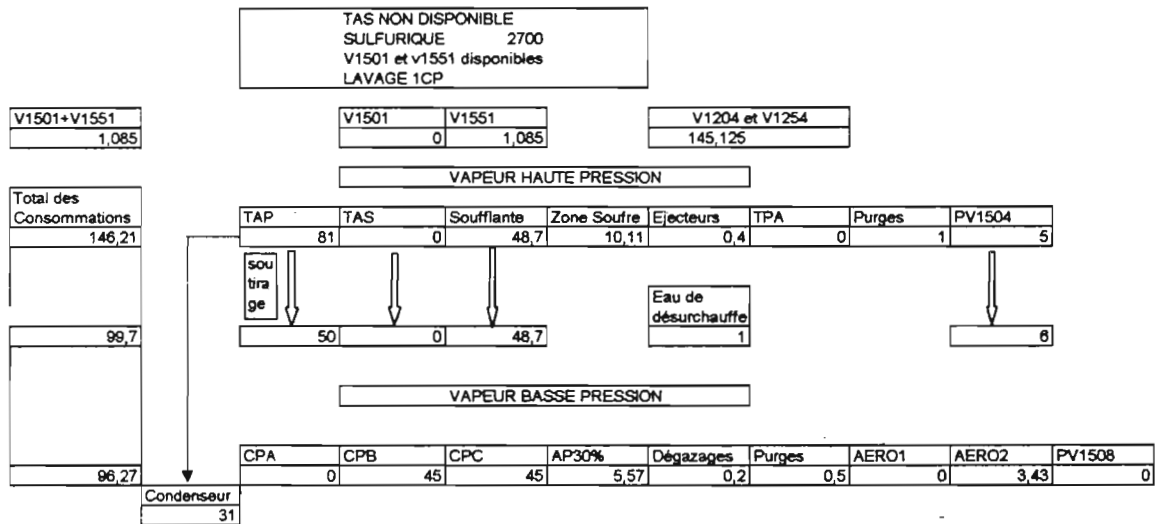
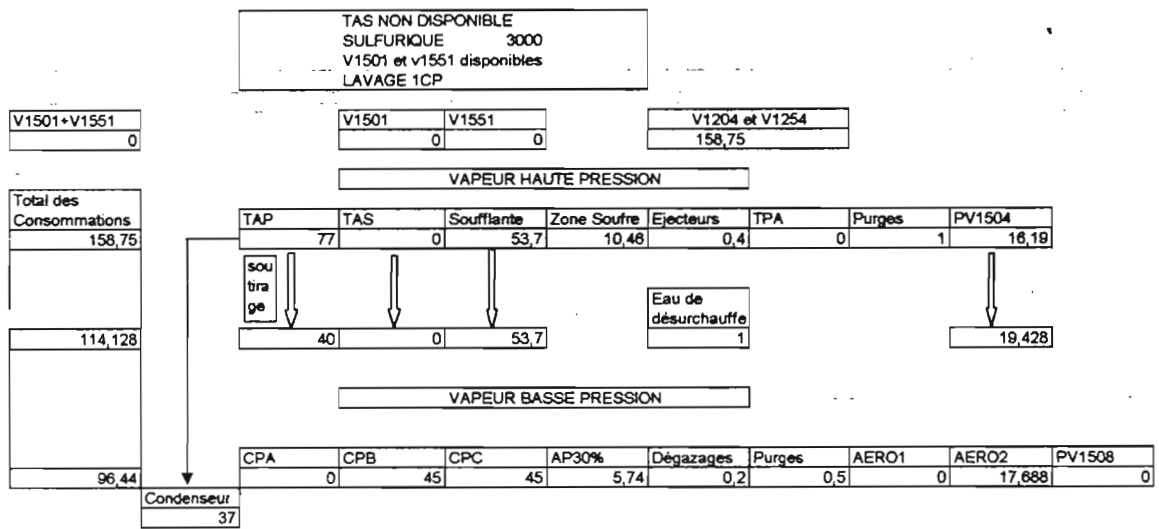
CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,57	0,2	0,5	0	21,23	0

Condenseur
45

Total des Consommations
100
55,8
51,27



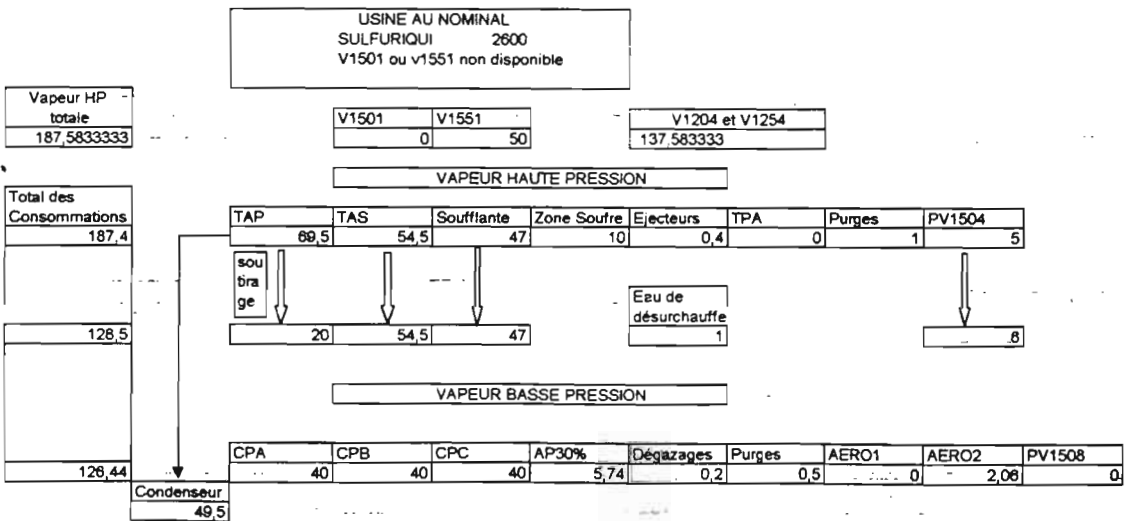
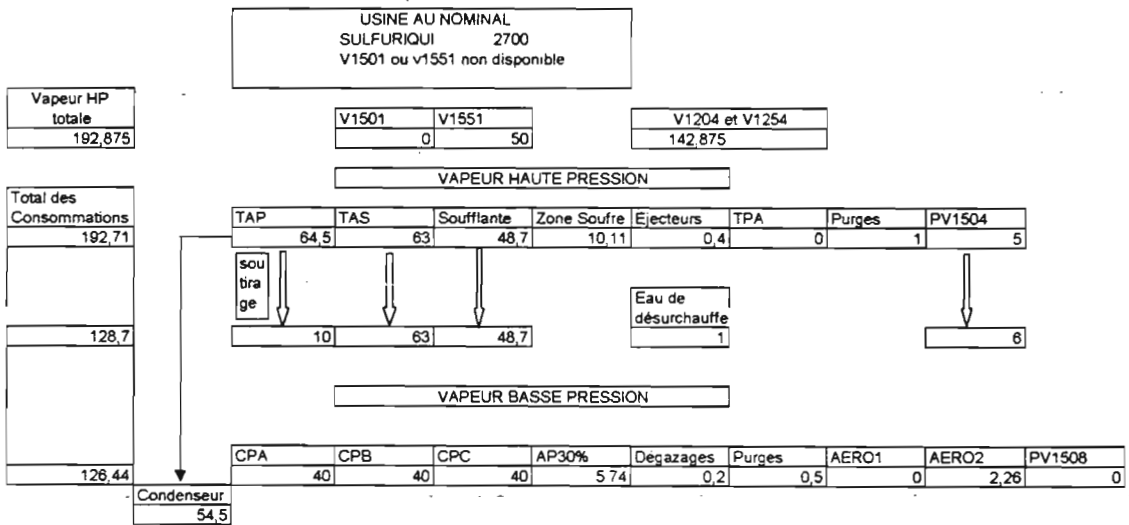
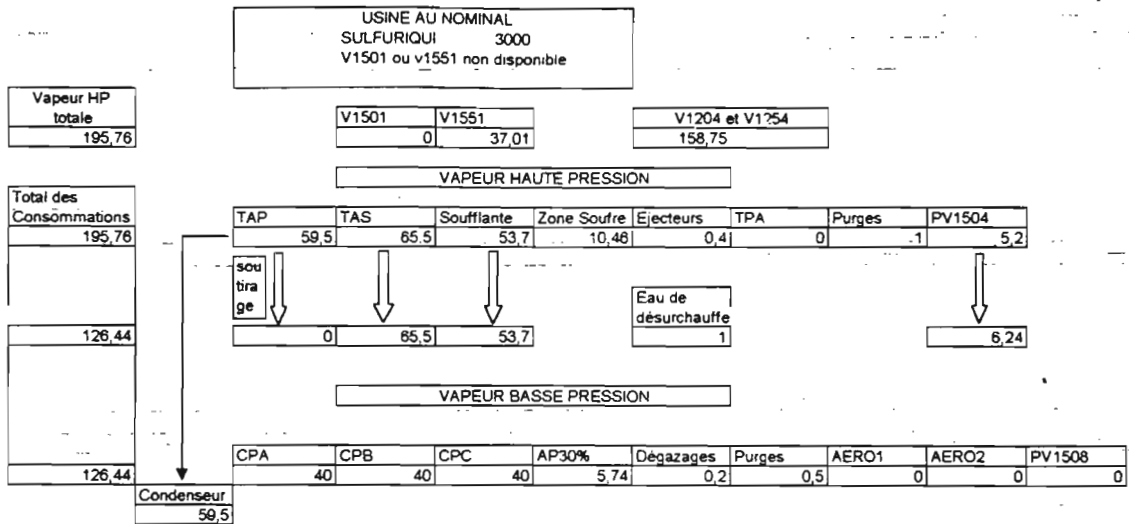


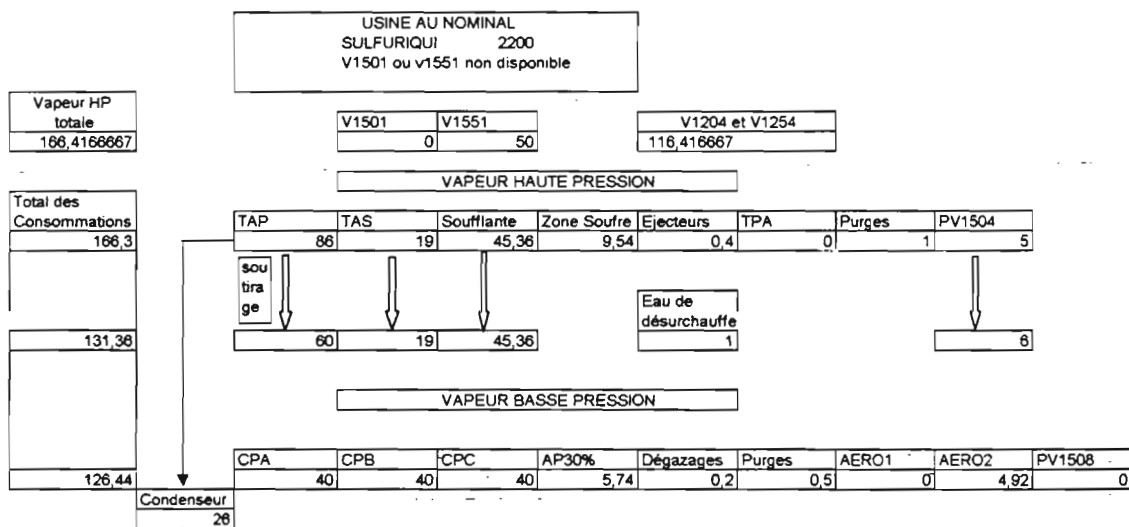
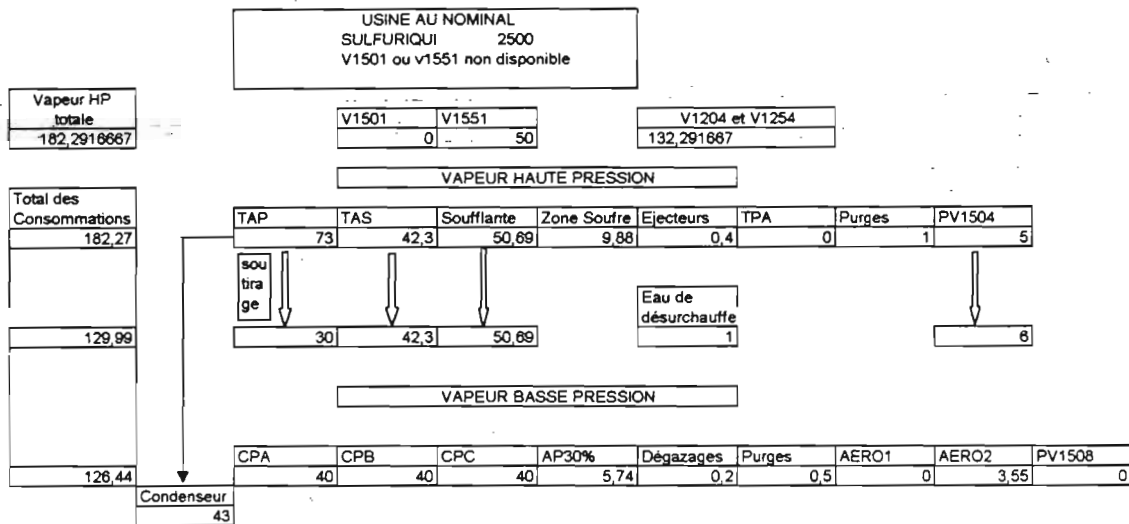


