



CHAMBRE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE  
DU BURKINA FASO



## **DIAGNOSTIC ENERGETIQUE COMPLET DE LA PRODUCTION DE DAFANI SA.**

### **MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT-INGENIEUR 2IE OPTION : ENERGIE ET PROCEDES INDUSTRIELS**

-----

Présenté et soutenu publiquement le [25/06/2012] par

**Ouényé Check Rachid ZIBARE**

**Travaux dirigés par :**

**Pr. Yézouma COULIBALY, enseignant chercheur à ZiE, Directeur de l'UTER GEI ZiE**

**Dr. Pousga KABORE, Expert Industriel au BRMN**

**Ing. De recherche Gildas TAPSOBA.**

*Jury d'évaluation du stage :*

Président : Francis SEMPORE

Membres et correcteurs : Pr Yézouma COULIBALY  
Dr Pousga KABORE  
Ing Ahmed SANKARA

**Promotion [2011/2012]**

## *PREAMBULE*

Ayant obtenu un DUT en Génie Mécanique et Productique à l'Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, nous avons eu le privilège de pouvoir poursuivre nos études dans une filière de notre choix pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur au sein de L'Institut international d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement en abrégé 2iE ([www.2ie-edu.org](http://www.2ie-edu.org)) entre 2009 et 2012.

Le 2iE est un établissement bilingue spécialisé dans les domaines de l'Eau, de l'Energie, de l'Environnement et du Génie Civil situé à Ouagadougou sur deux sites de 6 et 100 ha. C'est la seule école d'ingénieurs Africaine dont les diplômes sont reconnus par la Commission française des Titres de l'ingénieur (CTI). C'est un pôle d'excellence de l'UEMOA, de la CEDEAO et du NEPAD reconnu dans le reste du monde : le 2iE est membre de la conférence des grandes écoles (France) et de Campus France.

Ce mémoire vient donc clore trois années d'études à 2iE. Au-delà de toutes les épreuves académiques que nous aurons surmontées, nous sortons de cette aventure avec la conviction que « **Qui veut peut** ».

*Dédicace*

*À mes parents dont je ne finirai jamais de réaliser les sacrifices consentis à mon égard. Puissiez-vous maintenant voir le fruit de vos sacrifices mûrir.*

*À tous mes proches qui ont quitté ce monde mais dont les joyeux souvenirs resteront gravés dans mon cœur.*

*À mes frères, cousins, cousines, oncles et tantes*

*À tous mes amis avec qui je continue de gravir le mont de la connaissance.*

*À tous ceux qui par leur interaction positive ou non dans ma vie contribuent à compléter mon apprentissage. Sans vous la vie serait bien monotone!*

*Soyez abondamment bénis.*

### *Remerciements*

Le travail de mémoire est loin d'être une entreprise solitaire. Nous tenons de ce fait à exprimer toute notre reconnaissance à tous les acteurs qui ont contribué à sa finalisation. Nous citons :

- Le BRMN qui nous a abrité pour ce stage de fin de cycle,
- La société DAFANI SA pour laquelle nous avons travaillé et qui nous a garanti les conditions pour bien le faire.
- Le corps professoral de 2iE
- Le personnel de DAFANI SA.

Nous pensons plus spécifiquement à:

- M Pousga KABORE, expert Industriel au BRMN qui nous a encadré du côté de la structure d'accueil.
- M. Yézouma COULIBALY, Pr à 2iE qui nous a encadré du côté de l'école
- M. Gildas TAPSOBA, Ingénieur de recherche à 2iE et membre de l'équipe du Pr COULIBALY
- Nos camarades stagiaires avec qui des échanges fructueux ont souvent eu lieu

A tous ceux dont nous n'avons pu citer le nom

**GRAND MERCI !!!!**

## *Résumé*

Ce travail s'inscrit dans la phase pilote d'un projet sous régional qui vise à renforcer les capacités des industries de l'UEMOA. Nous avons réalisé une étude sur DAFANI SA, un fleuron de l'industrie agroalimentaire du Burkina-Faso. Inspiré de la méthodologie mise sur pied par l'ADEME sur les diagnostics énergétiques dans l'industrie, l'audit que nous avons mené aura permis de jeter les bases pour l'amélioration de tels exercices dans la phase d'exécution du projet.

Le manque d'instruments de mesure est un obstacle redondant, et entrave l'atteinte de résultats clairs dans la plupart des systèmes. L'installation d'équipements de mesure constitue une de nos recommandations majeures.

Les conclusions de cette étude sont très encourageantes du point de vue potentiel de réduction des pertes financières en phase d'exploitation car plus de 40 millions de FCFA d'économies sont envisageables sur une année de fonctionnement. Les points étudiés ont été notamment :

- L'électricité : ou l'optimisation de la facturation et l'étude des données électriques ont respectivement permis de supprimer les pénalités et de déceler des problèmes de sécurité dus à des sections de câble insuffisantes.
- La chaudière : ou l'installation d'un retour condensat et l'abaissement de la pression de production des vapeurs permettent de réduire la quantité de combustible de chaudière de 10% et d'économiser près de 2 millions de FCA/an sur la soude de traitement d'eau de chaudière et le carburant de chaudière.
- La production d'eau glacée et l'éclairage : l'isolation des canalisations d'eau glacée permet de faire des économies sur la consommation électrique des compresseurs (environ 700 000FCFA/an) tout en améliorant la qualité de refroidissement que cette eau propose. Aussi, la réduction du temps d'éclairage permet de faire des économies sur la facturation d'environ 2millions FCFA/an
- Les points sensibles du process : partant des pertes de production, nous avons identifié les points de perte, l'installation d'onduleurs sur ces points permettrait de réduire les pertes de façon considérable et donc d'augmenter les bénéfices de l'industrie

Des investissements simples de l'ordre de 10 millions de FCFA permettent de réduire de façon importante certaines consommations tout en garantissant des délais de récupération minimales tous inférieurs à 1 an.

**Mots Clés : Dafani, Retour condensat, économie d'énergie, pré diagnostic, estimation**

### *Abstract*

This work falls under the pilot phase of an under regional project which aims at reinforcing the capacities of industries of the UEMOA. We carried out a study on DAFANI SA, a floret of the agro alimentary industry of Burkina-Faso. Inspired of the methodology set up by the ADEME on the energy diagnoses in industry, the audit which we carried out will have made it possible to provide the foundations for the improvement of such exercises in the production run of the project. The lack of measurement is a redundant obstacle, which blocks the reaching of clear results in the majority of the systems. The installation of measurement equipments is one of our most important recommandations

The conclusions of this study are very encouraging regarding the potential of reduction of the financial losses in production run because more than 40 millions FCA can be saved each year. Points were studied including:

- Electricity: where optimization of billing and the study of electrical data have respectively allowed to remove the penalties and to identify safety problems due to insufficient cable sections.
- The boiler where installation of a condensate return and lowering of the production pressure of vapor can reduce the amount of boiler fuel of 10% and save approximately 2 million FCA / year on soda treatment of boiler water and boiler fuel.
- The production of chilled water and lighting: the insulation of chilled water pipes can save on power consumption of the compressors (700 000FCFA/an) while improving the quality of cooling water that has . Also, the shorter lighting can save money on billing about 2 million FCFA / year
- The critical points of the process: starting production losses, we have found points of loss, the installation of inverters on these points would reduce the losses significantly and thus increase the profits of the industry Simple investments of around 10 millions make it possible to reduce in a significant way certain consumption while guaranteeing tiny times of recovery all shorter than a year.

**Key words: Dafani, condensate return, energy saving, pre diagnosis, estimation.**

---

*Liste des abréviations*

**DDO** : Diesel Oil

**UEMOA**: Union Economique et monétaire Ouest-Africaine

**BRMN** : Bureau de Restructuration et de Remise à niveau

**PRMN** : Programme de Restructuration et de mise à niveau

**CEDEAO** : Communauté Economique des Etats d'Afrique de l'Ouest

**NEPAD** : Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique

**ADEME** : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'environnement.

---

# Sommaire

---

<u>Contenu</u>	<u>Pages</u>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>3</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>4</b>
<b>I. Introduction</b> .....	<b>6</b>
<b>A. Contexte</b> .....	<b>6</b>
<b>B. Présentation succincte du BRMN</b> .....	<b>6</b>
<b>C. Présentation de DAFANI SA</b> .....	<b>8</b>
Les produits de DAFANI SA .....	9
<b>II. Objectifs du travail</b> .....	<b>10</b>
<b>A. Objectif global</b> .....	<b>10</b>
<b>B. Objectifs spécifiques</b> .....	<b>10</b>
<b>C. Résultats attendus</b> .....	<b>10</b>
<b>III. Matériels et Méthodes</b> .....	<b>11</b>
<b>A. La préparation du pré-diagnostic avec l'industriel</b> .....	<b>11</b>
<b>B. La collecte d'informations sur site</b> .....	<b>11</b>
<b>C. Une analyse des données et la rédaction d'un rapport</b> .....	<b>11</b>
<b>D. La restitution de l'analyse préalable</b> .....	<b>12</b>
<b>E. Point 1 : Electricité</b> .....	<b>15</b>
1. Optimisation de la facturation .....	15
2. Installation électrique .....	16
3. Etude des relevés de l'analyseur de donnée. ....	16
<b>F. Point 2 : La chaudière</b> .....	<b>17</b>
1. Estimation du débit de la chaudière .....	18
2. Le retour condensat .....	20
3. La réduction de la pression d'utilisation de la chaudière .....	21
4. Le gain en soude caustique pour le traitement de l'eau de chaudière .....	21
<b>G. Point 3 : La production d'eau glacée</b> .....	<b>22</b>

---

<b>H. Point 4 : Eclairage .....</b>	<b>23</b>
<b>I. Point 5 : Les points sensibles du process .....</b>	<b>24</b>
<b>IV. Résultats.....</b>	<b>25</b>
<b>A. Point1 : Électricité.....</b>	<b>26</b>
1. Optimisation de la facturation.....	26
2. Etude des relevés de l'analyseur de donnée.....	29
<b>B. Point 2 : La chaudière.....</b>	<b>31</b>
Estimation du débit.....	31
<b>C. Point 3 : La production d'eau glacée.....</b>	<b>33</b>
<b>D. Point 4 : Éclairage .....</b>	<b>33</b>
<b>E. Point 5 : Les points sensibles du process .....</b>	<b>34</b>
<b>V. Discussion et Analyses .....</b>	<b>35</b>
<b>A. Point1 : Électricité.....</b>	<b>35</b>
Optimisation de la facturation.....	35
<b>B. Point 2 : La chaudière.....</b>	<b>37</b>
1. Estimation du débit .....	37
2. Efficacité de la chaudière.....	37
3. Le retour condensat.....	37
4. Abaissement de la pression de la vapeur d'eau de 8 à 6.5 bars.....	37
<b>C. La production d'eau glacée .....</b>	<b>38</b>
<b>D. Point 4 : Éclairage .....</b>	<b>38</b>
<b>E. Point 5 : Les points sensibles du process .....</b>	<b>38</b>
<b>VI. Conclusions .....</b>	<b>39</b>
<b>VII. Recommandations - Perspectives.....</b>	<b>41</b>
<b>VIII. Annexes.....</b>	<b>46</b>

**LISTE DES TABLEAUX**

	<i>PAGE</i>
Tableau 1 : Puissance réactive année 2 .....	27
Tableau 2 : puissance réactive année1 .....	27
Tableau 3 : Gain financier sur l'optimisation de la facturation.....	28
Tableau 4 : Comparaison des cos phi sur deux années .....	29
Tableau 5 : Section des câbles à installer sur le tronçon Transfo-TGBT.....	30
Tableau 6 : Résultat débit méthode 1 .....	31
Tableau 7 : résultat débit méthode 2 .....	31
Tableau 8 : Efficacité de la chaudière .....	31
Tableau 9 : Gain financier annuel selon les deux méthodes .....	32
Tableau 10 : Gain financier annuel grâce à l'abaissement de pression .....	32
Tableau 11 : Gain financier annuel de soude .....	32
Tableau 12 : Epaisseur d'isolant à installer .....	33
Tableau 13 : Gain financier annuel électrique sur les compresseurs frigorifiques .....	33
Tableau 14 : Gain financier annuel sur la réduction du temps d'éclairage.....	33
Tableau 15 : Gain financier annuel sur l'installation d'onduleurs .....	34
Tableau 16 : Résumé des recommandations .....	41

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
Figure 1 :situation de DAFANI SA.....	8
Figure 2 : Points d'étude DAFANI.....	14
Figure 3 : Fonctionnement typique d'une chaudière .....	19
Figure 4 : Situation du retour condensat dans le circuit de vapeur .....	20
Figure 5 : Canalisation d'eau froide .....	22
Figure 6 : Part de consommation électrique des équipements de DAFANI SA. ....	25
Figure 7 : Répartition moyenne de la facture sur la première année.....	26
Figure 8 : Répartition moyenne de la facture sur la deuxième année .....	26
Figure 9 : Profil de consommation et puissance souscrite de la première année .....	27
Figure 10 : Profil de consommation et puissance souscrite de la deuxième année.....	27
Figure 11 : Scénario de répartition de la facture après optimisation.....	28
Figure 12 : Intensités par phases de toute l'industrie.....	29
Figure 13 : Implantation des équipements de DAFANI SA. ....	30



# **I. INTRODUCTION**

## **A. CONTEXTE**

Des économies d'énergie peuvent être faites partout.

Cette assertion est bien entendu discutable mais à l'état actuel des technologies et de leur exploitation, ceci est une vérité d'ordre général. Les pays de l'UEMOA <sup>[1]</sup> dont le Burkina-Faso <sup>[2]</sup> en ont pris conscience.

Les industries sont parmi les plus grosses consommatrices d'énergie sous forme électrique mais aussi d'hydrocarbures. Elles ont un intérêt très clair à revoir leurs consommations afin de mieux contribuer au développement de leurs pays et rester compétitives dans un monde de plus en plus ouvert et où la problématique des énergies se pose de plus en plus avec acuité.

En effet, faut-il encore revenir sur la problématique des énergies ?

L'inégale répartition et la raréfaction du pétrole sur lequel repose la majorité de la production d'électricité dans les pays de l'UEMOA entre autres ; les conséquences de cette raréfaction sur les prix d'hydrocarbures et les problèmes environnementaux engendrés par les rejets des unités de transformations.