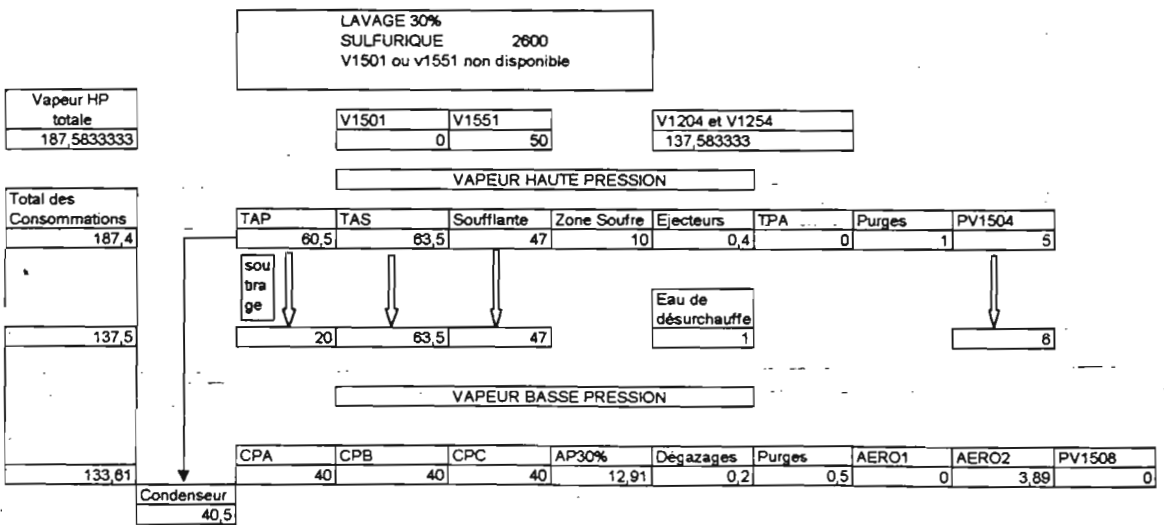
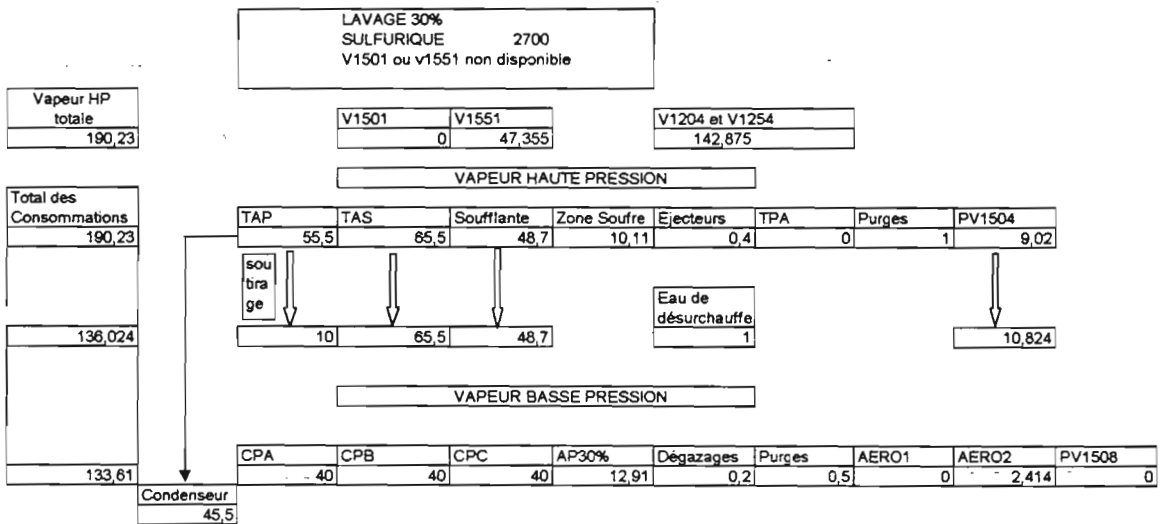
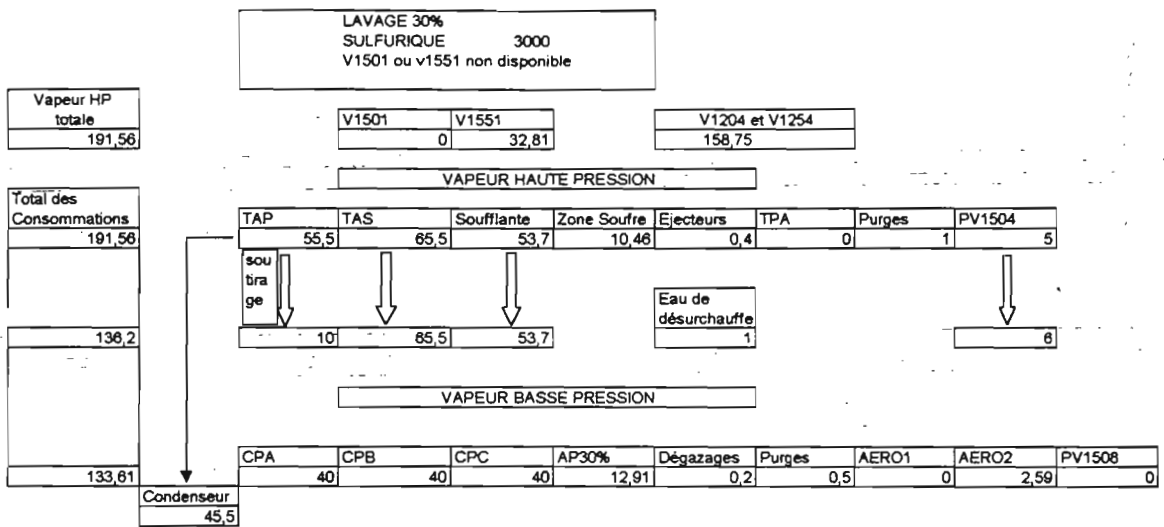
ANNEXE 4

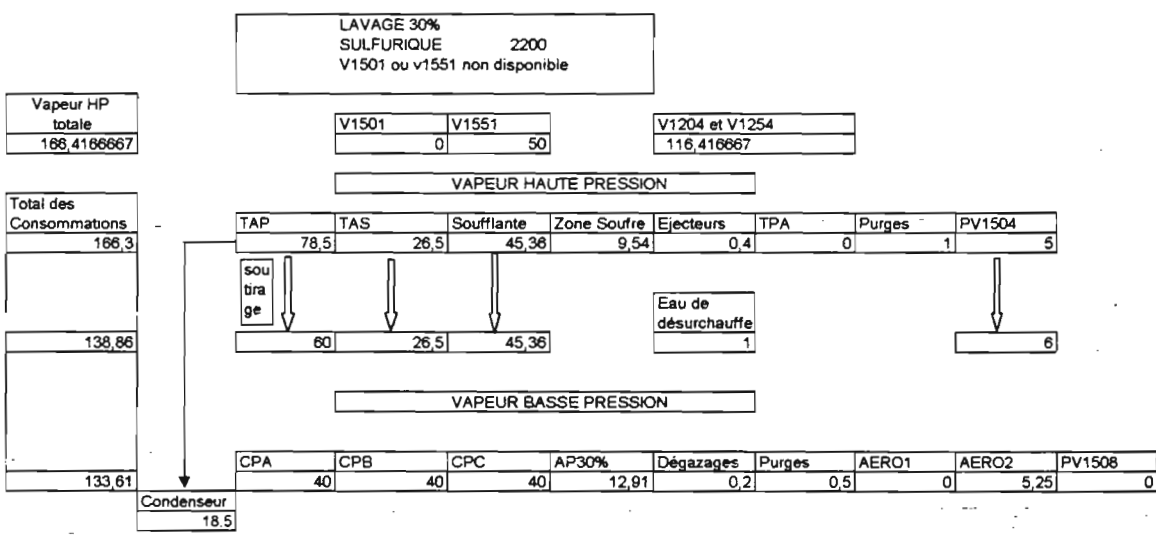
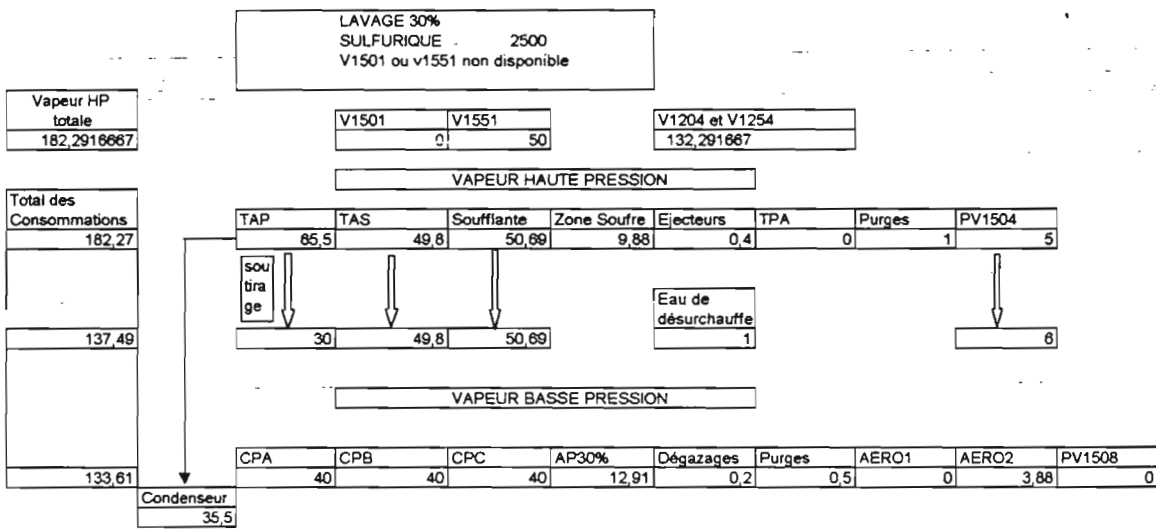
CONFIGURATION DU DISPATCHING DE VAPEUR

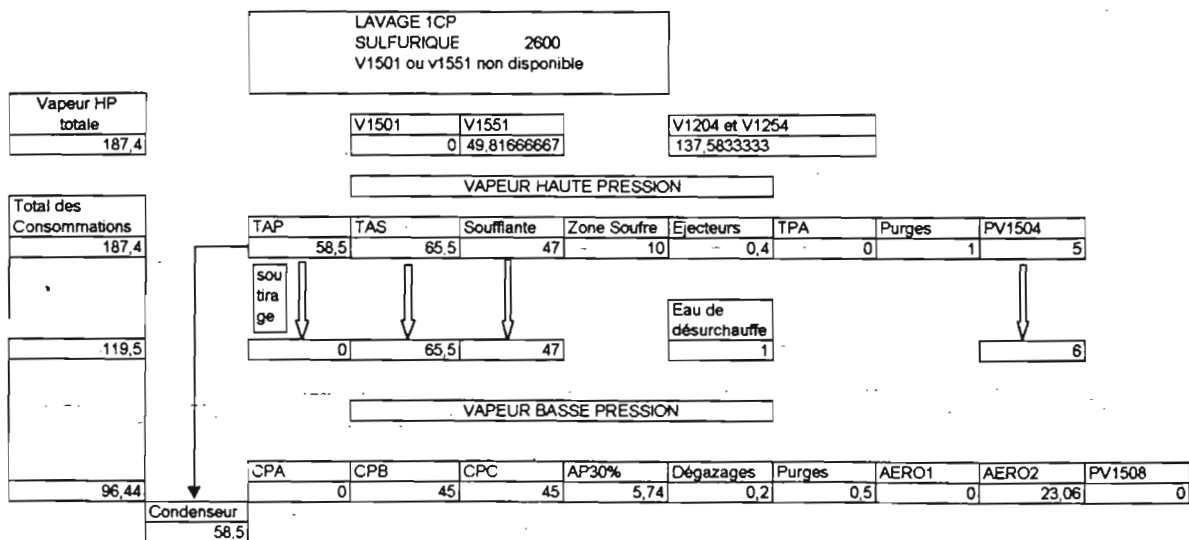
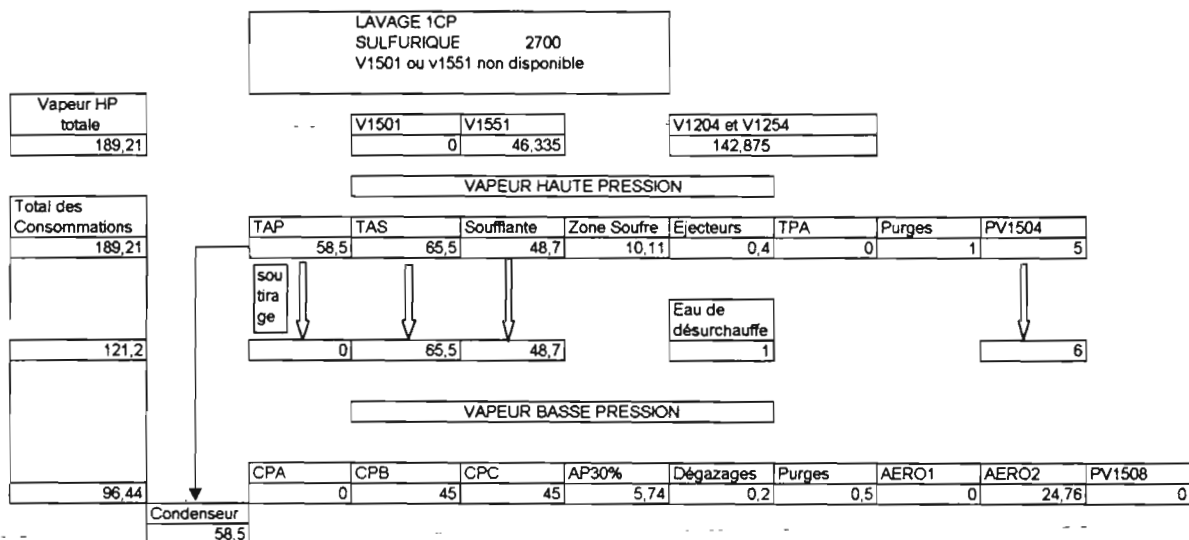
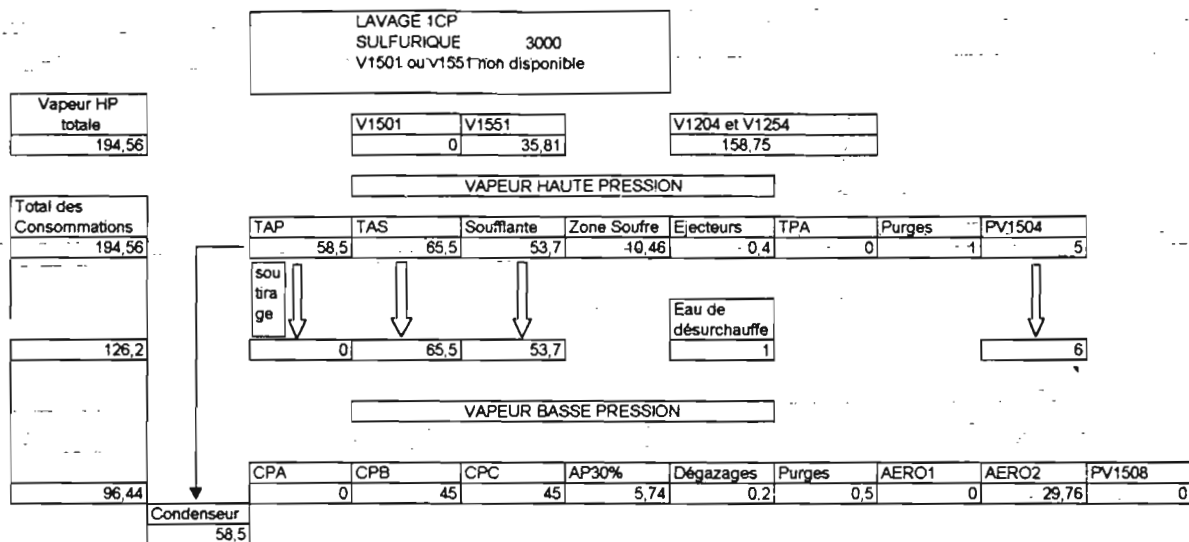
V1501 OU V1551 NON DISPONIBLE

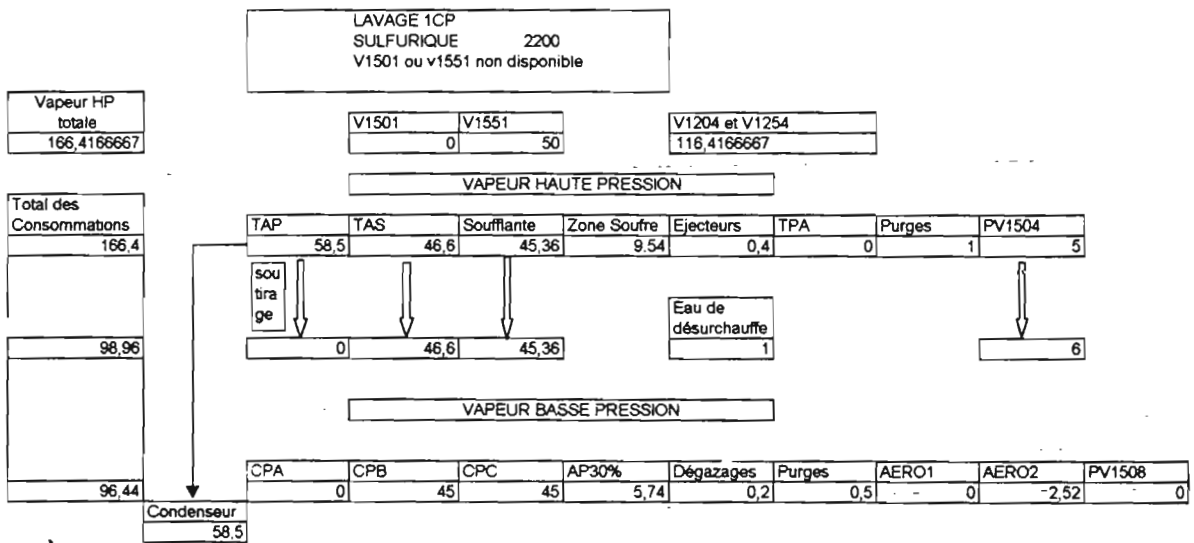
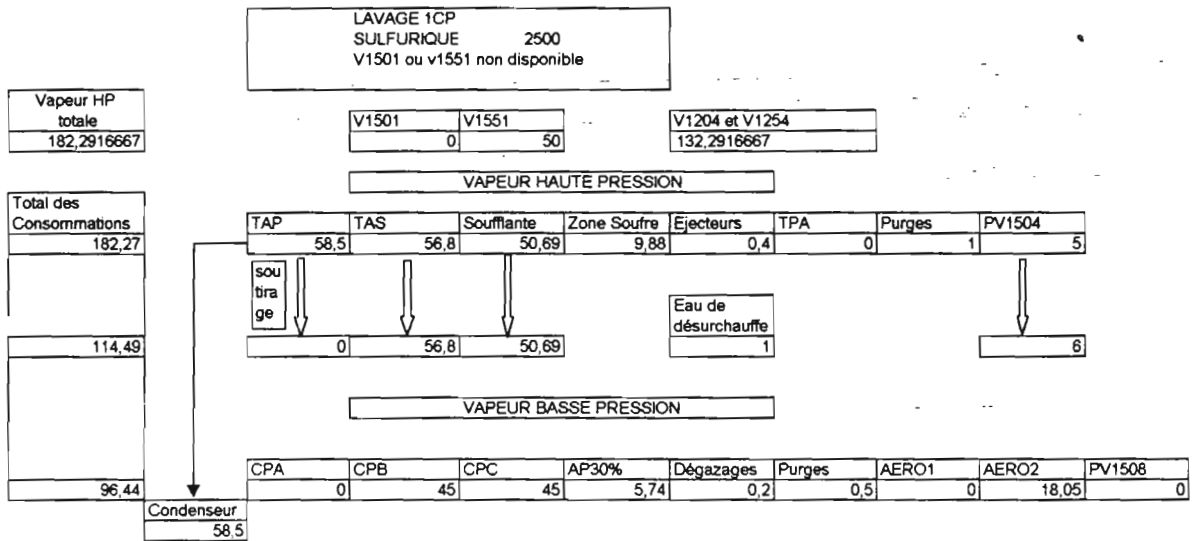