Ce sont autant d'enjeux qui démontrent l'importance des outils de l'ingénieur (les 3 R <sup>[3]</sup>) dans le but de mieux utiliser l'énergie aussi bien dans les pays du nord que sous nos tropiques. C'est donc dire que les pays Africains ont une carte à jouer et qu'il est temps de l'utiliser pour accentuer le développement des nations.

Pour y parvenir, les pays membres de l'UEMOA ont mis sur pied un programme, le PRMN (Programme de Restructuration et de Mises à Niveau de l'industrie), porté dans chaque pays par un BRMN (Bureau de Restructuration et de Mise à Niveau de l'industrie). C'est la structure qui nous a reçu en stage du 06/02/2012 au 31/06/2012 et au sein de laquelle nous avons effectué le travail présenté dans ce document.

## **B. PRESENTATION SUCCINCTE DU BRMN**

*(Un instrument de mise en œuvre de la politique industrielle nationale)*

Le tissu industriel des pays de l'UEMOA et celui du Burkina Faso est très faible et participe peu à la formation du Produit Intérieur Brut de l'union. Ainsi, la contribution de l'industrie dans l'UEMOA varie entre 12% et 27% du PIB pour un tissu de l'ordre de 2500 entreprises.

Créé en mars 2008, le BRMN, bras opérationnel au service de la restructuration et de la mise à niveau de l'industrie, est l'interface opérationnelle, mis en place par le gouvernement

pour assurer la conduite de deux programmes et en particulier en ce qui nous concerne du PRMN. Son objectif est de permettre la relance de la production industrielle, de promouvoir l'investissement, l'emploi et d'améliorer la compétitivité des économies nationales aux niveaux régional et international. Il a été adopté depuis le 22 juin 2006, par décision 12/2006/CM/UEMOA.

Logé au sein de la Chambre de Commerce et d'Industrie du Burkina Faso et animé par des cadres de cette institution, le BRMN, a démarré ses activités en juin 2008 et est chargé :

- ✓ De la promotion au niveau national, du PRMN,
- ✓ Du traitement des dossiers des entreprises éligibles au PRMN,
- ✓ De la mesure de l'impact desdits Programmes sur les entreprises bénéficiaires,
- ✓ Du suivi des prestations des Consultants commis à l'élaboration des diagnostics stratégiques des entreprises retenues pour la phase pilote du PRMN
- ✓ De la conduite des différentes études (formulation du Programme national, de mise en place des Fonds nationaux ...) initiées dans le cadre du Programme avec le concours des différents partenaires,
- ✓ Et de la conduite de toute action de promotion et de développement de l'industrie nationale.

Le comité de Pilotage National est composé de 12 membres représentant à parité le secteur Privé et l'Etat.

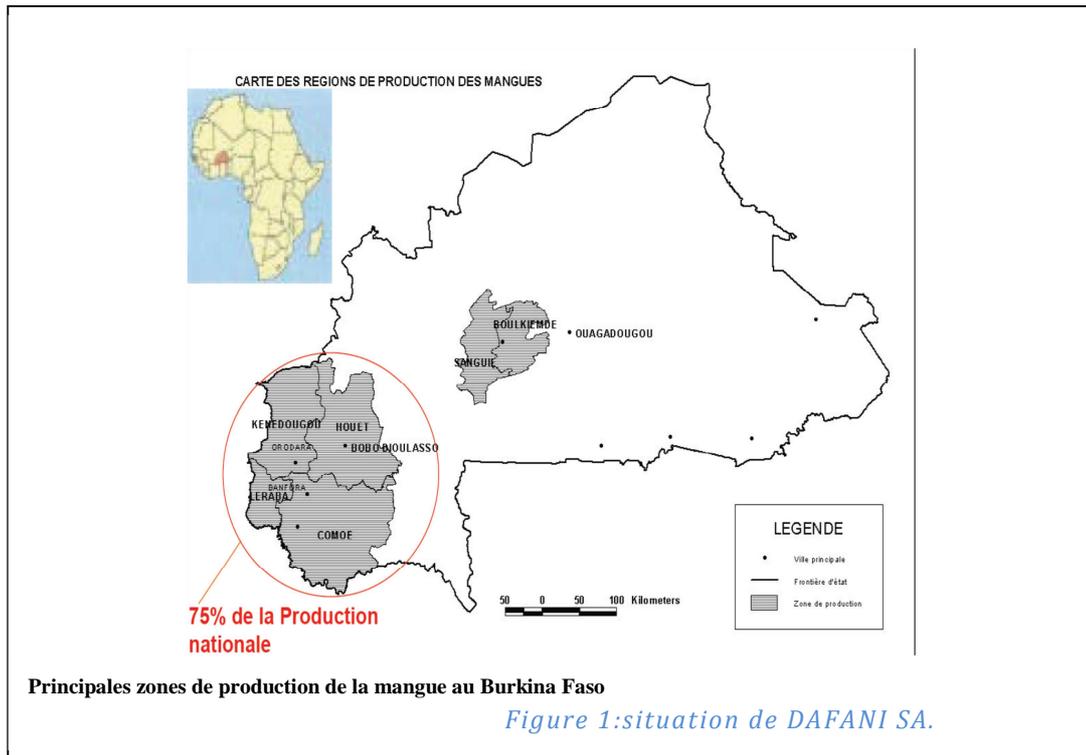
Il est responsable de :

- ✓ La coordination des interventions des partenaires au développement dans la mise en œuvre de la stratégie de restructuration et de mise à niveau des entreprises,
- ✓ La définition des modalités d'intervention des deux Programme (règlement intérieur, procédures du BRMN, critères d'adhésion au programme et taux de primes versées aux entreprises, modalité d'intervention du "Fonds de restructuration des entreprises",
- ✓ La validation des plans de restructuration ou de mise à niveau à lui soumis par le BRMN à l'issue des diagnostics stratégiques.

C'est sous la coupe de ce programme que nous avons été reçu en stage au BRMN pour réaliser le « **Diagnostic énergétique complet de la production de DAFANI SA.**»

## C. PRESENTATION DE DAFANI SA

*(Une grande ambition d'agro-business au cœur de l'Afrique de l'ouest)*



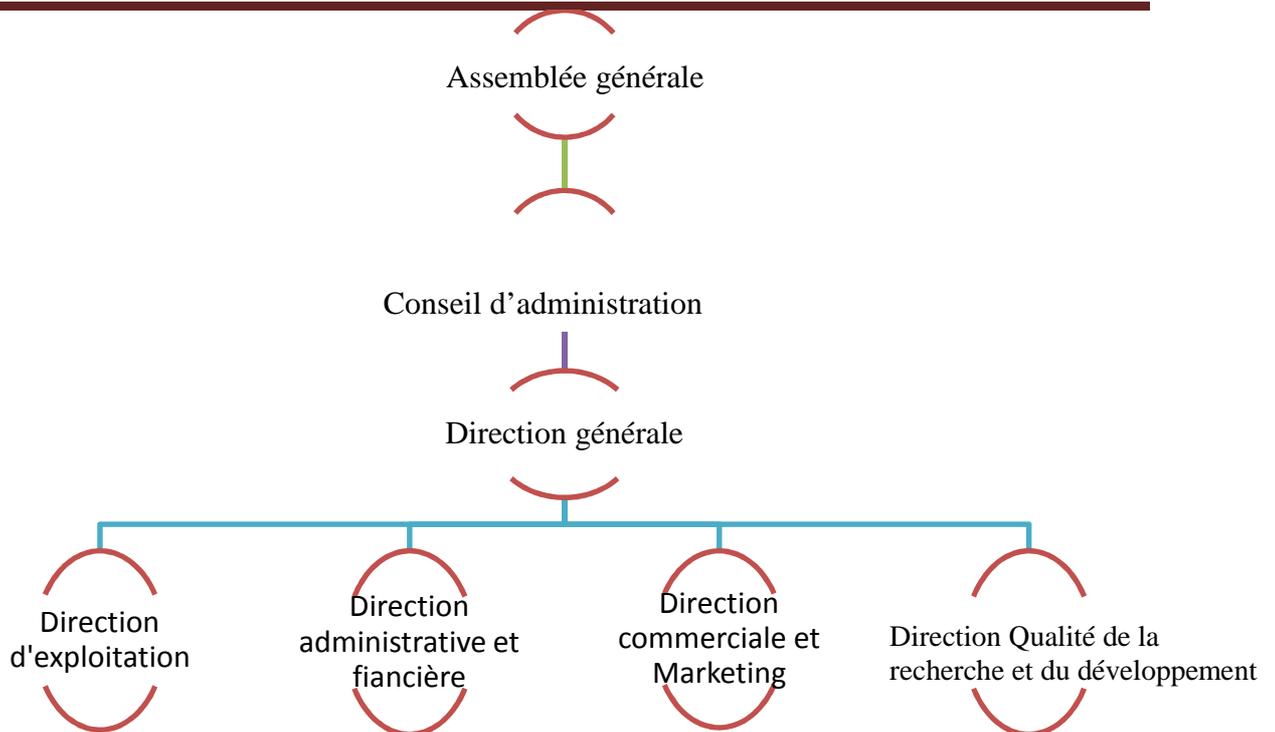
DAFANI S.A. est une société anonyme qui a démarré ses activités en 2007, avec un capital de 750 000 000 de francs CFA (environ 1 160 000 €), entièrement détenu par des actionnaires burkinabé. Les investissements de DAFANI sont chiffrés, au 31 décembre 2007 à 3 275 000 000 FCFA.

Implantée à Orodara, dans la Province du Kénédougou au Burkina Faso, l'activité de DAFANI S.A. couvre les provinces du Kénédougou, du Houet, de la Comoé et de la Léraba d'où proviennent les matières premières.

La région fournit, à elle seule, 75% des 110.000 tonnes de mangues produites chaque année au Burkina Faso

Elle a pour but la valorisation des produits locaux tels que LA MANGUE, LE BISSAP, LE TAMARIN, LA MENTHE, L'ORANGE, L'ANANAS, LE FRUIT DE LA PASSION

L'entreprise est organisée comme tel :



L'effectif de la société a évolué de 60 employés permanents en 2008 à plus de 150 personnes

### Les produits de DAFANI SA

#### a) La purée de mangue DAFANI

DAFANI S.A. produit de la purée de mangue aseptique; un produit totalement naturel fait de pulpe de mangue stérilisée par un chauffage maîtrisé ; Cette purée conserve ainsi toutes les qualités organoleptiques (l'arôme, le goût, la couleur, l'odeur...) et nutritionnelles (sels minéraux, vitamines, fibres, sucres naturels...) de la mangue fraîche.

#### b) Les NECTARS DE DAFANI

Obtenus à partir de la purée, ils résultent d'un savant mélange entre cette dernière et des arômes, ce sont **Le Nectar de mangue DAFANI ; Le Nectar d'orange DAFANI ; Le Cocktail Mangue-Orange DAFANI ; Le Cocktail Mangue-Ananas-Fruit de la passion**

## **II. OBJECTIFS DU TRAVAIL**

### **A. OBJECTIF GLOBAL**

Le stage vise à aider l'entreprise DAFANI SA à réduire ses dépenses énergétiques en particulier en électricité et hydrocarbures.

### **B. OBJECTIFS SPECIFIQUES**

Il s'agit de :

- Mener un diagnostic énergétique complet des installations en fonction de leur utilisation ;
- mettre en relation production et consommation d'énergie ;
- Proposer des améliorations permettant des gains en termes d'économie d'énergie ;
- Mener des évaluations en termes de gains par rapport aux propositions d'amélioration qui auront été trouvées.

### **C. RESULTATS ATTENDUS**

Les résultats attendus sont :

- Un diagnostic énergétique des installations ;
- Une proposition d'amélioration et les quantifications d'économies à réaliser.

### **III. MATERIELS ET METHODES**

La démarche générale de notre travail est inspirée du cahier des charges de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de Maîtrise de l'Energie) lui-même découlant des bonnes pratiques énoncées dans le BP X-30 120 de l'AFNOR sur le pré-diagnostic et le diagnostic énergétique dans l'industrie. Les étapes décrites pour l'analyse préalable sont en gros les suivantes :

#### **A. LA PREPARATION DU PRE-DIAGNOSTIC AVEC L'INDUSTRIEL.**

Avant la réunion d'enclenchement, le prestataire adresse à l'industriel, la liste des documents à fournir : plan de masse, descriptif des installations, schémas et modes de fonctionnement, moyens existants de suivi, de comptage...

- Données de production, relevés de comptage, contrats et factures d'énergie, consommations détaillées...
- Etudes déjà réalisées, rapports de contrôle réglementaire, projets d'investissements...

#### **B. LA COLLECTE D'INFORMATIONS SUR SITE.**

Lors de la réunion d'enclenchement avec le prestataire, l'industriel remet les documents demandés, fait une présentation générale du site et planifie le déroulement de la visite et des entretiens avec les différents acteurs du site concerné.

La visite des installations permet d'investiguer de manière qualitative les postes consommateurs d'énergie. Des relevés et quelques mesures ponctuelles peuvent être réalisés.

#### **C. UNE ANALYSE DES DONNEES ET LA REDACTION D'UN RAPPORT**

A l'issue de la visite et des entretiens, le prestataire traite les données et rédige le rapport comprenant le bilan de la situation énergétique du site, un programme d'actions comprenant les préconisations du prestataire et un plan de suivi des consommations d'énergie.

Les préconisations d'économies d'énergie devront couvrir les trois domaines suivants ;

Les bonnes pratiques :

- Comportementales qui relèvent de la sensibilisation et de la formation du personnel, de la connaissance des installations et du suivi d'exploitation,
- Relative aux processus d'exploitation des installations qui concernent la maintenance, la conduite des procédés, le remplacement ou la mise en place de matériels à investissement faible par exemple,

- les actions nécessitant des investissements à coût significatif, qui comportent l'étude de modification des installations et de remplacement des machines en intégrant l'efficacité énergétique.

Les actions ne manqueront pas d'être mises en cohérence avec tout engagement du site ou de l'entreprise (management environnemental, qualité, développement durable, etc..)