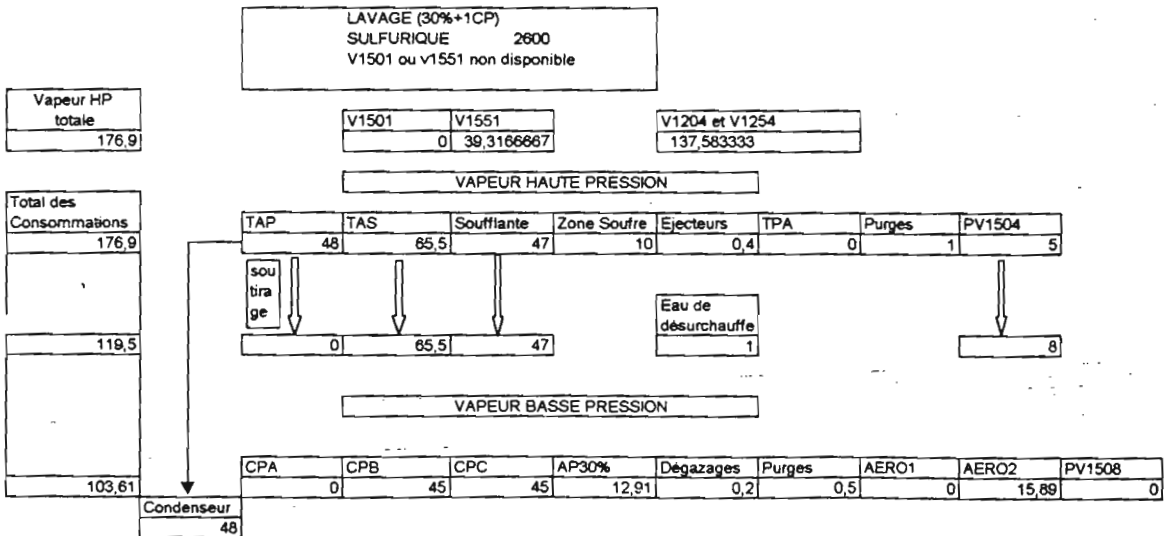
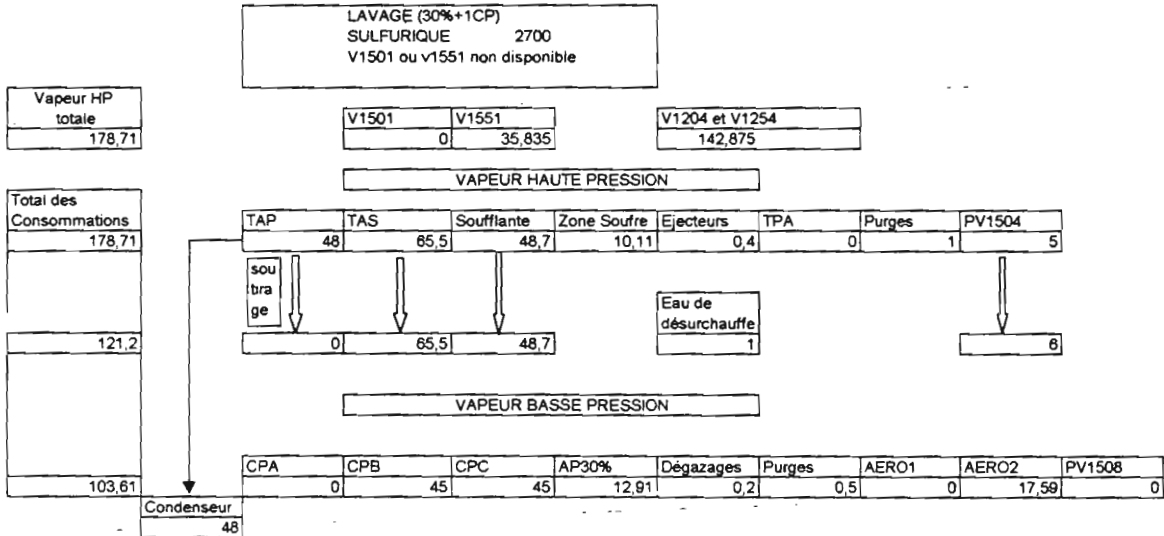
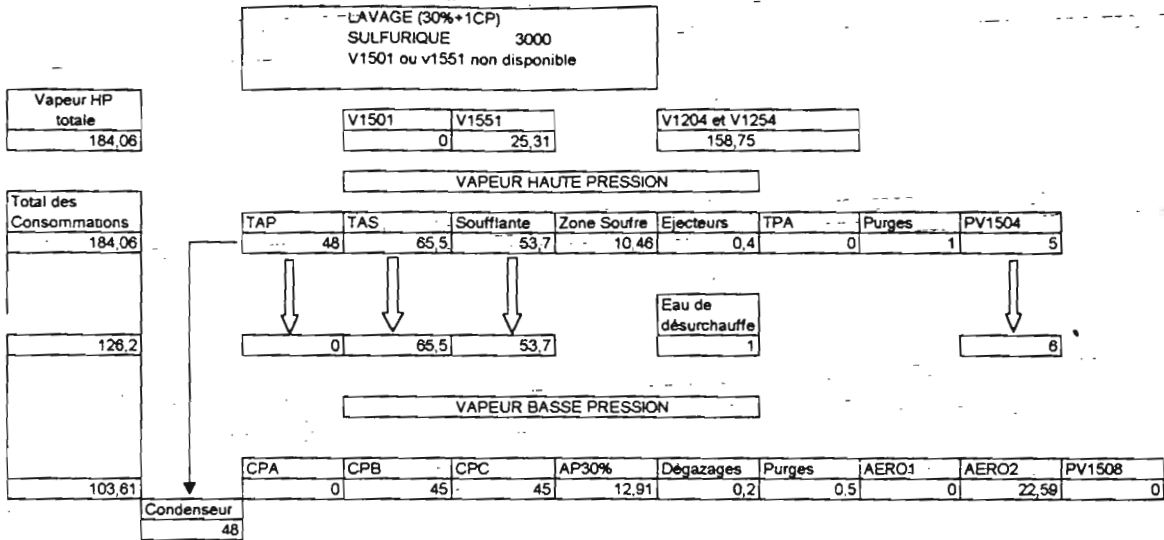


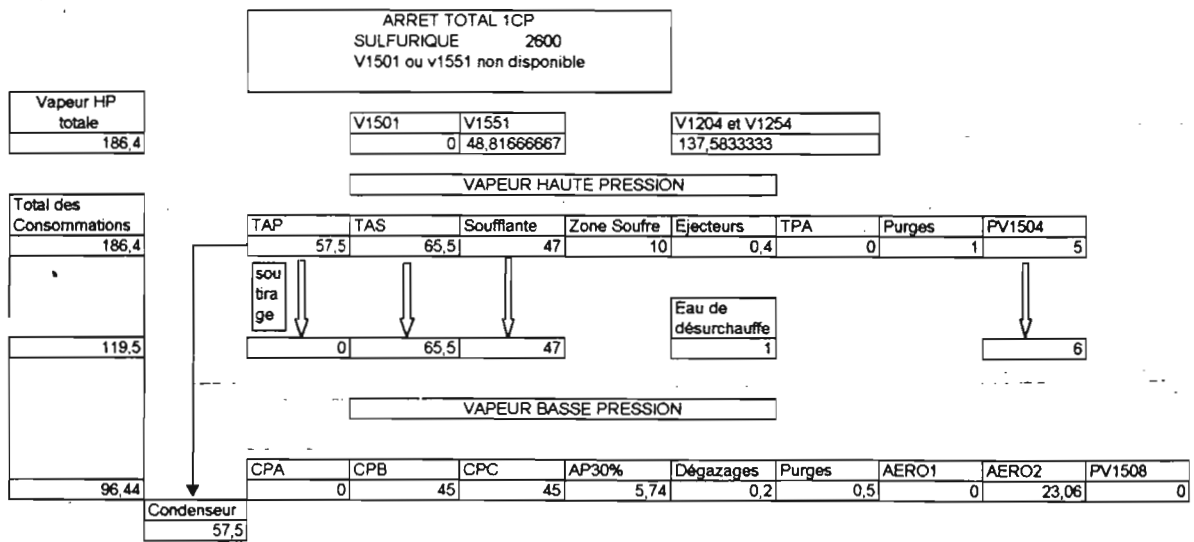
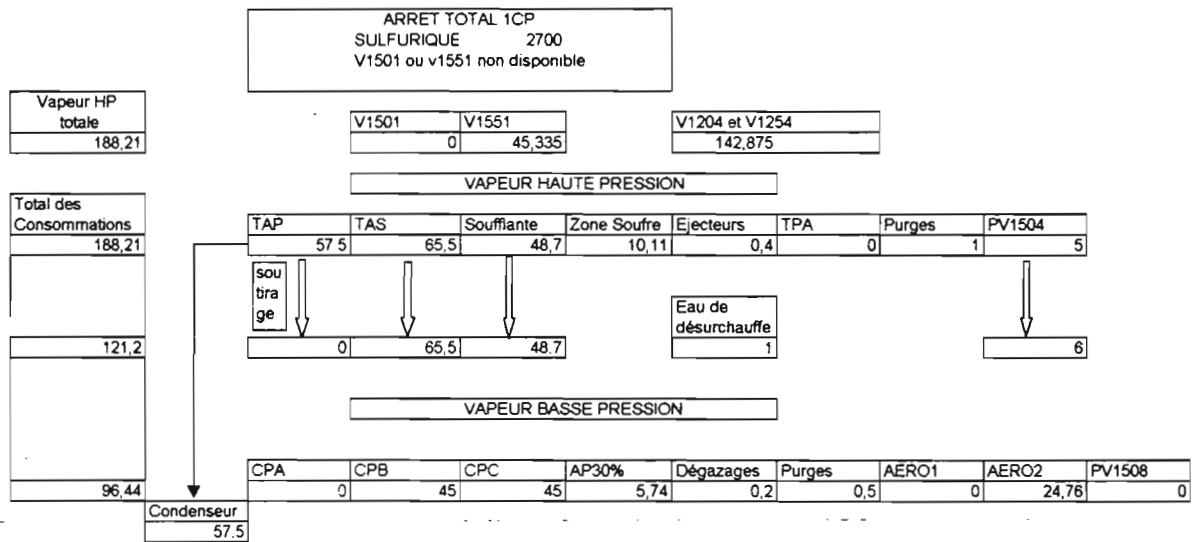
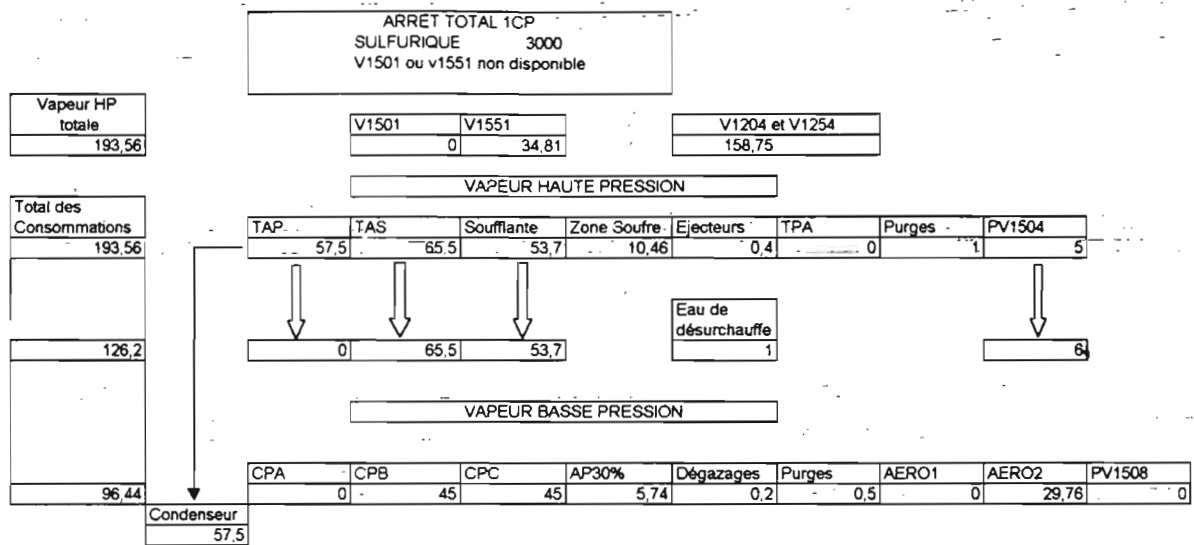