Ces mêmes préconisations pourront être classées selon un ordre de priorité :

- Action immédiate, permettant une économie d'énergie sans nécessiter d'investissement.
- Action prioritaire, à mener à court terme car ayant un niveau de rentabilité élevé.
- Action utile, à mettre en œuvre car de rentabilité certaine mais pouvant être différée du fait d'implications sur le fonctionnement de l'entreprise plus lourdes à gérer ou d'interactions avec des actions prioritaires. Les économies d'énergie attendues des modifications proposées, ainsi que les gains éventuels induits en termes de productivité, de maintenance, de qualité de production sont évalués. Les retombées positives sur certains critères comme par exemple les conditions de travail, la sécurité, etc... sont mentionnées.

L'impact des modifications sur l'environnement sera également mentionné (émissions de gaz à effet de serre, effluents, résidus de production, etc...)

Les mesures incitatives aux économies d'énergie seront précisées dans le rapport à l'industriel (Amortissement accéléré, fonds de garantie, crédit-bail, aides financières, certificats d'économies d'énergie...)

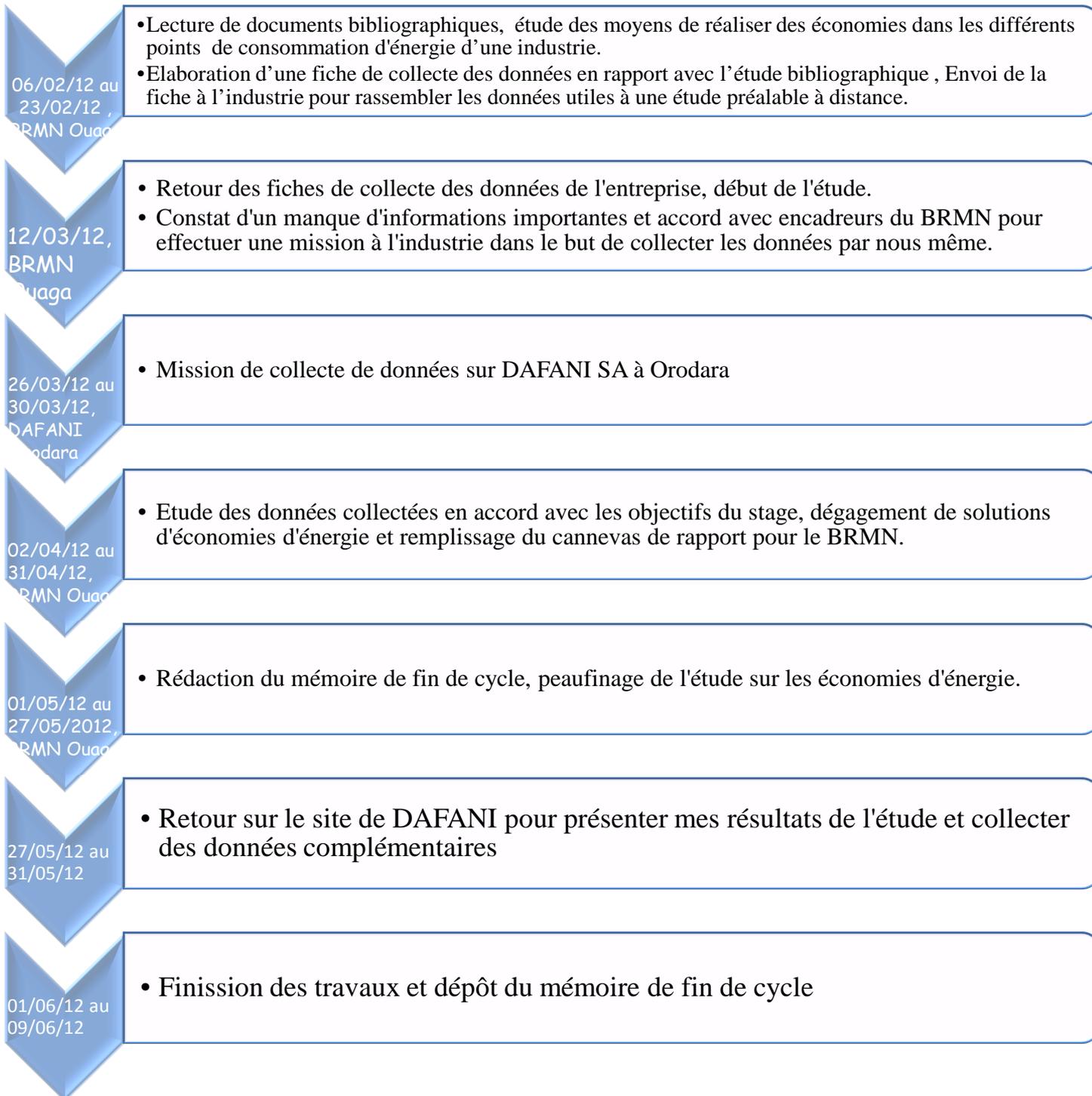
#### D. LA RESTITUTION DE L'ANALYSE PREALABLE

L'analyse préalable est présentée et discutée avec l'industriel. La restitution orale est l'occasion d'échanger les points de vue pour permettre à l'industriel de décider des suites à donner.

A la suite de cette étape, on peut avec l'accord de l'industriel réaliser une étude de faisabilité des mesures d'économie proposées et envisager une étude plus poussée de l'industrie, c'est le diagnostic.

### *Déroulement spatio-temporel du stage*

Chaque chevron décrit une étape du stage.



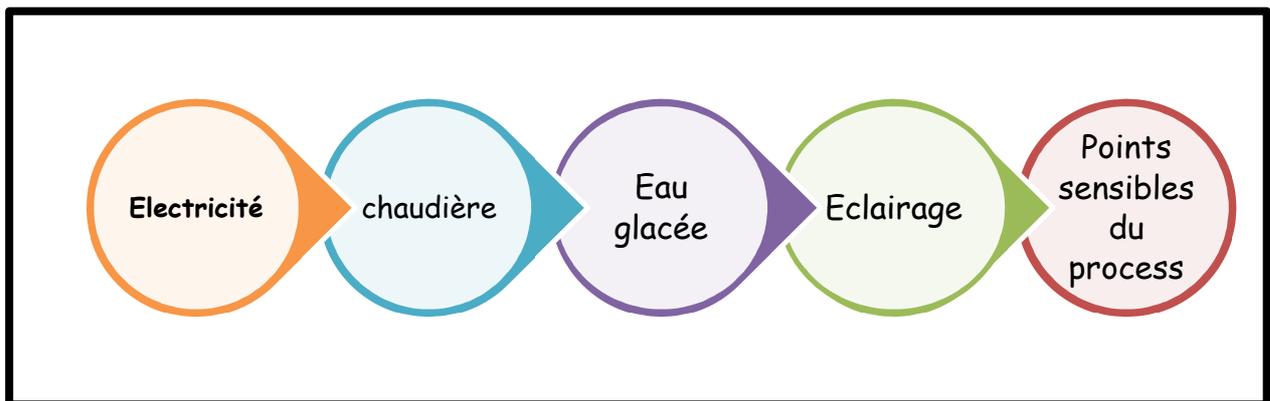
En accord avec la démarche globale de notre étude, nous avons étudié différents points du fonctionnement de DAFANI SA. Les différents points ainsi que les méthodes suivies pour aboutir à des résultats sont expliqués dans les lignes qui suivent :

### *Les points d'étude*

Au titre de la collecte des informations sur site, nous sommes parvenus à recueillir :

- Les factures électriques de l'industrie sur deux ans (2010 et 2011).
- Les index de consommation journalière de DDO pour la chaudière et de Gasoil pour le groupe électrogène sur les trois derniers mois
- Les index de consommation journalière d'eau sur les 3 derniers mois
- Les index horaires de valeur de tension dans les équipements du process sur trois mois

Nous avons fait une moyenne (annexe1) de ces différentes valeurs et avons pris ces moyennes comme base pour certains de nos raisonnements. Après une inspection des installations nous avons défini les points prioritaires de notre étude afin de sortir des résultats rapides et décisifs pour l'industrie. Ce sont par ordre :



*Figure 2: Points d'étude DAFANI*

## E. POINT 1 : ELECTRICITE

### 1. Optimisation de la facturation

L'optimisation de la facturation est l'un des plus accessibles postes d'économies financières dans l'industrie. En effet, les conditions d'abonnement et les conditions d'utilisation des multiples moteurs que contiennent les industries sont souvent sources de perte! Le coût sur dix (10) ans de fonctionnement d'un moteur électrique à raison de trois mille (3000) heures/an c'est 3% à l'achat et à l'entretien et 97% d'électricité !<sup>[4]</sup>.

Lors de notre sortie sur Orodara, nous sommes avec l'accord de la direction entré en possession des factures électriques sur une durée de 2 ans, comprenant des périodes d'arrêt. La société en a connu plusieurs à cause de problèmes financiers. Nous nous sommes proposés d'étudier ces factures de retour au bureau notamment en :

#### a) Vérifiant le calcul des factures et en analysant les consommations

Pour y parvenir, nous avons édité un outil qui permet de recalculer la facture selon les conditions de la SONABEL (annexe2).

#### b) Optimisant la puissance souscrite

Sur la base de la vérification de la facturation, nous avons tracé une courbe des consommations. Ensuite sur cette base et connaissant la puissance souscrite actuellement, nous avons proposé une autre puissance souscrite. En supposant cette mesure appliquée, nous avons estimé pour un scénario similaire les économies réalisées pour une année de fonctionnement.

#### c) Réduisant les pénalités de COS PHI

Elles sont essentiellement liées à un mauvais facteur de puissance chez DAFANI. Il n'y a pas de batteries de condensateurs installées donc nous en avons dimensionnées suivant la formule  $Q_c = Q - Q' = P(tg\varphi - tg\varphi')$  (3)

Avec :

$Q_c$  = puissance des batteries de condensateur à installer [kVAR]

$Q$  et  $Q'$  = respectivement la puissance réactive de l'installation et celle à laquelle on souhaite descendre

$tg\varphi$  et  $tg\varphi'$  = respectivement celle de l'installation et celle à laquelle on souhaite descendre

$P$  = puissance active de l'installation [kW]

Pour ce faire nous avons comparé les conditions de fonctionnement sur les deux années. Nous Pour ce faire nous avons comparé les conditions de fonctionnement sur les deux années. Nous avons choisi la deuxième année comme année de référence car ses conditions de

fonctionnement sont les plus proches de la réalité actuelle et c'est sur cette base que nous avons proposé une installation de batteries de condensateurs.

En supposant cette puissance de batteries, nous avons recalculé ce qu'une autre année de fonctionnement donnerait en termes de facturation.

## **2. Installation électrique**

Une installation électrique de qualité est gage de sécurité. Nous avons fait une inspection de l'installation dans le but de :

- ✓ Mieux la comprendre. L'absence de schéma d'installation de l'usine a été un handicap en cela.
- ✓ Détecter d'éventuels points d'amélioration.

Nous avons emporté avec nous un analyseur de donnée (annexe 3) électrique prêté par le LESEE <sup>[5]</sup> sur le site de l'usine. Sa pose dans le circuit nous a permis de relever les constantes électriques en vue d'une analyse ultérieure. Aussi, nous avons remarqué une réduction de la section des câbles entre le local du transformateur et le TGBT, ce qui nous a poussé rechercher les raisons d'une telle réduction.

## **3. Etude des relevés de l'analyseur de donnée.**

La pose de l'analyseur de donnée dans le local transfo pendant une journée nous a permis d'avoir une « photo » instantanée du fonctionnement de l'industrie.

Nous avons relevé les grandeurs suivantes (annexe 4) :

- Les intensités sur les différentes phases pour savoir s'il y a un déséquilibre des phases
- Les différentes puissances de l'installation afin de faire une comparaison avec les valeurs de puissance et de COS phi dérivables des factures
- La tension à la sortie du disjoncteur de tête situé dans le local. L'industrie subit une chute de tension de l'ordre de 28 V sur le tronçon « local transfo – TGBT » soit 6.73%. Cette valeur étant proche pour ce seul tronçon de la valeur totale admissible pour l'ensemble du circuit (8%), nous avons jugé utile de chercher la cause de cette chute. Nous avons constaté une réduction brusque et injustifiée de la section de câble sur tronçon, nous avons donc recalculé la section à poser que nous avons comparée à celle actuellement en place. Sections choisies selon le tableau 52G de la norme NF C15-100

Intensité de choix de section :  $I_z = \frac{1 \cdot I_r}{\text{produit des coefficients}}$  (4) Avec

$I_r$  = Calibre du disjoncteur = 1000 A

$1$  = facteur dans le cas d'une protection par disjoncteur

Coefficient du mode de pose : 0.8

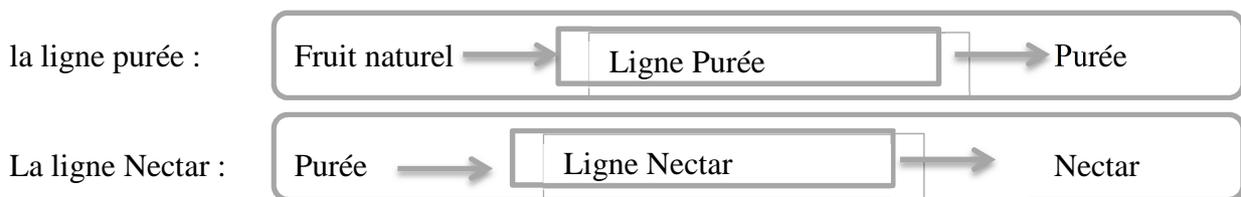
Coefficient de correction de la température du sol : 0.89

Coefficient de correction de la nature du sol : 1.05

Coefficient de correction dans le cas de plusieurs câbles dans un même circuit : 1

### *Le process de DAFANI SA*

Le process est le cœur de l'installation car tous les équipements hors process concourent à son bon fonctionnement. Chez DAFANI SA il existe deux lignes de production :



Nous avons donc :

- Analysé le fonctionnement des équipements hors process

Nous avons relevé les [caractéristiques de ces équipements](#) et compris leur apport dans le fonctionnement global de l'usine.

- Schématisé les deux lignes de production : [ligne Nectar](#) (annexe 5) et [ligne purée](#) (annexe 6).