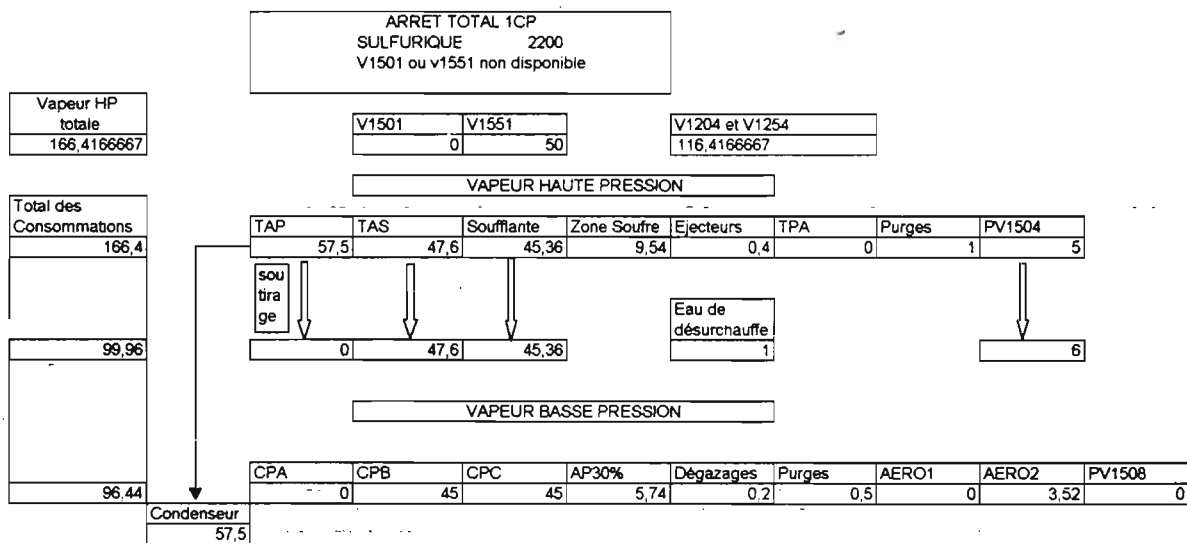
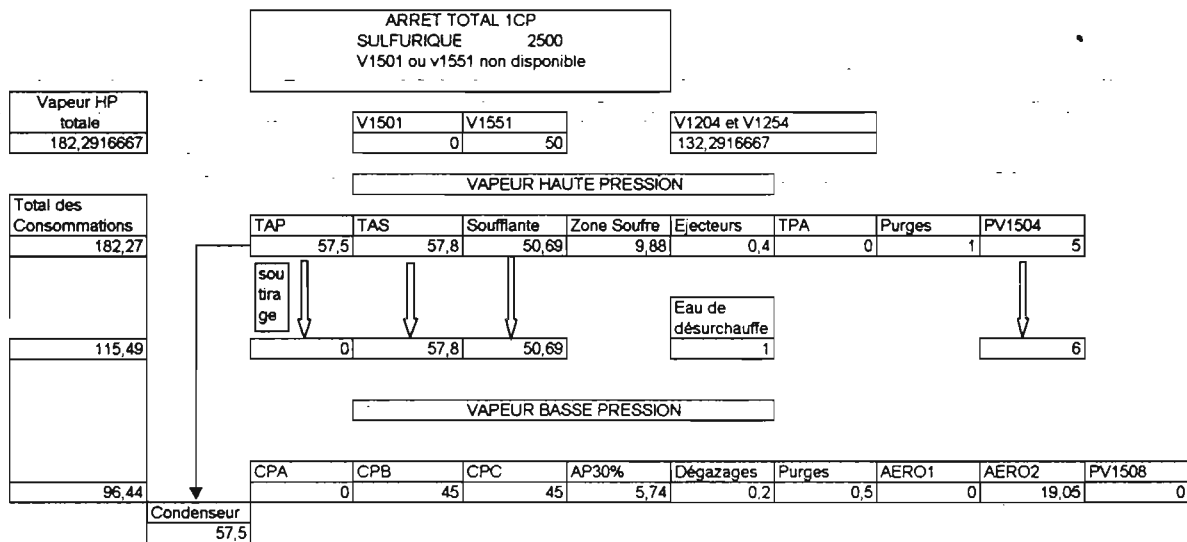


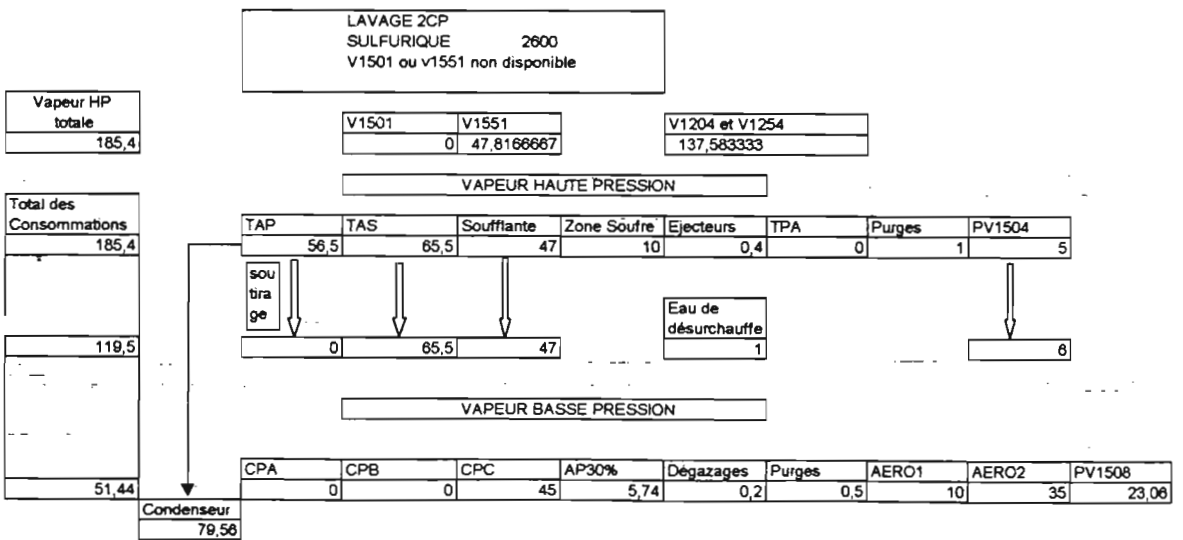
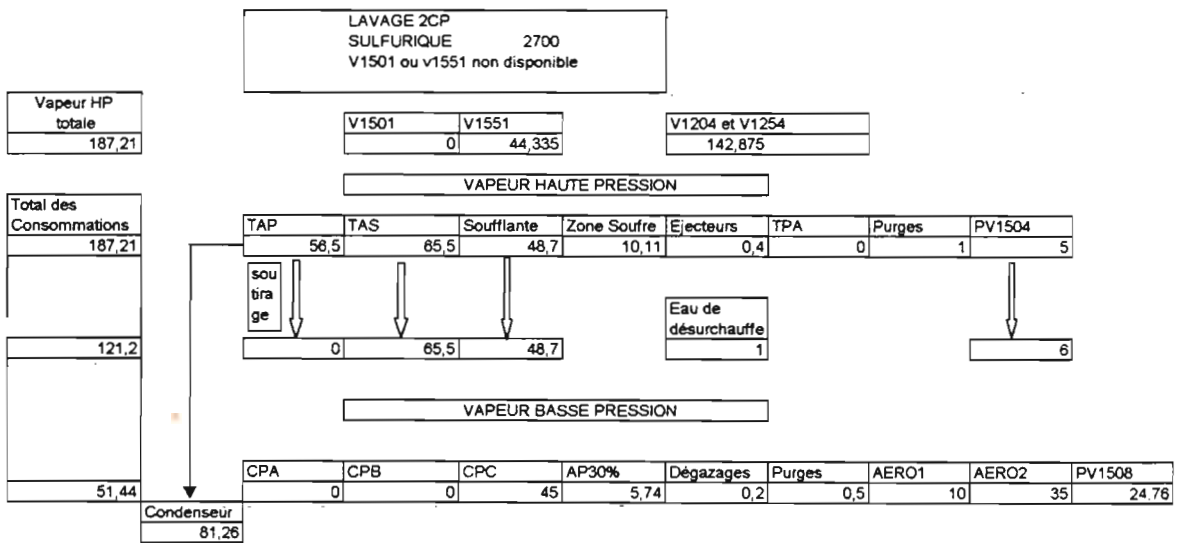
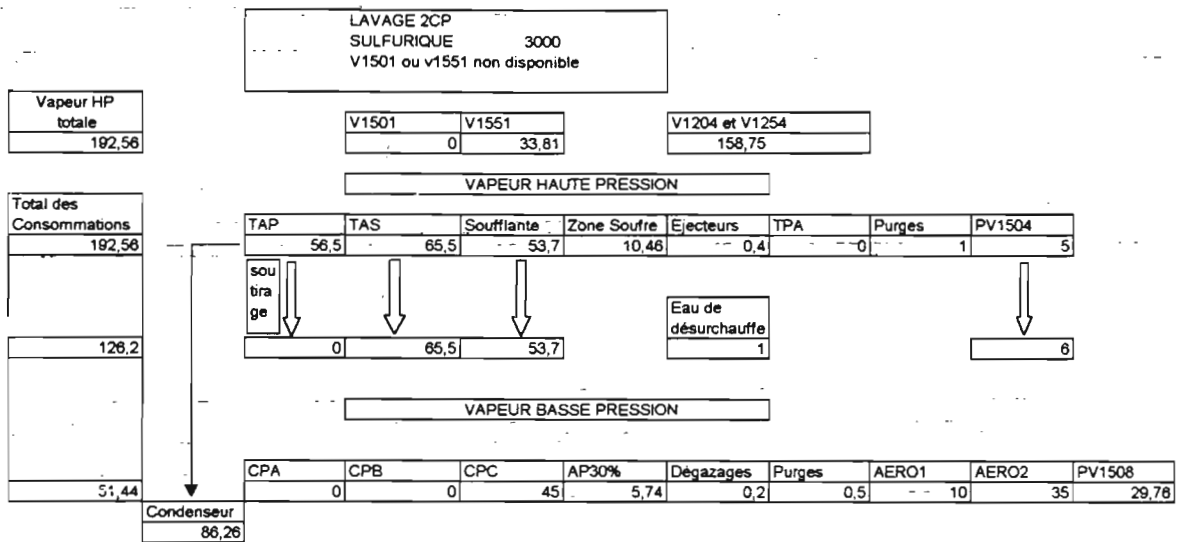


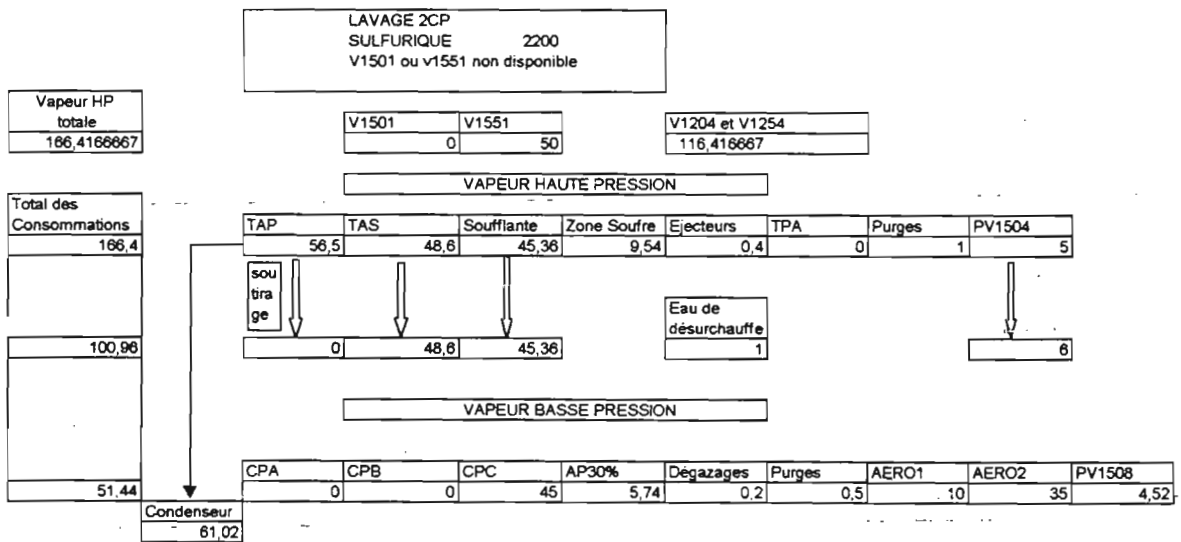
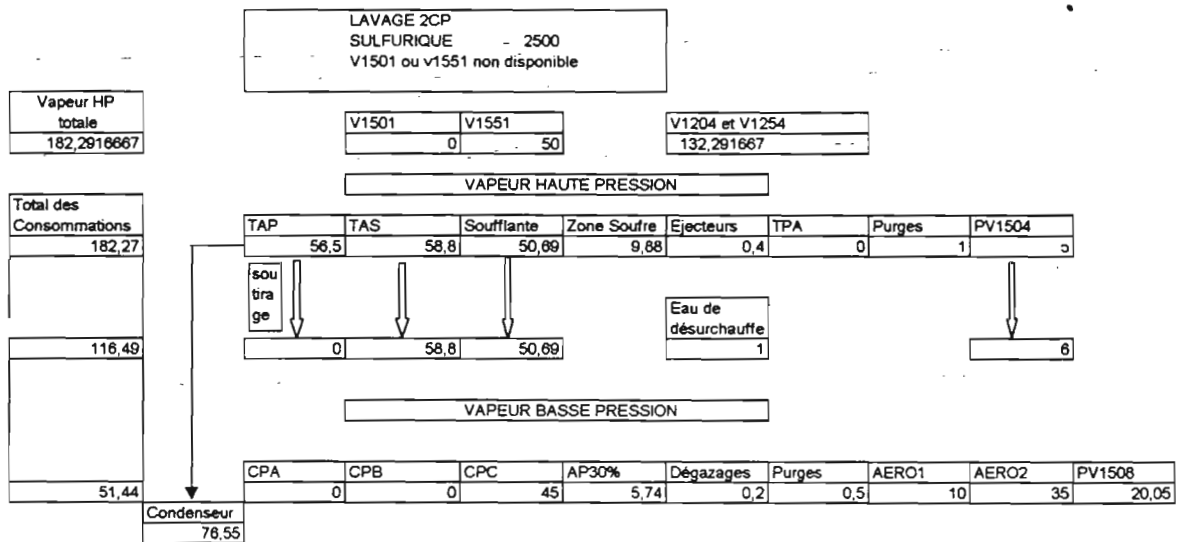


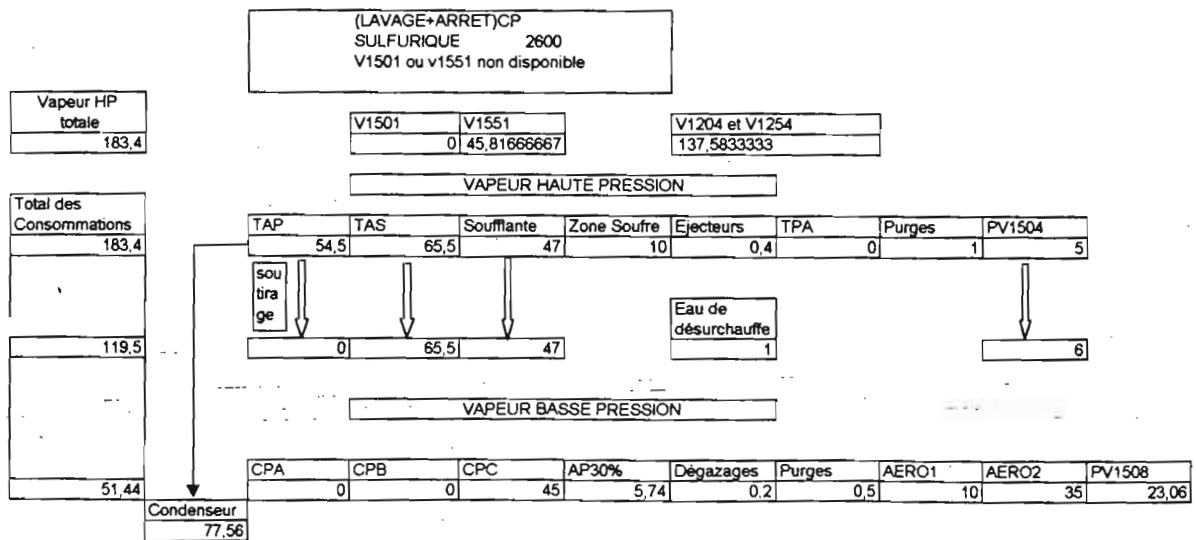
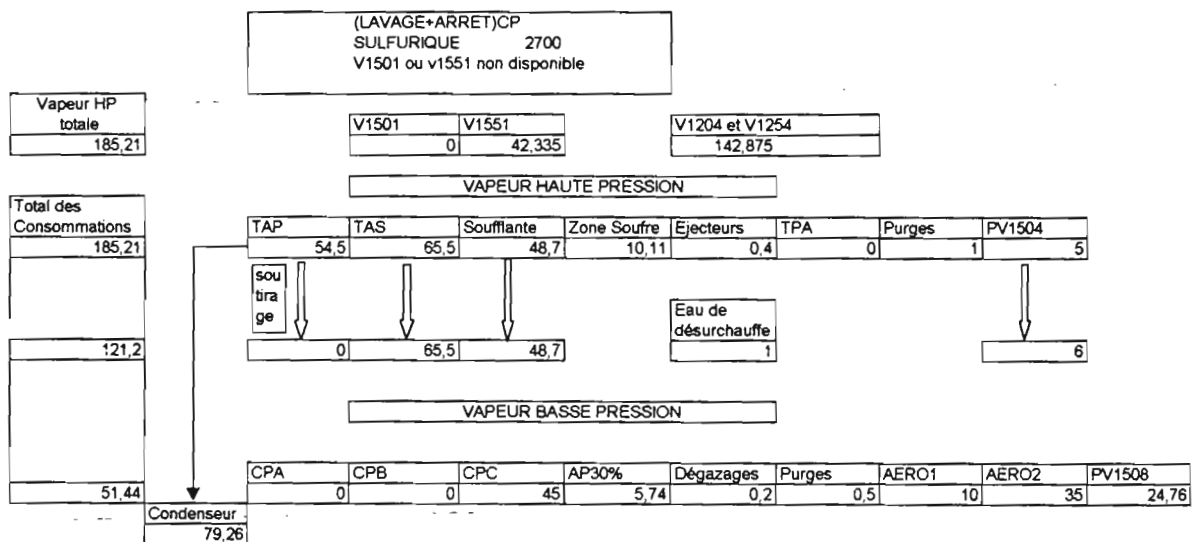
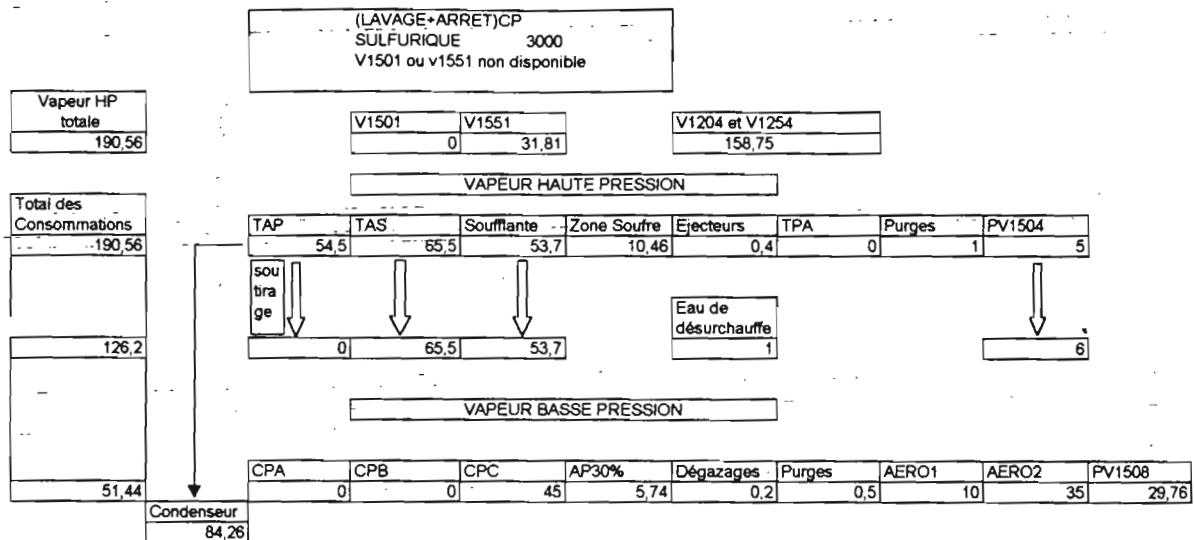


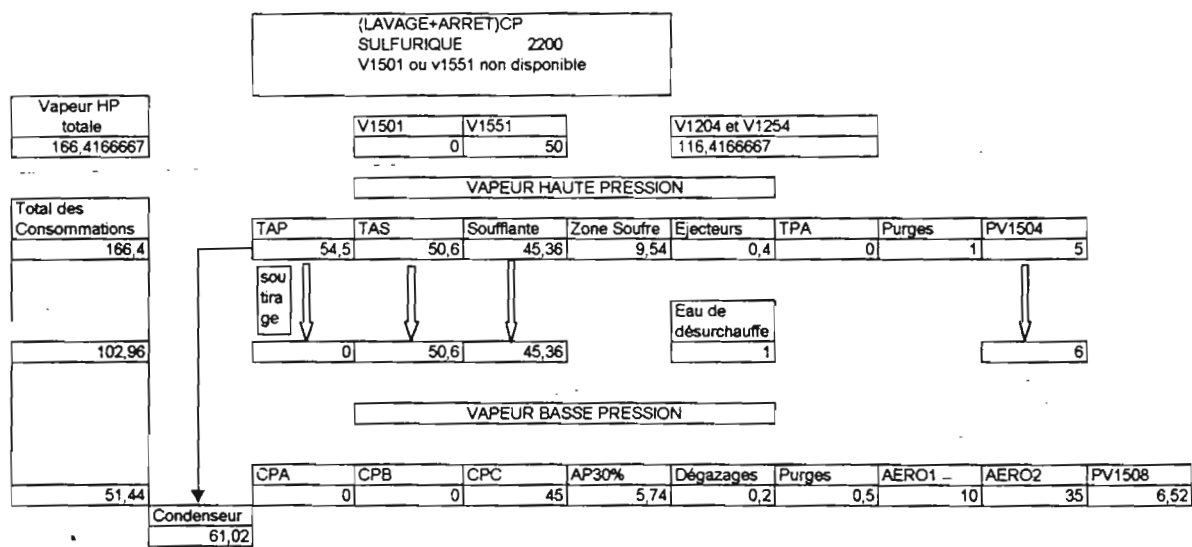
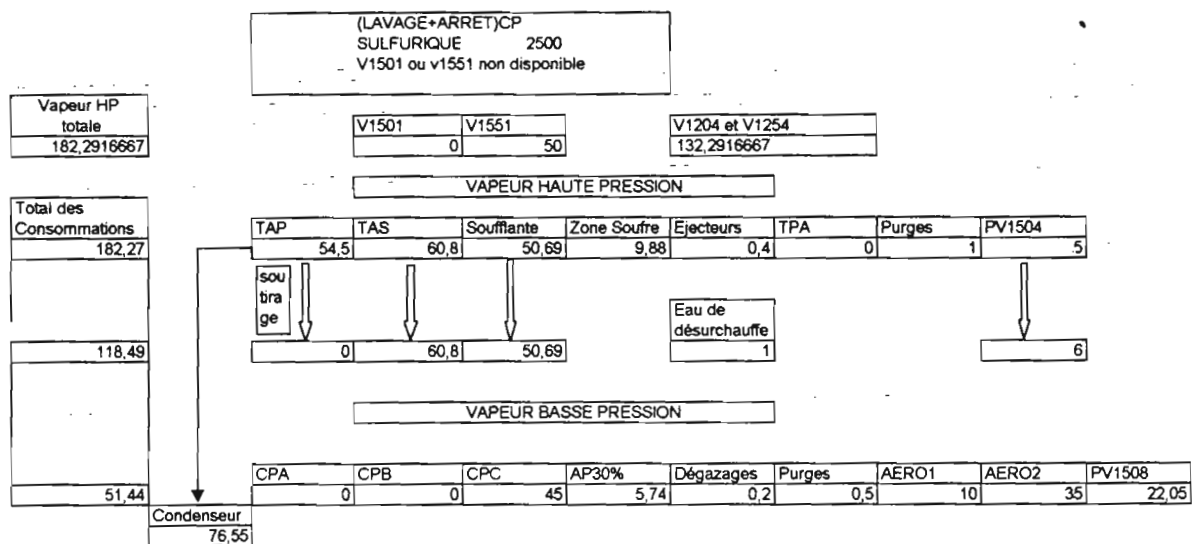












ANNEXE 5

CONFIGURATION DU DISPATCHING DE VAPEUR

V1501 et V1551 NON DISPONIBLES

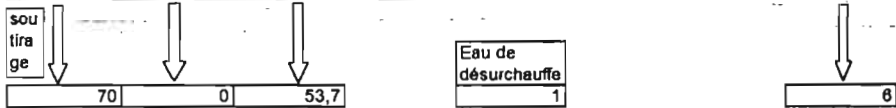
USINE AU NOMINAL
SULFURIQUE 3000
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
158,75

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
88,19	0	53,7	10,46	0,4	0	1	5