Pour comprendre les flux d'énergie sous forme d'électricité, de vapeur surchauffée, d'air comprimé, d'eau glacée et d'eau à température ambiante et d'eau filtrée, cette étape était indispensable. A son issue, nous avons remarqué des problèmes majeurs dans le fonctionnement de l'industrie situés au niveau de la chaudière, l'installation électrique et la production d'eau glacée. Nous avons aussi visité l'éclairage et les pertes de production.

#### F. [POINT 2 : LA CHAUDIERE](#)

La première remarque sur la chaudière et les équipements hors process en général est le fait qu'ils sont maintenus en fonctionnement même en cas d'arrêt de production.

DAFANI SA. possède deux lignes de production qui fonctionnent difficilement ensemble parce que la chaudière n'arrive pas à soutenir un débit de vapeur suffisant pour les alimenter

au même moment. Il aurait donc fallu quantifier le besoin en vapeur des process de production afin de répondre à la question de savoir si la chaudière est bien dimensionnée. Au lieu de cela, nous avons voulu nous assurer que la chaudière fonctionne dans des conditions acceptables.

Le constructeur définit la production de vapeur entre 2.5 et 2.6 t/h (tonne/heure) mais dans tout le circuit de vapeur aucun appareil de mesure de débit n'est installé. La différence Il a donc fallu estimer le débit actuel de la chaudière pour arriver à déterminer son efficacité.

### 1. Estimation du débit de la chaudière

Pour cela, nous avons utilisé deux méthodes qui supposent toutes la conservation de la masse dans le circuit de production de vapeur :

- ✓ La première consiste à partir de la chaleur nécessaire pour élever un kg d'eau de 25°C (T° supposée ambiante pour notre travail) à 170°C qui est la t° de la vapeur surchauffée à 8 bars. Formule :  $Q = 4.18 * (100 - t_i) + 2254.7 + 1.92 * (t_f - 100)$  (5)

Avec Q = la chaleur [kJ]

4.18= chaleur massique de l'eau [kJ/kg]

2254.7= Chaleur latente de l'eau [kJ/kg]

1.92= chaleur massique de la vapeur d'eau [kJ/kg]

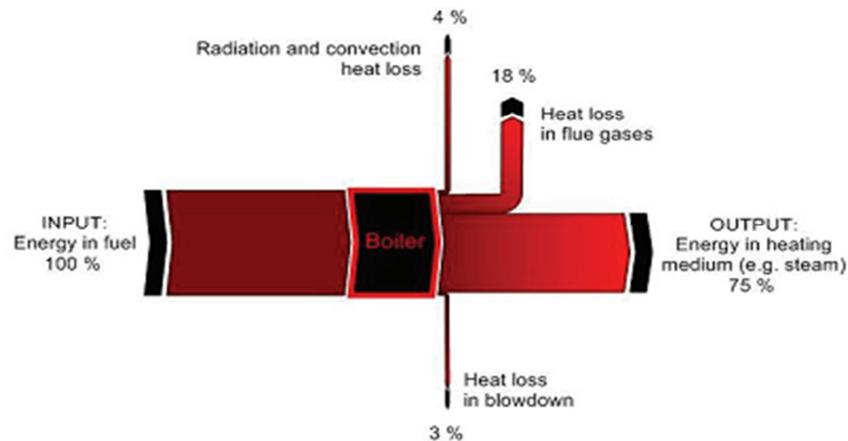
t<sub>f</sub>= température finale de la vapeur [en °C ou K]

t<sub>i</sub>= température initiale de l'eau [dans la même unité que t<sub>f</sub>]

Ensuite on recherche la quantité de combustible utilisée en moyenne par jour et les caractéristiques de ce carburant (PCI, Masse volumique). Les agents de DAFANI réalisent un relevé journalier des niveaux des deux cuves de DDO. Nous avons fait une moyenne des consommations sur les trois derniers mois obtenues sur la base des relevés.

En multipliant la quantité moyenne de DDO ramenée en masse et le PCI on arrive à la

chaleur totale produite par le DDO. Connaissant cette chaleur, on peut se fixer un rendement de la chaudière (75% selon la figure ci-contre). De là on a la part de la chaleur qui va effectivement à l'eau et on peut donc trouver la masse d'eau en faisant une division par la chaleur prise pour élever 1kg d'eau de 25 à 170°C.



Bilan typique d'une chaudière sankey éditeur & iuses 2010 ([www.iuses.eu](http://www.iuses.eu))

Figure 3: Fonctionnement typique d'une chaudière

- ✓ La deuxième méthode a consisté en une mesure de temps de fonctionnement de la pompe qui fait l'appoint d'eau dans la chaudière sur une période d'environ 1h. Ensuite, nous avons fait une moyenne des temps de fonctionnement et des temps d'arrêt de la dite pompe. Connaissant son débit horaire, nous arrivons à une estimation de la quantité d'eau pompée en une heure.

Partant donc de ce débit et du débit de DDO optenu, nous pouvons calculer l'efficacité de la chaudière avec la formule

$$\eta_{chaudière} = \frac{\dot{m}_{vapeur} * (h_{vapeur} - h_{eau})}{\dot{m}_{DDO} * PCI} \quad (6) \quad \text{Avec}$$

$$\dot{m}_{vapeur} = \dot{m}_{eau} = \text{valeur trouvée par les méthodes d'estimation [kg/j]}$$

$$\dot{m}_{DDO} = [\text{kg/j}]$$

$$h_{vapeur} \text{ PCI et } h_{eau} = [\text{kJ/kg}]$$

Connaissant dans les deux cas les conditions de fonctionnement de la chaudière, nous avons comparé les efficacités obtenues. La méthode 1 nous donne un résultat théorique tandis que la méthode 2 basée sur des mesures nous donne un résultat plus proche des conditions d'exploitation actuelles.

## 2. Le retour condensat

Le retour condensat est un point capital dans le fonctionnement d'une chaudière. La présence d'un retour condensat évite à l'industrie de perdre beaucoup de combustible pour élever l'eau en chaleur sensible car le retour condensat est réinjecté dans la chaudière. Chez DAFANI SA, le retour condensat est rejeté dans la nature au lieu d'être réutilisé

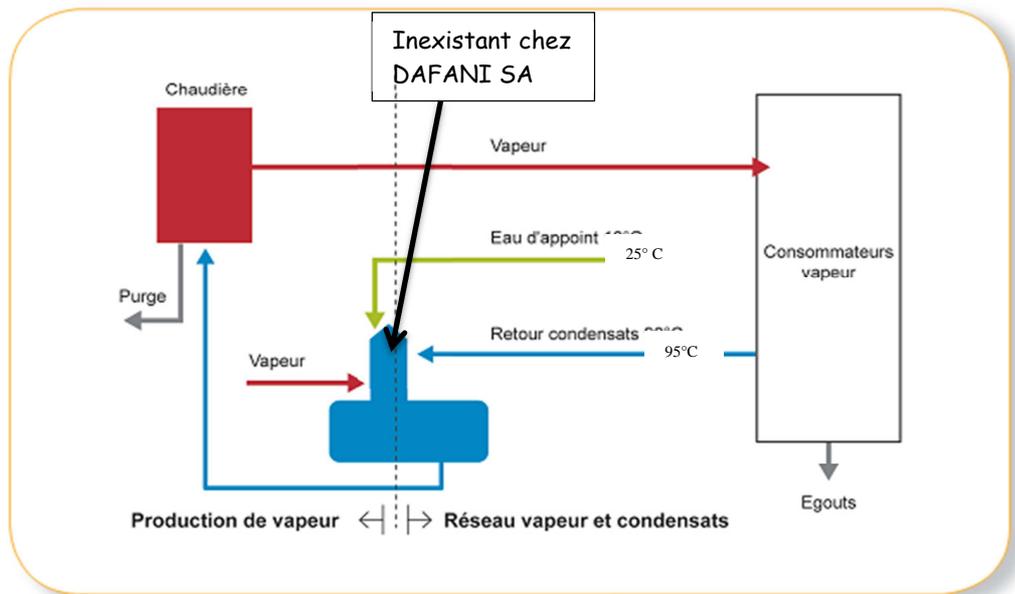
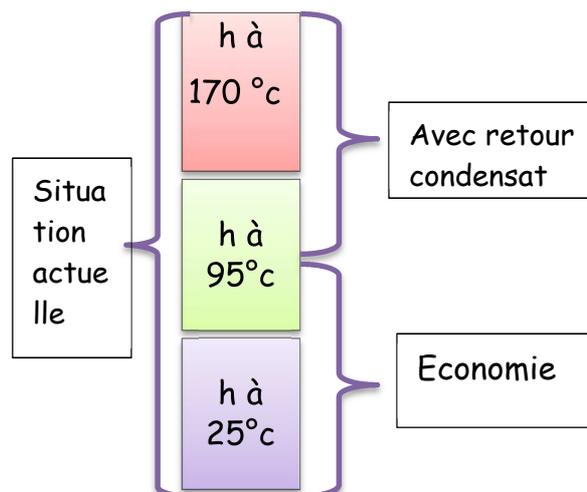


Figure 4: Situation du retour condensat dans le circuit de vapeur

Nous avons donc mené une étude du gain potentiel réalisable si ce retour condensat était exploité. Voici la méthodologie utilisée :

Partant de la formule (2) nous fixons l'efficacité et nous prenons le débit massique de DDO comme inconnue en considérant pour «  $h_{\text{eau}}$  » l'enthalpie du retour condensat soit à environ 95°C.



$$\text{Gain (an)} = (\text{Ancienne Quantité} - \text{Nouvelle quantité}) \times \text{Prix DDO} * \text{Nbre de jours/an} \quad (7)$$

### **3. La réduction de la pression d'utilisation de la chaudière**

Pour une pression Max de 10 bars, la chaudière est exploitée à 8 bars. Les process l'utilisent à 6 bars, ce qui signifie une perte en ligne de 2 bars due aux fuites qui sont nombreuses sur la ligne de vapeur. Une première mesure d'économie serait de baisser la pression des vapeurs au niveau de la chaudière jusqu'à 6.5 bars par exemple. Nous gagnerions en quantité de DDO utile pour jadis faire une surchauffe excessive. Nous avons estimé ce gain avec :

$$\begin{aligned} \text{Gain [FCA/an]} &= \text{Quantité de DDO économisée/an } (Q_{\text{DDO}}) \times \text{prix actuel du DDO} \\ \text{Avec } Q_{\text{DDO}} [\text{l/an}] &= 1/\varphi_{\text{DDO}} [\text{l/kg}] * (Q \text{ économisée/an } (Q) [\text{kJ}] / \text{PCI}_{\text{DDO}} [\text{kJ/kg}]) \quad (8) \\ Q &= (\text{masse vapeur/an}) * c_p \text{ vapeur} * (\text{temp à 8bars} - \text{temp à 6.5 bars}) \end{aligned}$$

L'installation d'un retour condensat a plusieurs effets sur les consommations de l'usine. Certains ne sont pas très utiles à estimer tels que le gain électrique sur le fonctionnement des pompes ou le gain en eau pompée depuis le forage car la chaudière ne constitue que 5% de la consommation journalière d'eau. Mais d'autres tels que le gain en achat de soude pour traiter l'eau de chaudière sont plus déterminants :

### **4. Le gain en soude caustique pour le traitement de l'eau de chaudière**

Dans le fonctionnement d'une chaudière classique, nous perdons environ 3% de l'eau dans la purge. Au vu des nombreuses fuites sur le réseau de vapeur de DAFANI, et du fait que la purge n'est pas automatisée, nous supposons cette perte à 10% pour être large.

Connaissant la quantité d'eau utilisée par la chaudière par jour, nous retombons en soustrayant les 10% à la quantité d'eau effectivement recyclée. C'est autant d'eau qui ne sera plus traitée. Vu qu'on récupère 90% par le retour condensat, la quantité d'eau traitée va correspondre à l'appoint soit 10% de la quantité initiale.

On réduit ainsi la quantité d'eau traitée à la soude et par la même la quantité de soude à 10% de la quantité initiale.

Après entretien avec le laboratoire de DAFANI, nous avons compris que l'usine utilise une concentration de 4% de soude, soit 4kg de soude pour 100kg d'eau. En 13h de fonctionnement, l'usine a pompé 80 kg de cette solution soit 3.2kg de soude soit 6kg sur 24h. Pour un gain de 90% sur cette quantité on calcule la masse de soude économisée. Pour 300 jours de fonctionnement et le prix de la soude connu, nous estimons ce qui sera un gain annuel pour la société sur les achats de soude.

$$\text{Gain/an} = \text{Masse de soude économisée/jour} \times \text{nombre de jours (300)} \times \text{prix du kg de soude} \quad (9)$$

G. POINT 3 : LA PRODUCTION D'EAU GLACÉE

La société dispose de deux groupes de production d'eau glacée. Cette eau est envoyée dans le process pour échange de chaleur cependant aucune canalisation d'eau glacée n'est isolée. Cela entraine des pertes de froid en ligne.