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
40	40	40	5,74	0,2	0,5	0	4,26	0

Total des Consommations
158,75
130,7
126,44
Condenseur
18,19

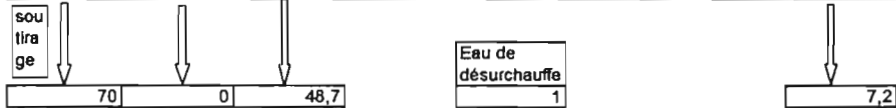
USINE AU NOMINAL
SULFURIQUE 2700
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
142,875

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
76,6	0	48,7	10,11	0,4	0	1	6



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
40	40	40	5,74	0,2	0,5	0	0,46	0

Total des Consommations
142,81
126,9
126,44
Condenseur
6,6

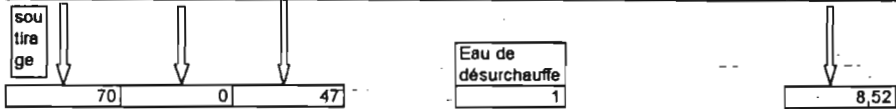
USINE AU NOMINAL
SULFURIQUE 2600
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
137,58333

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
72	0	47	10	0,4	0	1	7,1



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
40	40	40	5,74	0,2	0,5	0	0,08	0

Total des Consommations
137,5
126,52
126,44
Condenseur
2

USINE AU NOMINAL
SULFURIQUI 2500
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
132,291667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
131,97

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
65	0	50,69	9,88	0,4	0	1	5

sou tira ge					Eau de désurchauffe	
60	0	50,69		1		6

VAPEUR BASSE PRESSION

117,69

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
35	38	38	5,74	0,2	0,5	0	0,25	0

117,44
Condenseur
5

USINE AU NOMINAL
SULFURIQUI 2200
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
116,416667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
116,3

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
55	0	45,36	9,54	0,4	0	1	5

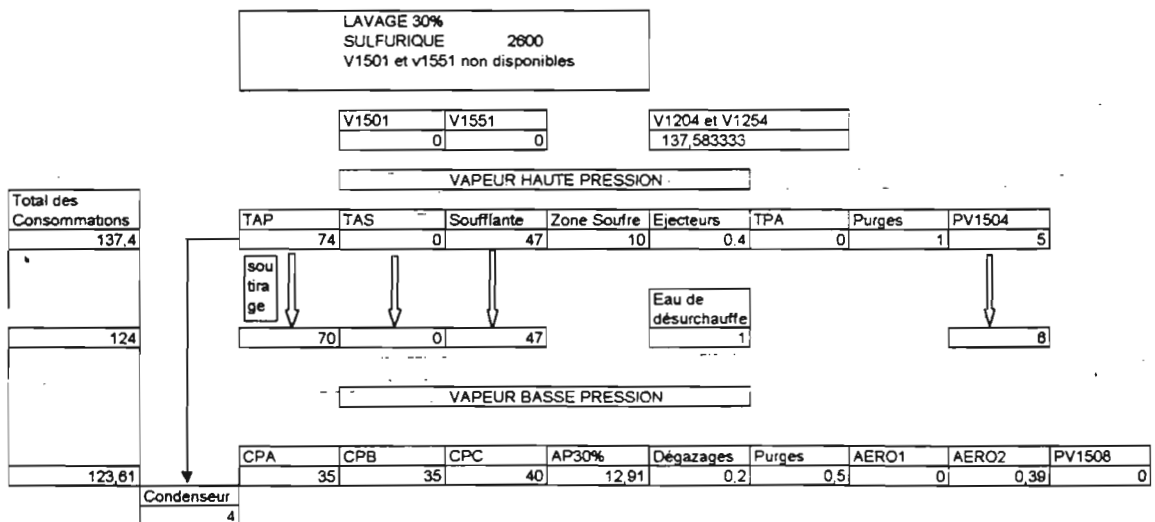
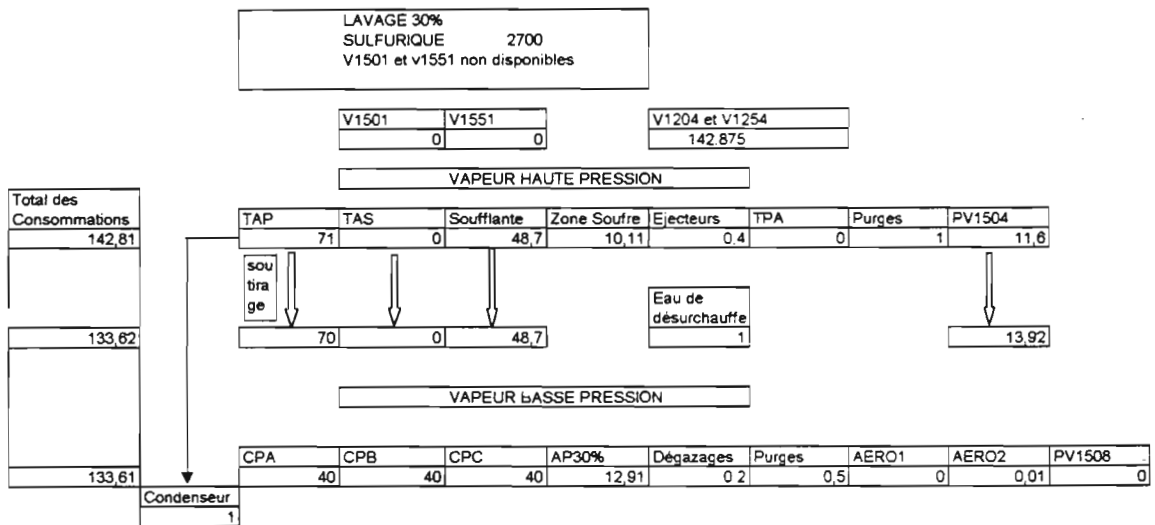
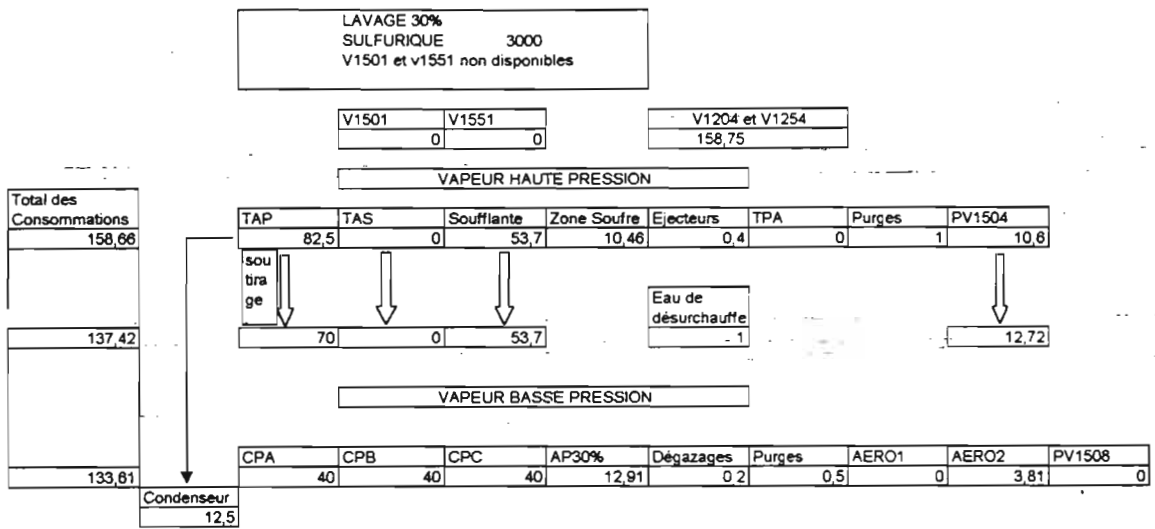
sou tira ge					Eau de désurchauffe	
50	0	45,36		1		6

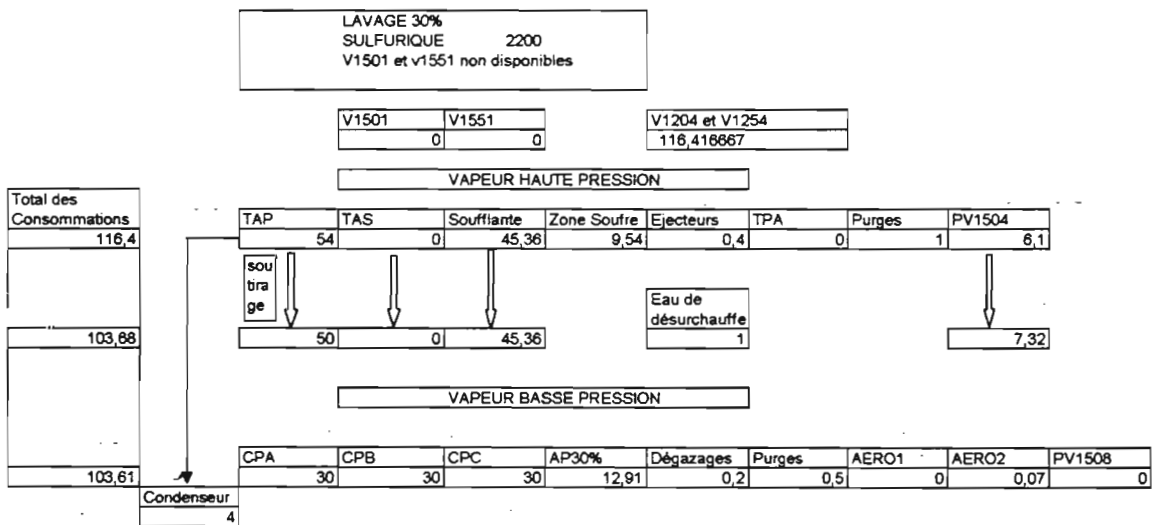
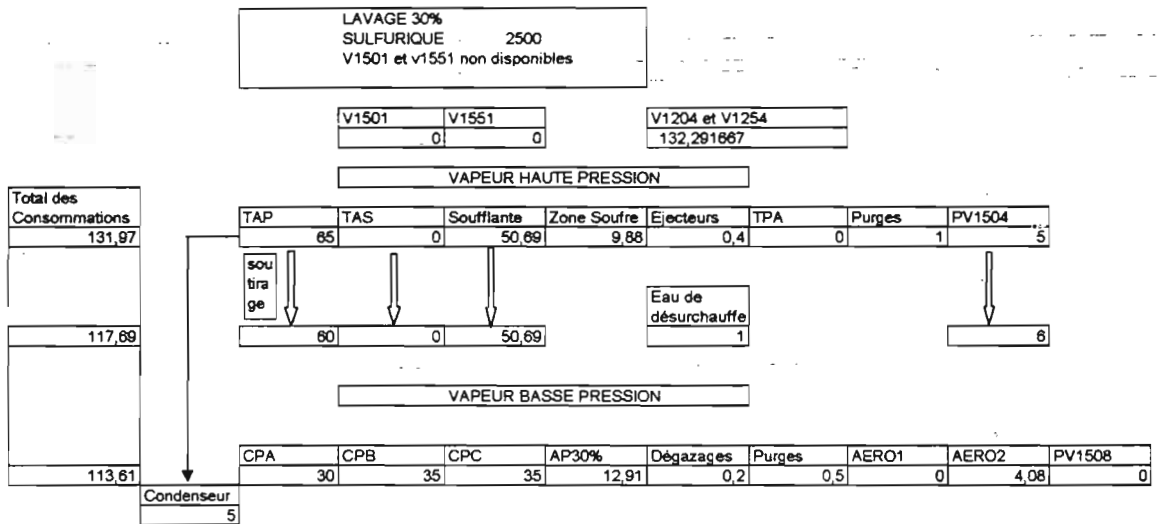
VAPEUR BASSE PRESSION

102,36

CFA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
30	30	35	5,74	0,2	0,5	0	0,92	0

101,44
Condenseur
5





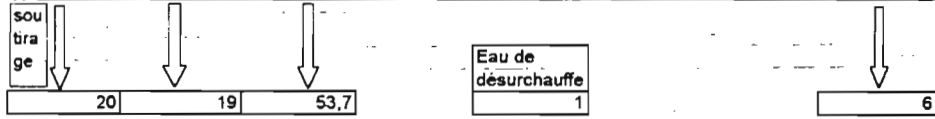
LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 3000
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
158,75