Connaissant les conditions extérieures nous avons la section d'isolant à poser pour avoir des pertes de la valeur admissible de 10 W/ml Formule :  $\phi = \frac{\Delta t}{R}$  (10) Avec

$\phi$ = flux de chaleur échangé entre l'eau et le milieu extérieur [W]

$\Delta t$ = Différence de température entre l'eau et le milieu extérieur [°C ou K]

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = \left[ \frac{1}{h_h \cdot S} \right]_1 + \left[ \frac{\ln(r_{ext}/r_{int})}{2 \pi \lambda l} \right]_2 + \left[ \frac{\ln(r_{ext}/r_{int})}{2 \pi \lambda l} \right]_3 + \left[ \frac{1}{h_{ex} \cdot S} \right]_{ext} \quad (11)$$

Avec

R= résistance thermique [°C/W] ou [K/W]

On trouve ainsi l'épaisseur d'isolant à poser. Connaissant l'économie de froid ainsi réalisée, nous pouvons trouver le gain en électricité par division par le COP de la machine froid et donc en francs pour un coût moyen du kWh de 88.9 FCA

$$\text{Gain} = \frac{\text{Puisasnce froid économisée}}{\text{COP machine froid}} * \text{temps} * \text{prix kWh} \quad (12)$$

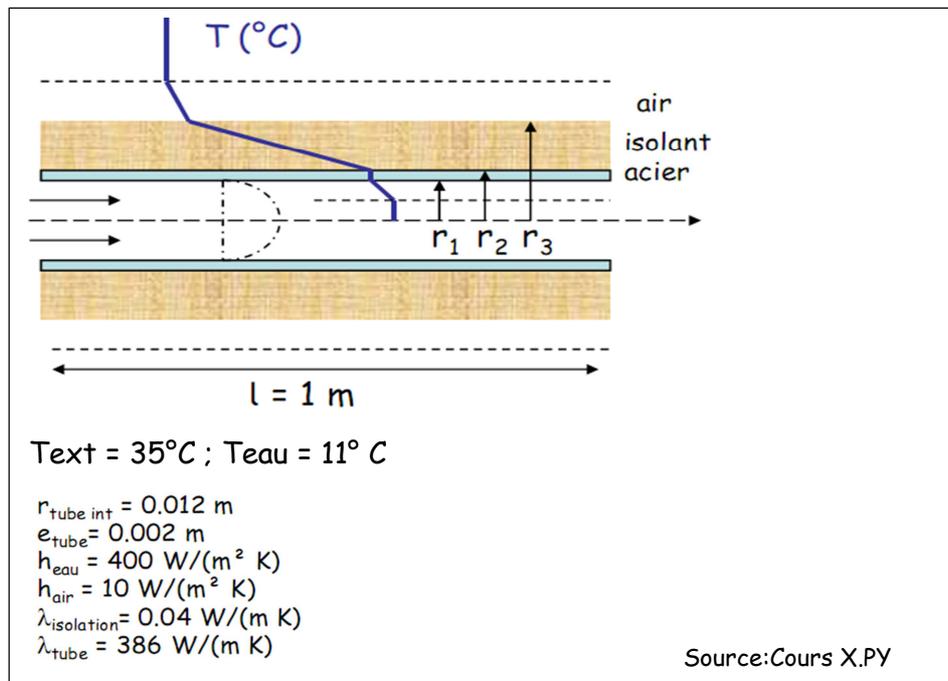


Figure 5: Canalisation d'eau froide

#### H. POINT 4 : ECLAIRAGE

Chez DAFANI SA, il y a 3 équipes d'agents qui se relaient pour faire fonctionner les unités 24h/24. Entre les rondes, les tubes fluorescents qui assurent l'éclairage restent allumés. Nous n'avons pas pu vérifier si l'éclairage était suffisant dans les locaux mais nous avons envisagé des mesures sans investissement pour réduire les consommations à ce niveau. L'usine dispose d'une puissance installée d'environ 20kWe pour l'éclairage. Environ 10 kW fonctionnent 24h/24 tous les jours, principalement pour éclairer le hall de production. Nous avons supposé une réduction du temps de fonctionnement de ces lampes de 8h (entre 8h et 16h). Pour un prix moyen du kWh supposé à 88.9 FCFA, nous avons estimé le gain annuel pour un fonctionnement de 300jr/an.

Gain= puissance des lampes x Temps d'utilisation en moins des lampes x prix du kWh (13)

## I. POINT 5 : LES POINTS SENSIBLES DU PROCESS

Sur la ligne nectar, la remplisseuse cause des pertes de production en cas de microcoupures d'électricité qui peuvent survenir surtout en saison hivernale.

Sur la ligne purée, c'est l'aseptique qui crée des pertes de production pour les mêmes raisons. Pour cette période, l'usine fonctionne sur son groupe électrogène, ce qui lui revient plus cher car le groupe consomme en moyenne 875 litres de Gasoil/jour (lorsqu'il est utilisé sans arrêt).

Pour y palier nous avons proposé l'installation d'onduleurs pour prendre en charge ces seuls équipements. Connaissant leurs puissances [kW], nous avons déterminé la puissance des onduleurs qu'il faut leur attribuer [kVA] en supposant un cos phi de 0.8.

La rentabilité dans ce cas est fonction de la différence entre le coût d'utilisation du groupe contre le secteur et des pertes engendrées par les microcoupures sur les lignes.

Connaissant la valeur moyenne de la facture mensuelle, on détermine la valeur moyenne journalière de la facture. On soustrait cette valeur de ce que le groupe coûte en Gasoil par jour et on a la différence. Cette différence rajoutée à la perte journalière que l'usine aurait subie sans les onduleurs nous donne le gain financier journalier que les onduleurs engendrent. Le délai de récupération est ensuite estimé en divisant le coût d'acquisition des onduleurs par le gain moyen journalier plus les frais liés à l'utilisation et l'entretien de ces derniers.

L'application des méthodes décrites ci-dessus nous a permis d'aboutir à des résultats présentés dans la suite de notre étude.

NB : En annexe 7 on retrouve la [feuille de calcul que nous avons éditée pour calculer les délais de récupération](#) des différents équipements que nous proposons d'installer.

## IV. RESULTATS

### DAFANI SA : Constat sur les installations

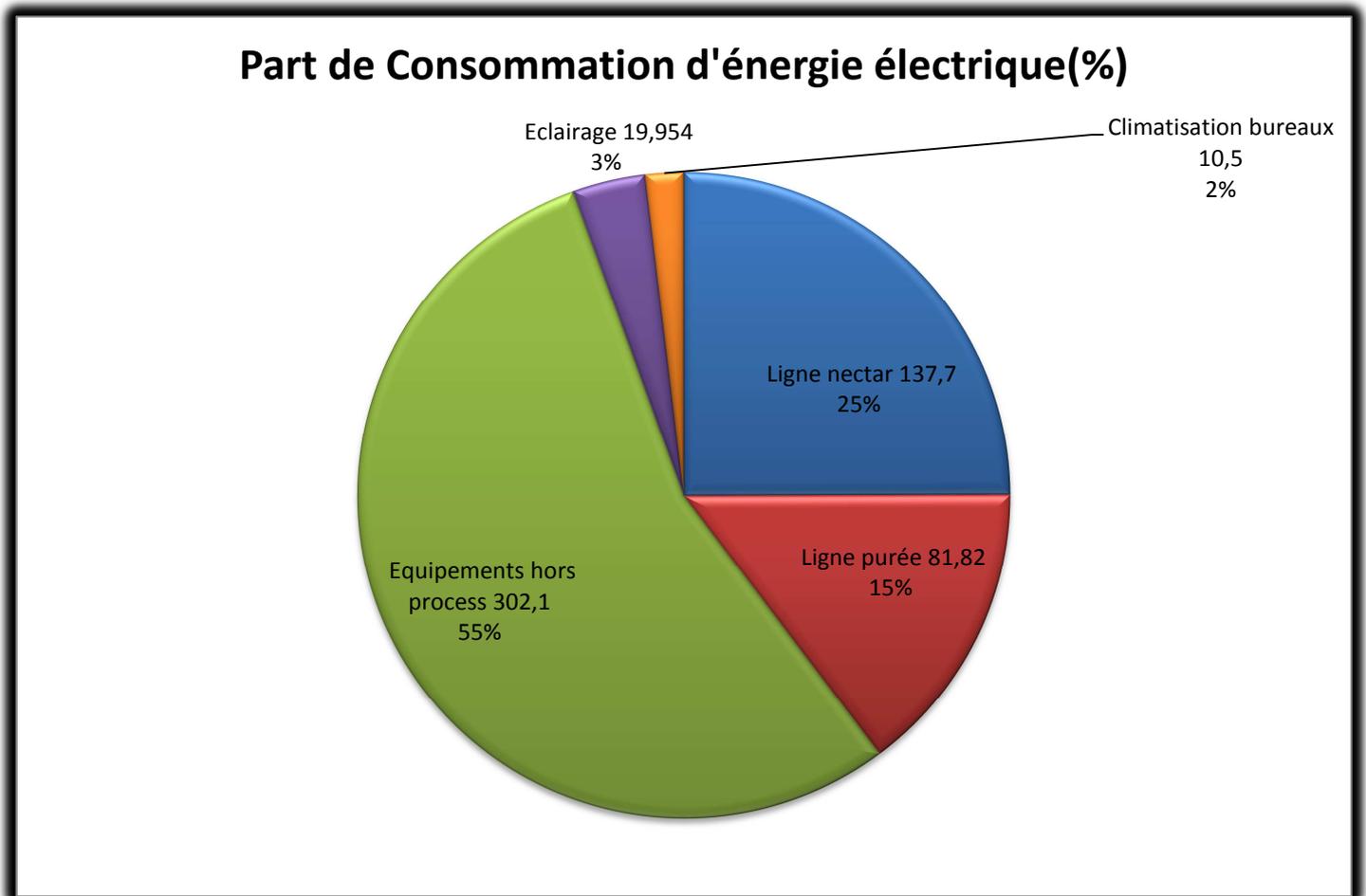


Figure 6: Part de consommation électrique des équipements de DAFANI SA.

## A. POINT 1 : ÉLECTRICITÉ

### 1. Optimisation de la facturation

#### a) Vérification de la facturation et analyse des consommations.

Plusieurs outils d'optimisation de la facturation existent mais aucun de ceux que nous avons croisés ne permettait de retrouver la valeur de la facture telle que calculée par la SONABEL. Dans ce cas comment optimiser sur une base différente de celle de la SONABEL? Nous avons donc édité une [feuille de calcul de la facturation selon les formules appliquées par la SONABEL](#). Après calcul, tous les résultats correspondaient à ceux trouvés par la SONABEL. Leur analyse nous a donné :

### An 2010: Répartition moyenne de la facture/mois

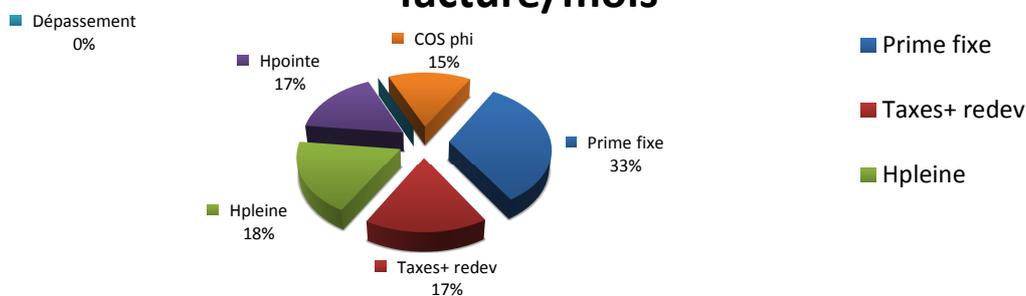


Figure 7: Répartition moyenne de la facture sur la première année

### Année 2011: Répartition moyenne de la

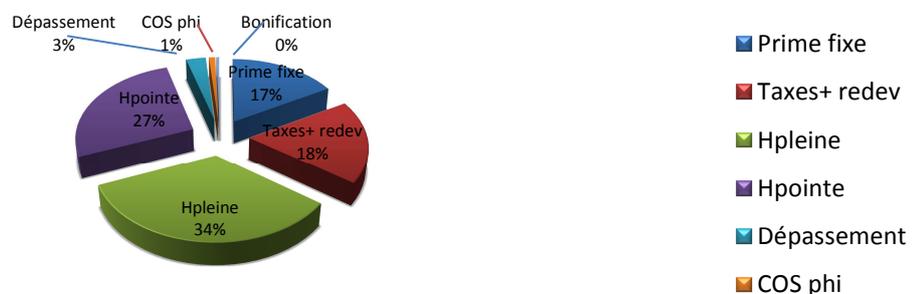


Figure 8: Répartition moyenne de la facture sur la deuxième année

Les consommations en H pleines et H de pointe sont incompressibles chez DAFANI SA.

Le coût de la prime fixe est influencé par la puissance souscrite.

Les taxes + redevance sont fortement influencées par la TVA

Les pénalités de COS PHI peuvent être supprimées.

#### b) Optimisation de la puissance souscrite

L'analyse de la consommation adossée à la puissance souscrite donne :

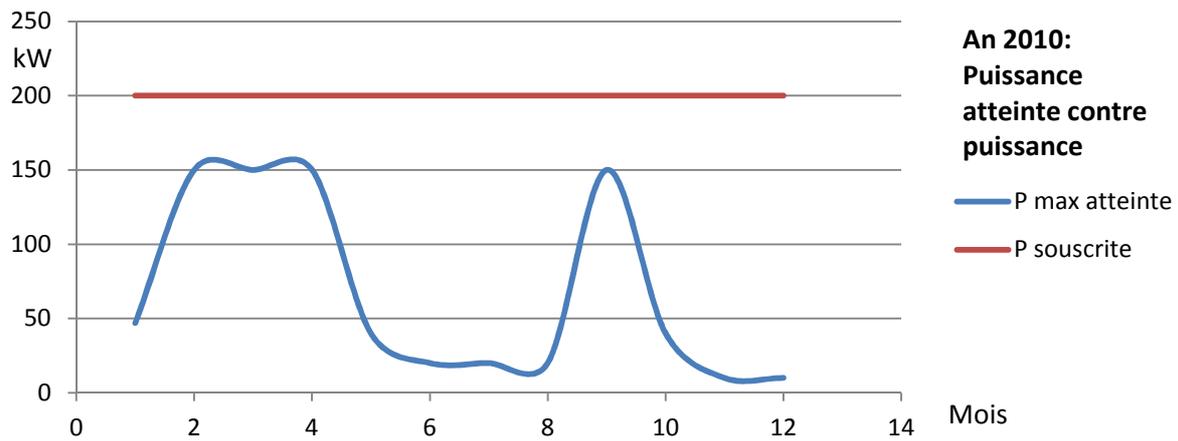


Figure 9: Profil de consommation et puissance souscrite de la première année

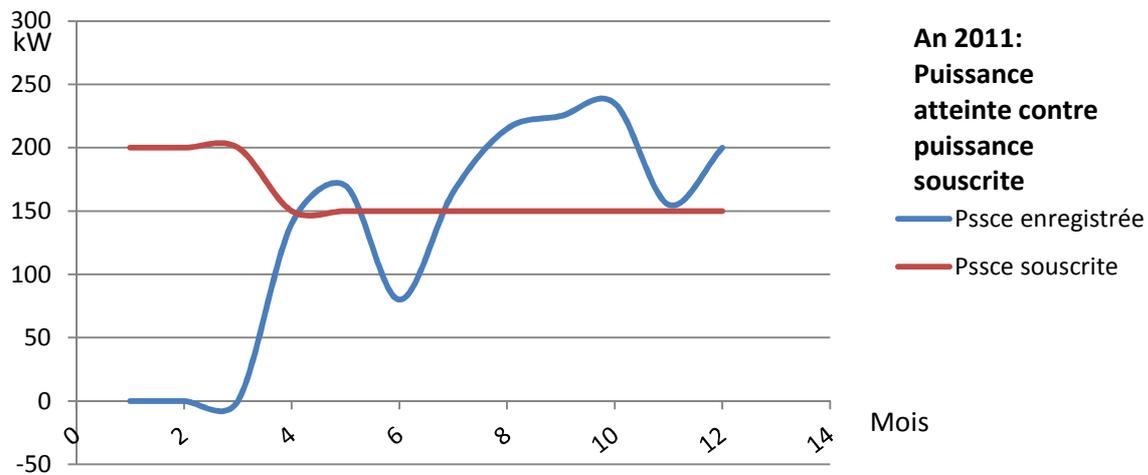


Figure 10: Profil de consommation et puissance souscrite de la deuxième année

c) Réduction des pénalités de COS PHI

Nous avons calculé et comparé les puissances de batteries de condensateur à installer dans les deux cas (année 1 et année 2) sur la base des cos phi moyens de chaque année.

Tableau 2: puissance réactive année1

Année 2010 : P moyen [kW]= 19.29

COS PHI MOYEN	COS PHI DESIRE	Q CONDO [KVAR]
0.66	0.95	<u>15.88</u>

Tableau 1: Puissance réactive année 2

Année 2011 ; P moyen [kW] = 59.51

COS PHI MOYEN	COS PHI DESIRE	Q CONDO [KVAR]
0.82	0.95	<u>21.38</u>

**Puissance recommandée de batteries de condensateurs = 20kVar**

Résultats après optimisation

Scénario de répartition de facturation après optimisation

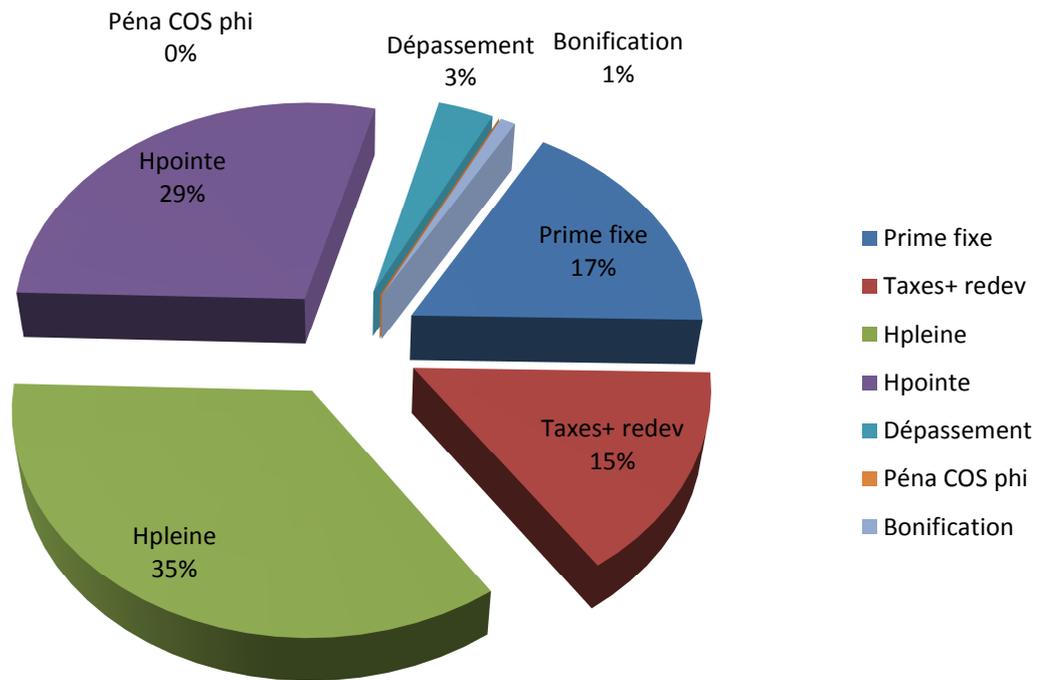


Figure 11: Scénario de répartition de la facture après optimisation

Tableau 3 : Gain financier sur l'optimisation de la facturation

	FACTURE MOYENNE ANNUELLE	PRIX MOYEN DU KWH	GAIN FINANCIER POTENTIEL ANNUEL
Année de référence	4 106 190	95.12	<b><u>3 203 784</u></b>
Scénario d'amélioration de la facturation	3 839 208	88.9	

**2. Étude des relevés de l'analyseur de donnée.**

**a) Les intensités sur les différentes phases**

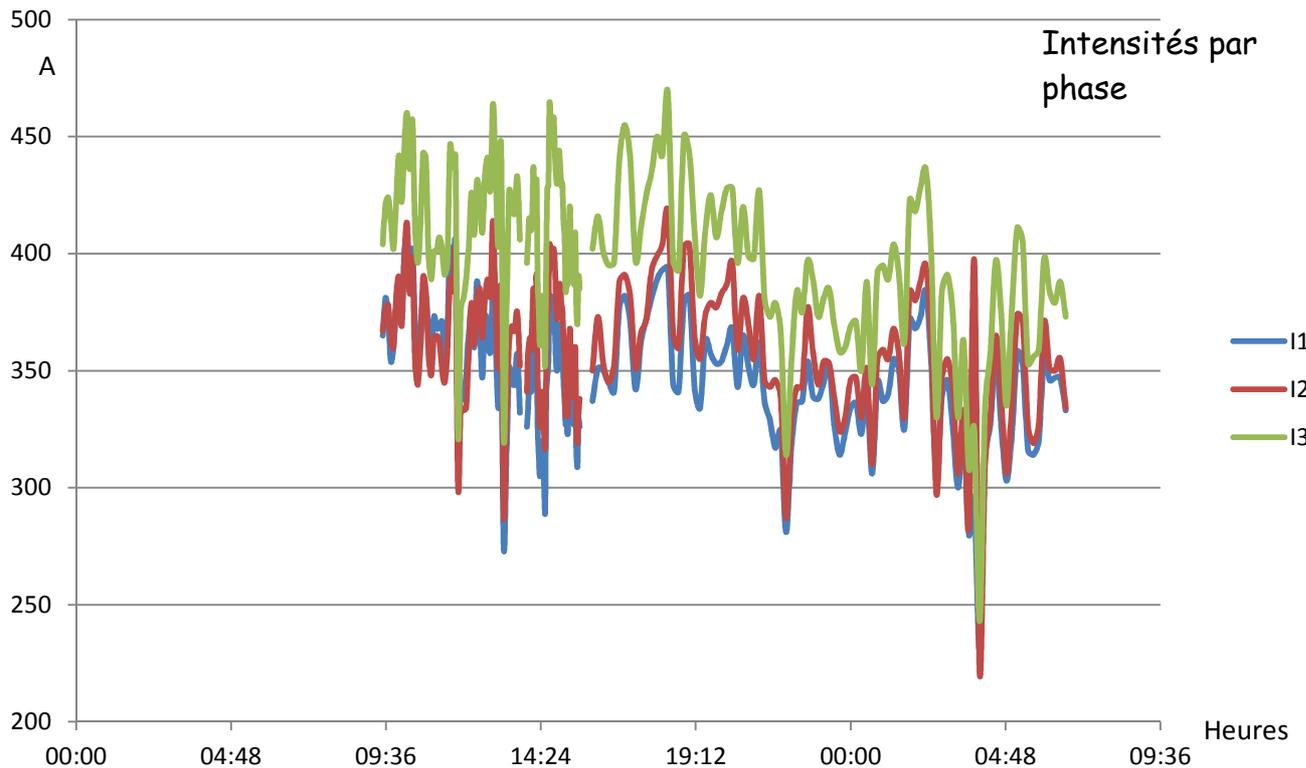


Figure 12: Intensités par phases de toute l'industrie

Nous avons relevé un courant dans le neutre de 40A.

La phase 3 marque un écart d'une moyenne de 54 A avec la phase 1 et 42 A avec la phase 2.

Ceci pourrait s'expliquer aisément en cas de présence d'un schéma des installations électrique, ce qui n'existe pas dans notre cas. Cependant, nous pensons que ce déséquilibre est dû à l'installation d'équipements monophasés tels que les climatiseurs ou les circuits d'éclairage sur la même phase au lieu de les répartir équitablement sur les trois phases. Il faudrait donc plus la phase charger dans le futur par rapport aux autres phases.

**b. Comparaison des cos phi**

Tableau 4: Comparaison des cos phi sur deux années

COS PHI MOYEN SUR UNE JOURNEE DE MESURE	COS PHI MOYEN POUR 2010	COS PHI MOYEN POUR 2011
0.83	0.66	0.82

La valeur moyenne pour l'année 2011 est très proche de la valeur moyenne que nous avons obtenue de l'analyseur de données

**c. La chute de tension de l'ordre de 28 V sur le tronçon « local transfo -**

TGBT »

Tableau 5: Section des câbles à installer sur le tronçon Transfo-TGBT

COURANT DU TRANSFO (A)	IZ (A)	IZ' (A)	SECTION ADAPTÉE (MM <sup>2</sup> ) PAR PHASE
909.3	1337.6 (pas de section)	445.8 (pour Iz/3)	<u>3*240</u>

Il est installé une section de 1x240mm<sup>2</sup> par phase sur ce tronçon actuellement, il y a donc un vrai problème de sécurité sur ce tronçon.

*Illustration de l'installation des équipements de DAFANI SA.*

Afin de se faire une idée sur les installations de l'industrie et en prélude à l'étude du process, nous présentons dans la figure ci-dessous une représentation de la disposition des unités de DAFANI SA.

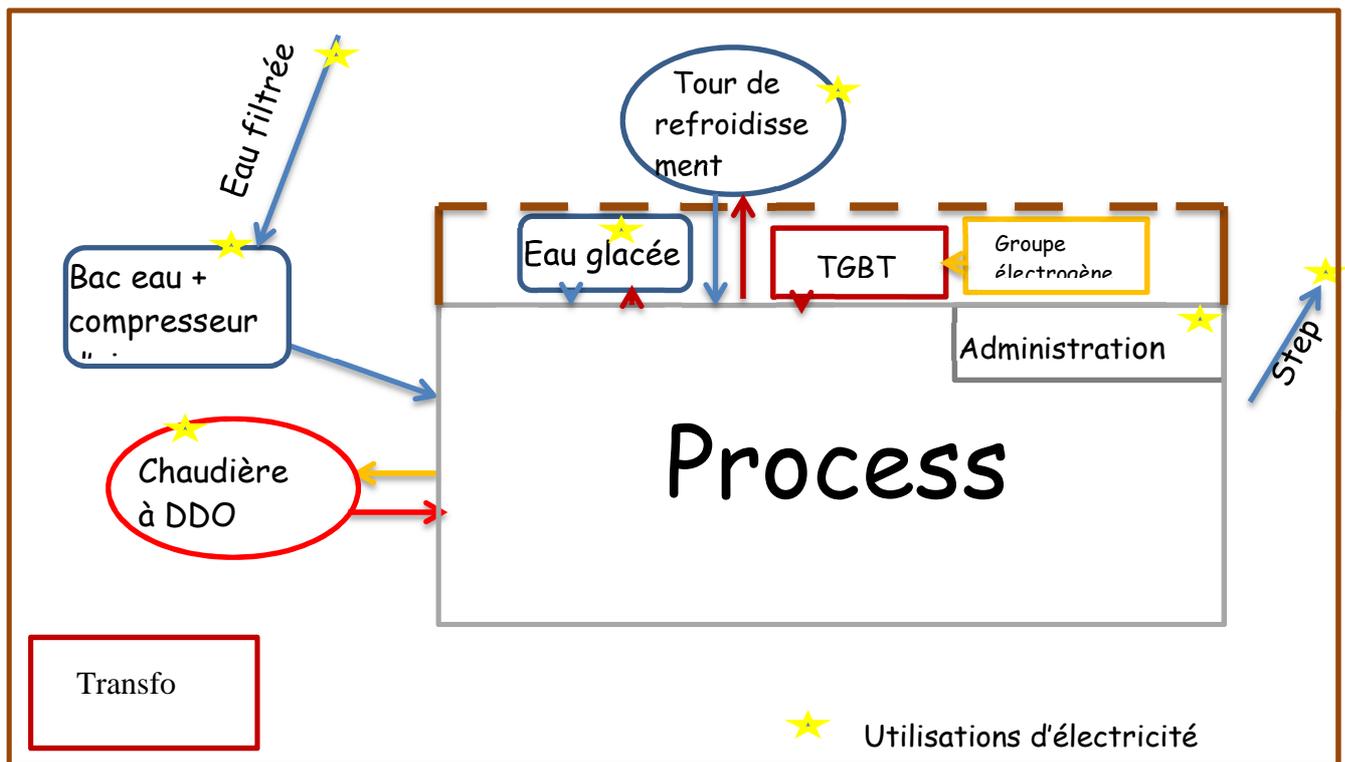


Figure 13: Implantation des équipements de DAFANI SA.

**B. POINT 2 : LA CHAUDIERE**

**Estimation du débit.**

**a. Méthode 1**

*Tableau 6: Résultat débit méthode 1*

CONSOMMATION MOYENNE DE DDO/JOUR [L]	P DDO [KG/L]	CONSOMMATION MOYENNE DE DDO/JOUR [KG]	PCI DDO [KJ/KG]	CHALEUR MOYENNE JOURNALIERE [KJ]	PER TES [%]	CHALEUR UTILE [KJ]	CHALEUR POUR ELEVER L'EAU DE 25 A 170°C [KJ/KG]	QUANTITE MOYENNE D'EAU UTILISEE [L/H]
1697.68	0.848	1439.72	40 302	58 023 416	25	4305170562	2702.88	<b><u>671</u></b>

**b. Méthode 2**

Avec un Chronomètre nous avons mesuré les temps de fonctionnement de la pompe qui fait l'appoint d'eau de la chaudière et les temps d'arrêts entre deux démarrages

*Tableau 7: résultat débit méthode 2*

POMPE ALLUMEE(S)	POMPE ETEINTE(S)	DEBIT POMPE (M3/H)	TEMPS D'UN CYCLE (S)	NOMBRE DE CYCLES PAR HEURE (S)	TEMPS DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE PAR HEURE (S)	DEBIT POMPE PAR HEURE [L]
<b>2,3</b>	15,7	5,8	18	200,00	460,00	<b><u>741</u></b>

Les deux valeurs sont assez proches avec une approximation de 90.52% nous pensons que notre estimation du débit de la chaudière tient la route.