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
68,5	19	53,7	10,46	0,4	0	1	5



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	3,26	0

Total des Consommations	158,06
	99,7
	96,44

Condenseur
48,5

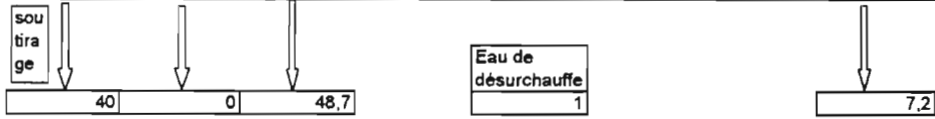
LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 2700
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
142,875

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
76,5	0	48,7	10,11	0,4	0	1	6



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	0,46	0

Total des Consommations	142,71
	96,9
	96,44

Condenseur
36,5

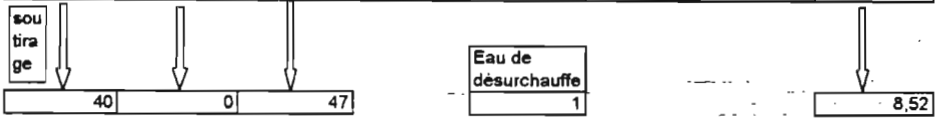
LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 2600
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
137,58333

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
72	0	47	10	0,4	0	1	7,1



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	0,08	0

Total des Consommations	137,5
	96,52
	96,44

Condenseur
32

LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 2500
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
132,291667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
132,27
97,69
96,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
65,3	0	50,69	9,88	0,4	0	1	5

sou tira ge	40	0	50,69	Eau de désurchauffe	1	6
-------------------	----	---	-------	------------------------	---	---

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	1,25	0

Condenseur
25,3

LAVAGE 1CP
SULFURIQUE 2200
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
116,416667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
118,3
102,36
96,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
55	0	45,36	9,54	0,4	0	1	5

sou tira ge	50	0	45,36	Eau de désurchauffe	1	6
-------------------	----	---	-------	------------------------	---	---

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	5,92	0

Condenseur
5

LAVAGE (30%+1CP)
SULFURIQUE 3000
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
158,75

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
52	36	53,7	10,46	0,4	0	1	5

↓	↓	↓
10	36	53,7

Eau de désurchauffe
1

↓
6

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	12,91	0,2	0,5	0	3,09	0

Condenseur
42

Total des Consommations
158,56
106,7
103,61

LAVAGE (30%+1CP)
SULFURIQUE 2700
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
142,875

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
66,5	11	48,7	10,11	0,4	0	1	5

↓	↓	↓
40	11	48,7

Eau de désurchauffe
1

↓
6

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	12,91	0,2	0,5	0	3,09	0

Condenseur
26,5

Total des Consommations
142,71
106,7
103,61

LAVAGE (30%+1CP)
SULFURIQUE 2600
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
137,583333

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
70,5	0	47	10	0,4	0	1	8,5

↓	↓	↓
50	0	47

Eau de désurchauffe
1

↓
10,2

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	12,91	0,2	0,5	0	4,59	0

Condenseur
20,5

Total des Consommations
137,4
108,2
103,61

LAVAGE (30%+1CP)
SULFURIQUE 2500
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
132,291667

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
65,3	0	50,69	9,88	0,4	0	1	5
↓	↓	↓					↓
50	0	50,69					6

sou
tira
ge

Eau de
désurchauffe
1

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	12,91	0,2	0,5	0	4,08	0

Condenseur
15,3

Total des Consommations	132,27
	107,69
	103,61

LAVAGE (30%+1CP)
SULFURIQUE 2200
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
116,416667

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
54	0	45,36	9,54	0,4	0	1	6,1
↓	↓	↓					↓
50	0	45,36					7,32

sou
tira
ge

Eau de
désurchauffe
1

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	12,91	0,2	0,5	0	0,07	0

Condenseur
4

Total des Consommations	116,4
	103,68
	103,61

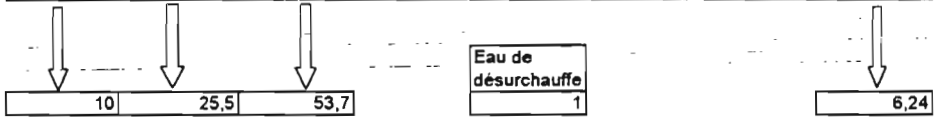
ARRET TOTAL 1CP
SULFURIQUE 3000
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
158,75

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
62,5	25,5	53,7	10,46	0,4	0	1	5,2



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	0	0

Condenseur
52,5

Total des Consommations	158,76
	96,44
	96,44

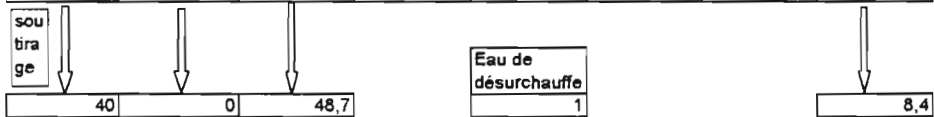
ARRET TOTAL 1CP
SULFURIQUE 2700
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
142,875

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
75,5	0	48,7	10,11	0,4	0	1	7



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	1,66	0

Condenseur
35,5

Total des Consommations	142,71
	98,1
	96,44

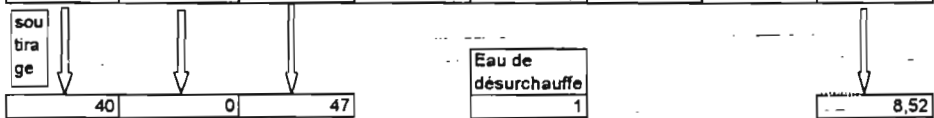
ARRET TOTAL 1CP
SULFURIQUE 2600
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
137,583333

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
72	0	47	10	0,4	0	1	7,1



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	0,08	0

Condenseur
32

Total des Consommations	137,5
	96,52
	96,44

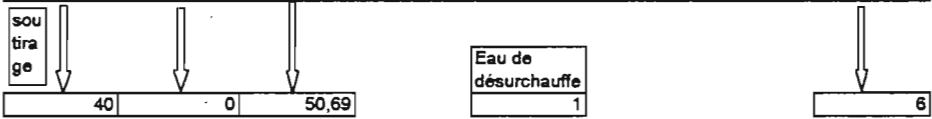
ARRET TOTAL 1CP
SULFURIQUE 2500
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
132,291667

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
65,3	0	50,69	9,88	0,4	0	1	5



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	1,25	0

Total des Consommations	132,27
	97,69
	96,44

Condenseur
25,3

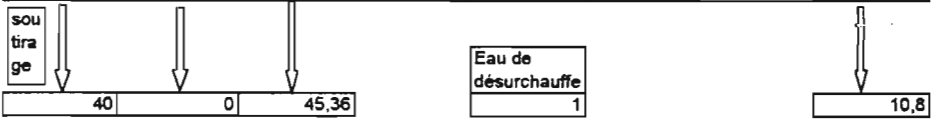
ARRET TOTAL 1CP
SULFURIQUE 2200
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
116,416667

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
51	0	45,36	9,54	0,4	0	1	9



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	45	45	5,74	0,2	0,5	0	0,72	0

Total des Consommations	116,3
	87,16
	96,44

Condenseur
11

LAVAGE 2CP
SULFURIQUE 2500
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
132,291667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
132,27
66,49
51,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
56,5	8,8	50,69	9,88	0,4	0	1	5

sou tira ge	↓	↓	↓
0	8,8	50,69	

Eau de désurchauffe
1

↓
6

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	0	15,05	0

Condenseur
56,5

LAVAGE 2CP
SULFURIQUE 2200
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
116,416667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
116,3
52,36
51,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
55	0	45,36	9,54	0,4	0	1	5

sou tira ge	↓	↓	↓
0	0	45,36	

Eau de désurchauffe
1

↓
6

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	0	0,92	0

Condenseur
55

LAVAGE 2CP
SULFURIQUE 3000
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
158,75

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
158,66
92,3
51,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
56,5	31,6	53,7	10,46	0,4	0	1	5
↓	↓	↓					↓
0	31,6	53,7					6

Eau de désurchauffe
1

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	5,86	35	0

Condenseur
56,5

LAVAGE 2CP
SULFURIQUE 2700
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
142,875

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
142,81
76,8
51,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
56,5	21,1	48,7	10,11	0,4	0	1	5
↓	↓	↓					↓
0	21,1	48,7					6

Eau de désurchauffe
1

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	0	25,36	0

Condenseur
56,5

LAVAGE 2CP
SULFURIQUE 2600
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
137,58333

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
137,4
71,5
51,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
56,5	17,5	47	10	0,4	0	1	5
↓	↓	↓					↓
0	17,5	47					6

Eau de désurchauffe
1

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	0	20,06	0

Condenseur
56,5

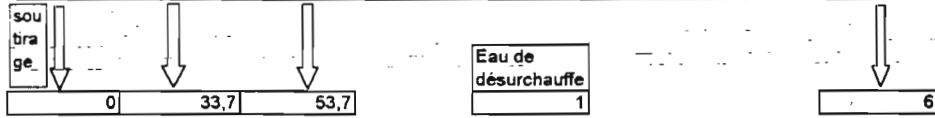
(LAVAGE+ARRET)CP
SULFURIQUE 3000
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
158,75

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
54,5	33,7	53,7	10,46	0,4	0	1	5



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	7,96	35	0

Total des Consommations
158,76
94,4
51,44

Condenseur
54,5

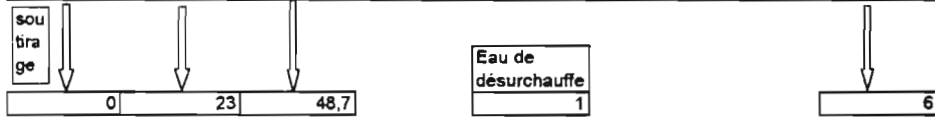
(LAVAGE+ARRET)CP
SULFURIQUE 2700
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
142,875

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
54,5	23	48,7	10,11	0,4	0	1	5



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	0	27,26	0

Total des Consommations
142,71
78,7
51,44

Condenseur
54,5

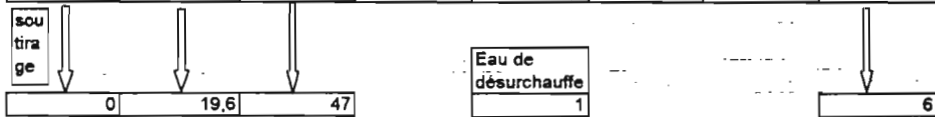
(LAVAGE+ARRET)CP
SULFURIQUE 2600
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
137,583333

VAPEUR HAUTE PRESSION

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
54,5	19,6	47	10	0,4	0	1	5



VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	0	22,16	0

Total des Consommations
137,5
73,6
51,44

Condenseur
54,5

(LAVAGE+ARRET)CP
SULFURIQUE 2500
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
132,291667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
132,27
68,49
51,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
54,5	10,8	50,69	9,88	0,4	0	1	5

sou tira ge	0	10,8	50,69	Eau de désurchauffe	1	6
-------------------	---	------	-------	------------------------	---	---

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	0	17,05	0

Condenseur
54,5

(LAVAGE+ARRET)CP
SULFURIQUE 2200
V1501 et v1551 non disponibles

V1501	V1551
0	0

V1204 et V1254
116,416667

VAPEUR HAUTE PRESSION

Total des Consommations
116,3
52,96
51,44

TAP	TAS	Soufflante	Zone Soufre	Ejecteurs	TPA	Purges	PV1504
54,5	0	45,36	9,54	0,4	0	1	5,5

sou tira ge	0	0	45,36	Eau de désurchauffe	1	6,6
-------------------	---	---	-------	------------------------	---	-----

VAPEUR BASSE PRESSION

CPA	CPB	CPC	AP30%	Dégazages	Purges	AERO1	AERO2	PV1508
0	0	45	5,74	0,2	0,5	0	1,52	0

Condenseur
54,5