**c. Efficacité de la chaudière**

*Tableau 8: Efficacité de la chaudière*

METHODE 2	METHODE 1
<b>0,89</b>	<b>0,80</b>
<b><u>88,63%</u></b>	<b><u>80,23%</u></b>

**d. Le retour condensat**

En posant comme inconnue le nouveau débit de DDO, on obtient pour 300 jours de 24h :

Tableau 9: Gain financier annuel selon les deux méthodes

	X ([KG/JOUR])	GAIN [LITRES/JOUR]	PRIX DDO [CFA]	GAIN [FCA/AN]
<b>Méthode 1</b>	1297.43	142.28	582	<b><u>29 295 395</u></b>
<b>Méthode 2</b>	1288.37	151.34	582	<b><u>31 160 515</u></b>

Investissement récupéré avant la première année

e. Abaissment de la Pression de la vapeur d'eau de 8 à 6.5 bars.

Nous prenons un mois avec 300 jours de fonctionnement

Tableau 10: Gain financier annuel grâce à l'abaissement de pression

CHALEUR POUR 8 BARS KJ/AN	CHALEUR POUR 6,5 BARS KJ/AN	GAIN DE CHALEU R KJ/AN	PCI DDO [KJ/K G]	P DDO KG/L	GAIN DDO/ AN [L]	PRIX DDO	GAIN CFA
14421073600	1,436E+10	63007488	40302	0,848	1843,612	582	<b><u>1 072 983</u></b>

Soit environ 1 million de francs CFA/ an juste en réduisant la pression de sortie des vapeurs après colmatage des fuites.

f. Le gain en soude

Tableau 11: Gain financier annuel de soude

SOUDE UTILISEE PAR JOUR [KG]	SOUDE ECONOMISEE PAR JOUR GRACE AU RETOUR CONDENSAT [KG]	PRIX DE LA SOUDE [FCFA/KG]	GAIN ANNUEL (300 JOURS) [FCFA]
6	5.4	440	<b><u>712 800</u></b>

**C. POINT 3 : LA PRODUCTION D'EAU GLACEE**

Pour un flux admissible de 10W/ml

Tableau 12: Epaisseur d'isolant à installer

FLUX ADMISSIBLE (W/ML)	FLUX ACTUEL (W/ML)	GAIN DE FLUX (W/ML)	EPAISSEUR D'ISOLANT (M)
10	26.37	16.37	<b>0.06</b>

Gains électriques pour un COP de la machine de froid = 3 et 1kWh= 88.9 FCA

Tableau 13: Gain financier annuel électrique sur les compresseurs frigorifiques

	FLUX (W/ML)	LONGUEUR DE CANALISATION (M)	GAIN TOTAL (W)	GAIN ELECTRIQUE [KWH/AN] (300JOURS)	GAIN FINANCIER/AN [FCFA]
<i>Chiller1</i>	16.3	8x2	262	1886.4	<b>167 700</b>
<i>Chiller2</i>	16.3	25x2	818	5889.6	<b>523 585</b>

Investissement récupéré la première année

**D. POINT 4 : ÉCLAIRAGE**

Pour un temps de fonctionnement réduit de 8h, 300 jours dans l'année et 88.9 f le kWh

Tableau 14: Gain financier annuel sur la réduction du temps d'éclairage

PUISSANCE HALL (KW)	TEMPS D'ÉCONOMIE (H)	PRIX KWH [FCFA]	GAIN FINANCIER [FCFA/AN]
10	8*300	88.9	<b>2 133 600</b>

---

**E. POINT 5 : LES POINTS SENSIBLES DU PROCESS**

Le coût moyen mensuel de l'électricité par la Sonabel est 4 106 190 FCFA (voir onglet An2 de la note de calcul « Facturation sonabel » jointe à ce document). Le coût journalier est donc pour un mois de 30 jours 136 873 FCFA

La quantité moyenne de Gasoil utilisée par le groupe en cas de fonctionnement pure groupe et 875l/jour (voir onglet « données consommations » de la note de calcul « process dafani » jointe à ce document). Le coût moyen journalier de l'électricité par le groupe est donc pour un coût du litre de Gasoil à 640FCFA 560 000 FCA

Les onduleurs ont un coût de 18 000 000 FCFA et 8 000 000 FCFA respectivement pour la ligne purée (Onduleur Masterys MC 60 kVA) et la ligne Nectar (Onduleur Masterys MC 30 kVA). Les prix ont été obtenus auprès d'un fournisseur local à Ouagadougou.

Les pertes moyennes de production sont estimées à 36 234 400 FCA sur les 5 derniers mois d'après les états des pertes. En supposant même que seulement la moitié est due aux fluctuations de tension, soit 18 117 200 FCA, on trouve une perte journalière de 120 781 FCFA.

*Tableau 15: Gain financier annuel sur l'installation d'onduleurs*

<b>GAIN JOURNALIER FCFA</b>	<b>DÉLAI DE RÉCUPÉRATION DE L'ONDULEUR (JOURS)</b>
<u>302 346</u>	<u>86 jours soit environ trois mois</u>

Investissement récupéré la première année

## V. DISCUSSION ET ANALYSES

---

L'aboutissement à nos résultats s'est rendu possible grâce à des suppositions faites tout au long de notre travail. Aussi, pour certains des points étudiés, des travaux similaires existent. C'est le lieu pour nous de nous interroger sur la pertinence de nos suppositions et de jeter un regard critique sur les résultats auxquels nous sommes parvenus à travers les différents points de notre étude.

### A. POINT1 : ÉLECTRICITÉ

#### Optimisation de la facturation.

Pour une usine qui dispose de ses factures, il est important de procéder à l'étude de celles-ci afin de se débarrasser des différentes pénalités avant toute autre chose. Chez DAFANI, ce travail a été fait à travers les étapes suivantes :

##### a. Vérification du calcul des factures et analyse des consommations

Après avoir constaté un écart important entre les factures calculées par les autres outils à notre disposition et les vraies factures de la SONABEL, nous avons entrepris de créer notre propre outil d'optimisation de la facturation. La mise sur pied d'un tel outil a été le meilleur moyen de nous approprier les formules utilisées par la SONABEL pour la facturation.

Nous avons constaté que nous retrouvions toujours les valeurs affichées par la SONABEL. Ceci nous offrait une base plus fiable pour ensuite apporter des propositions d'optimisation.

##### b. Optimisation de la puissance souscrite

La puissance souscrite est le paramètre qui influe le plus sur la prime fixe. La prime fixe compte pour environ 30% de la facture non optimisée. Il est donc important de chercher un optimum pour cette valeur. Nous avons fait des simulations de variation de cette puissance souscrite et nous nous sommes rendu compte qu'il n'y a pas de valeur optimum pour ce paramètre. En d'autres termes, **l'industrie a intérêt à souscrire le plus bas possible, les pénalités de dépassement n'équilibrent jamais la prime fixe.**

**c. Réduction des pénalités de COS PHI**

Constat a été fait que lors de l'année 2010 le cos phi de l'industrie était bien plus bas que celui de l'année suivante. La justification d'un tel fait se trouve dans le fait que durant cette année l'usine a été fermée une partie de l'année pour des problèmes de gestion financière. Les équipements ont donc mal fonctionné ou pas du tout fonctionné pendant une période, ce qui explique la faible puissance active moyenne.

Le dimensionnement des batteries de condensateurs que nous avons fait est valable pour la période à laquelle nous avons fait l'étude. Cependant l'usine subit des travaux d'agrandissement. Cela entraîne l'augmentation de la puissance de l'installation, ce qui augmentera inévitablement la puissance des batteries à prévoir. Ce calcul devra donc être mis à jour en fonction des équipements. À défaut, une batterie de plus grande puissance pourra être installée avec un système de régulation de la puissance réactive injectée pour éviter la surcompensation et ses inconvénients.

**d. Etude des relevés de l'analyseur de donnée.**

Les données que nous avons collectées sur une journée grâce à l'analyseur de données sont importantes pour avoir une idée sur les valeurs électriques mais la petitesse du temps de mesure nous invite à être prudent sur la pertinence de ces relevés. En effet, si elles nous donnent des valeurs sûres des consommations, il est actuellement impossible de ressortir une courbe moyenne des consommations journalières chez DAFANI SA.

Cependant les indications relevées sont fiables car lors de notre deuxième passage à l'usine, nous avons relevé des valeurs semblables. Cela étaye notre recommandation sur l'installation des futurs équipements monophasés sur les phases les moins chargées pour réduire le déséquilibre des phases

Le cos phi relevé par l'appareil est très proche de la valeur dérivée de la facturation, ce qui nous rassure sur la qualité de la mesure.

La chute de tension due à la faible section des câbles peut être réglée par l'installation de câbles en rajout de ceux qui existent déjà.

## B. POINT 2 : LA CHAUDIERE

### 1. Estimation du débit

L'estimation des débits d'air, d'eau et de carburant dans une chaudière sont essentiels dans la connaissance de ses conditions de fonctionnement. Il n'y a aucun appareil de mesure, il a donc fallu estimer ces débits pour pouvoir évoluer dans le travail.

De façon générale nous avons dû trancher entre ne pas avoir de données et arrêter de travailler sur ce point et avoir des valeurs proches de ce qu'une mesure précise offrirait.

#### a. Méthode 1

Cette méthode part de la supposition que la chaudière a une efficacité de 75% comme n'importe quelle chaudière typique. Cela est déjà un handicap de départ mais le fait que nous ayons deux méthodes nous permet de diluer un peu ce défaut.

L'efficacité obtenue par cette méthode est étrangement différente de la valeur de départ. Ce glissement est probablement dû aux arrondis de calcul qui influent considérablement sur les résultats.

#### b. Méthode 2

Cette méthode est plus proche de la réalité de fonctionnement mais là encore les mesures n'ont pas été faites avec des appareils de précision ni sur une durée très longue. Néanmoins, elle nous offre une première idée sur les grandeurs dont nous avons besoin pour caractériser la chaudière.

### 2. Efficacité de la chaudière

Ce paramètre est important à connaître car il permet de connaître la qualité de la combustion de la chaudière. Nous avons trouvé que la chaudière avait une bonne efficacité (autour de 80%) comparée à l'efficacité d'une chaudière qui se situe selon la bibliographie à 75%.

### 3. Le retour condensat

Ce point reste la mesure phare de notre travail. Le retour condensat permet d'économiser jusqu'à 12% du carburant selon les documents qui traitent du sujet. Dans notre cas, il apporte une réduction de 10.5% sur l'utilisation du DDO, nous pensons donc être dans la bonne tolérance.

### 4. Abaissement de la pression de la vapeur d'eau de 8 à 6.5 bars.

Ce point apporte une économie certaine dans un réseau bien maîtrisé. L'entreprise ou nous avons travaillé possède un réseau parsemé de fuites de vapeur. Cette mesure ne saurait donc pas être appliquée sans réparer ce problème de fuites. Autrement, on risque d'arriver à trop basse pression à l'utilisation, ce qui peut s'avérer préjudiciable au process.

### C. LA PRODUCTION D'EAU GLACEE

Des problèmes similaires à ceux existant au niveau de la chaudière ont existé pour ce point. En effet, le manque d'instruments de mesure empêche de quantifier de façon précise les débits et donc les différents paramètres de calcul des déperditions thermiques. Nous avons donc évolué en faisant une estimation basée sur ce que nous avons vu sur le terrain de ce qui pourrait être le débit dans les canalisations d'eau fraiche. La conséquence de cela est le fait que nous obtenons un ordre de grandeur des économies réalisables mais pas de valeur précise.

Dans tous les cas, les calculs que nous faisons nous donnent des approximations des valeurs réelles. En effet les paramètres tels que les temps de fonctionnement, les puissances et les conditions de fonctionnement pour ne citer que ceux-là sont des variables que nous supposons fixes ou que nous estimons pour parvenir à un résultat utilisable.

Les calculs surs résultent de mesures sûres.

### D. POINT 4 : ÉCLAIRAGE

Sur ce point, il n'y a pas grand commentaire à faire. La valeur du prix du kWh que nous avons utilisée résulte de l'optimisation de la facturation. Cette valeur réduit légèrement l'économie mais réduit dans une plus grande la facturation. Il y a donc tout intérêt à optimiser la facturation.

### E. POINT 5 : LES POINTS SENSIBLES DU PROCESS

L'installation d'onduleurs apporte un grand gain en réduisant énormément les pertes et retours de production. Cependant, il faut prendre quelques précautions avant l'installation d'un onduleur. Pour assurer aux batteries une bonne durée de vie, il faut que l'appareil soit alimenté par une tension stable et être placé dans un environnement contrôlé d'environ 20°C.

En dehors de ces précautions, ces investissements garantissent des économies à l'entreprise et confortent son image de marque en réduisant les pertes de production dus aux problèmes de tension

## **VI. CONCLUSIONS**

---

Forts des résultats auxquels nous sommes parvenus, il apparaît qu'il est possible et rentable de faire des économies d'énergie chez DAFANI SA. Les points de réflexion sont nombreux en industrie mais ceux que nous avons retenus pour cette étude sont les plus importants et donnent une bonne base pour évoluer vers un diagnostic plus détaillé suivant le cahier des charges de l'ADEME.

Les niches d'économie d'énergie sont nombreuses et ce sont plusieurs millions de FCFA d'économies sur les frais d'exploitation qui peuvent être réalisés par an si tous les gains sont combinés. En effet les pertes de production pèsent énormément et leur réduction, même de moitié grâce aux onduleurs aurait des effets bénéfiques sur la santé financière de l'entreprise. Aussi, les installations complémentaires de retour condensat sur la chaudière, isolation des canalisations, économies sur l'éclairage, optimisation de la facturation et installation électrique soulageront l'usine d'importantes dépenses et renforcerait la sécurité des installations.

Les décisions d'investissement sont facilitées car les délais de récupération des sommes investies sont très courts

La collecte des données ainsi que les différentes suppositions que nous avons faites nous ont permis d'obtenir des résultats qui reflètent bien une certaine cohérence avec des données observées dans la littérature.

A titre d'exemple, le retour condensat permet d'économiser jusqu'à 12% sur la quantité de combustible. Dans le cas de DAFANI, nous réalisons une économie de 10% sans compter les gains en cascade engendrés par ce retour, notamment sur la soude de traitement d'eau de chaudière et l'électricité de la pompe d'appoint d'eau.

Les mesures sans investissement sont elles aussi très importantes car les représentent des gisements d'économies sûrs, à travers lesquels l'usine peut agir pour réduire ses coûts d'exploitation. Ainsi l'éclairage peut faire économiser un peu moins de 2 000 000 FCFA/an sans investissement supplémentaire.

L'arrêt des équipements hors process en cas de suspension de la production est une mesure simple mais tout aussi importante pour réduire les pertes d'énergie.

Il existe néanmoins des points n'apportant pas d'économie directe mais permettant de mettre en place les bases pour contrôler l'effectivité des économies ainsi que les moyens pour des économies futures.

L'installation d'équipements de mesure de débits et le remplacement des équipements de mesure de température et de pression défectueux nous semblent primordiaux car l'économie d'énergie passe par la mesure.

## VII. RECOMMANDATIONS - PERSPECTIVES

### *Recommandations*

Tableau 16: Résumé des recommandations

SANS INVESTISSEMENT	AVEC INVESTISSEMENT
<ul style="list-style-type: none"><li>• Responsabiliser une personne pour le suivi des recommandations</li><li>• Sensibiliser le personnel sur les économies d'énergie</li><li>• Arrêter les équipements en cas de suspension de production</li><li>• Réduire la pression d'utilisation de la vapeur</li><li>• Réduction du temps de fonctionnement de l'éclairage</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Installer des équipements de mesure de débit sur les lignes, la chaudière et l'eau glacée</li><li>• Installer des batteries de condensateurs</li><li>• Rajouter des câbles sur le tronçon transfo-TGBT</li><li>• Installer un retour condensat</li><li>• Colmater les fuites sur la ligne vapeur</li><li>• Installer des isolants sur le circuit d'eau glacée</li><li>• Onduleur sur les appareils sensibles</li></ul>

### *Perspectives*

Elles sont nombreuses chez DAFANI SA mais les plus importantes à notre avis sont :

- ♣ L'étude de l'opportunité de changer le combustible de la chaudière ou de mélanger le DDO avec des huiles de vidange traitées (cas de BRAKINA)
- ♣ La récupération des chaleurs des gaz d'échappement de la chaudière pour préchauffer l'eau d'appoint, l'air et le carburant.
- ♣ L'étude du conditionnement d'air pour le hall de production de l'usine
- ♣ La valorisation des déchets de l'usine

De telles perspectives nous permettent de rester enthousiastes sur la réduction future des consommations d'énergie chez DAFANI SA car ne l'oublions pas,

**DES ECONOMIES D'ENERGIE PEUVENT ETRE FAITES PAROUT.**



*Notes de pied de page*

<sup>[1]</sup> L'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA) est une organisation sous régionale qui a comme mission la réalisation de l'intégration économique des États membres, à travers le renforcement de la compétitivité des activités économiques dans le cadre d'un marché ouvert et concurrentiel et d'un environnement juridique rationalisé et harmonisé.

Pays membres de l'UEMOA : Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinée-Bissau (depuis le [2 mai 1997](#)), Mali, Niger, Sénégal, Togo

<sup>[2]</sup>: Le Burkina Faso est un pays en voie de développement. Une situation qui s'explique en partie par la faiblesse des ressources naturelles, et de celles des prix de ces ressources naturelles sur le marché mondial.

<sup>[3]</sup>: Reduce, Re-use, Recycle. Concept d'économie d'énergie qui définit ces trois règles de comportement pour réduire les consommations énergétiques et l'impact sur l'environnement.

<sup>[4]</sup>: Service public de Wallonie, économisons l'énergie, fiche industrie moteur édition 2010\*

<sup>[5]</sup>: Laboratoire d'Energie Solaire et Economie d'Energie. Centre de recherche et d'étude de 2iE.

## Bibliographie

---

### **Ouvrages et articles**

ADEME, guide et cahiers techniques : pré-diagnostic énergétique dans l'industrie, cahier des charges ;

Fiche technique prisme ; Institut de l'énergie et de l'environnement de la francophonie IEPF : référentiel sur le diagnostic énergétique dans l'industrie, décembre 2009

IUSES, efficacité énergétique dans le secteur industriel, manuel de l'élève, [www.iuses.com](http://www.iuses.com), édition octobre 2010

Mabrouk SGHAIER, Expert en EE [msghaier@enerplus.com.tn](mailto:msghaier@enerplus.com.tn); CRITERES TECHNIQUES INDIQUANTS UN POTENTIEL DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE

Solutions: Economies d'énergie, mesures 792-Février 2007- [www.mesures.com](http://www.mesures.com) : Diagnostic énergétique à vous de jouer.

Service public de Wallonie, cahier technique n°3, le circuit d'air comprimé, économies d'énergie dans l'industrie, édition octobre 2008

Service public de Wallonie, cahier technique n°5, la réfrigération, économies d'énergie dans l'industrie, édition septembre 2010

Service public de Wallonie, cahier technique n°10, la réfrigération, le froid dans l'industrie : théorie du froid et les différents types d'installations, édition septembre 2010

Service public de Wallonie, cahier technique n°4, les moteurs, économies d'énergie dans l'industrie, édition octobre 2008

Service public de Wallonie, cahier technique n°1, la production de vapeur, économies d'énergie dans l'industrie, édition septembre 2010

Service public de Wallonie, cahier technique n°2 : le réseau vapeur et condensats, économies dans l'industrie, édition septembre 2010.

## **Sites internet**

<http://french.alibaba.com/product-gs/rubber-plastic-composite-insulation-pipe-214083796.html>

<http://prix.pcastuces.com/listeproduit.php?idg=25&o=0&page=2>

[http://french.alibaba.com/products/water-pipe-insulation\\_2.html](http://french.alibaba.com/products/water-pipe-insulation_2.html)

<http://www.all.biz/fr/buy/goods/?group=1009187>

<http://www.leguide.com/onduleurs.htm>

<http://translate.google.bf/translate?hl=fr&langpair=en|fr&u=http://www.allcostdata.info/browse.html/152870010/Pump-condensate-return-system>

## **VIII. ANNEXES**

---

Annexe 1 : Moyenne des consommations de DAFANI SA.

Annexe 2 : Outil de vérification de la facture

Annexe 3 : Photo analyseur de données

Annexe 4 : Données analyseur de données

Annexe 5 : Ligne Nectar

Annexe 6 : Ligne Purée

Annexe 7 : Calcul de délais de récupération

Annexe 1 : Moyenne des consommations de DAFANI SA.

Pression moyenne chaudière (bar)	Pression moyenne compresseur (bar)	Tensions moyennes dans l'usine				Consommation eau	Consommation DDO	Consommation Gasoil
		Source	U	V	W			
8,12	9,04	Sonabel	384,73	390,42	394,00	319,78	361,54	-193,33
		Groupe	385,5	386,9	382,7			
<b>Moyennes journalières</b>								

Annexe 2 : Outil de vérification de la facture

Cette feuille cherche à vérifier la facturation de la SONABEL en se basant sur les mêmes formules utilisées pour la facturation en MT													
N° Police	Type Abonné	N° Abonné	Nom prénom et Adresse			N° Compte bancaire	Code Tarif	Code cons	Nbre mois	Période	Date limite de paiement	Date de prélèvement	
8J		AW9901001	DAFANI SA						1	janv-12			
Puissance transformateurs		Puissance souscrite		Puissance condensateurs		Coef de comptage consommation		Coef de comptage horaire		Coef pertes actives consommées		Coef pertes réactives consommées (Qc)	
630		150		0		10		1		0,011		1,3	
I. Relevé des consommations lues aux compteurs						II. Relevé des puissances							
				Heures pleines		Heures pointes		Total Actif (wa)		Réactif (wr)		Nbre d'heures	
Nouvel Index.....				244412		121267				117955		3181	
Ancien Index.....				240877		121098				117535		2519	
(1) Différence d'index				3535		169		3704		420		662	
(2) Coef comptage k=				10		10		10		10		1	
(3) Consommation enregistrée (3)=(1)*(2)				35350		1690		37040		4200		662	
(4) A déduire partie prenante				0		0		0		0			
(5) Consommation Abonné (5) = (3)-(4)				35350		1690		37040		4200		662	
						Maximum enregistré		Puissance souscrite		Dépassement			
						200		150		50			
						III. Calcul des pertes							
						Seulement pour les abonnés décomptés en BT							
						(6) Pertes actives Ma		1268 kWh					
						(7) Pertes réactives Mr		7781 kVArh					
						IV. Energie réactive condensateur							
						(8) Consommation réactive: Wr + Mr =		11981		kWh			
						(9) A déduire énergie réactive produite par les condensateurs Pc x h		0		kVarh			
						(10) Consommation Réactive à prendre en compte pour facturation : R = (8-9)		11981		kVArh			
RENVOI: (5) Non compris les pertes internes du transformateur pour les abonnés décomptés en basse tension						(6) Les pertes actives sont réparties proportionnellement aux tranches							
V. Majoration ou minoration (m) $P = \frac{R}{Wac+Mac} =$		0,31		% Pour cosinus phi moyen		0,96		m=		0,028		TDE: 76 616	
VI. Facturation													
		Puissance souscrite		Tarifs		1+m		Total					
a) prime fixe		1/12 x 150		64387		0,97		782 302					
b) Consommations		Consommation Abonné (5)		Pertes actives (6)		Totale à facturer (7=5+6)							
Heures pleines		35350		1 210		36560		54		0,97		1 918 961	
Heures de pointe		1690		58		1748		118		0,97		200 489	
c) Location : - compteurs								5 590					
d) Entretien : - compteurs								1 525					
e) Location : - Poste								-					
f) TSAAE								76 616					
g) Dépassement								177 000					
h) TVA 18%								583 038					
Montant élect + TVA								3 491 905					
								Total 3 822 137					

Annexe 3 : Photo analyseur de données



**Marque :** CHAUVIN ARNOUX

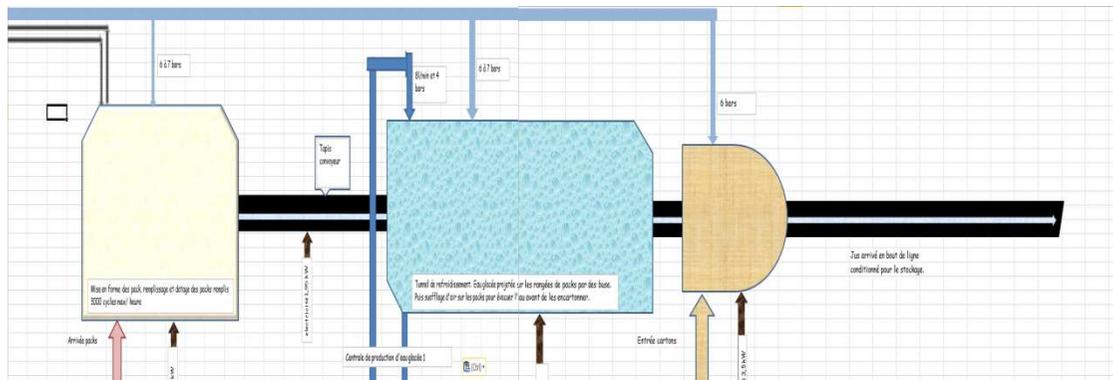
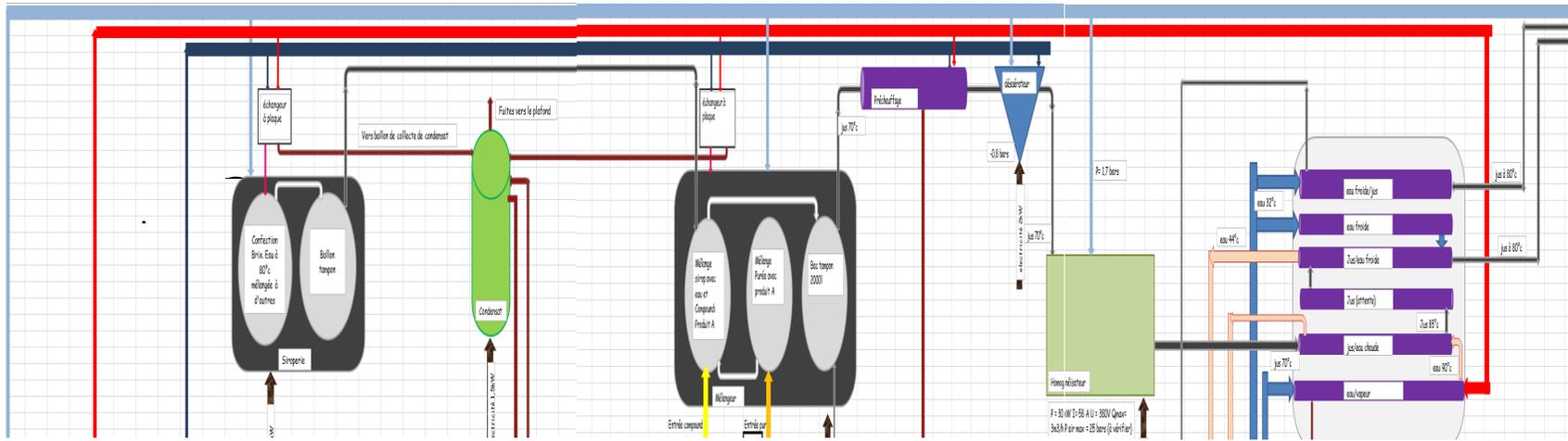
**Type :** C. A 8310 Power Harmonics Analyser

Annexe 4 : Données analyseur de données

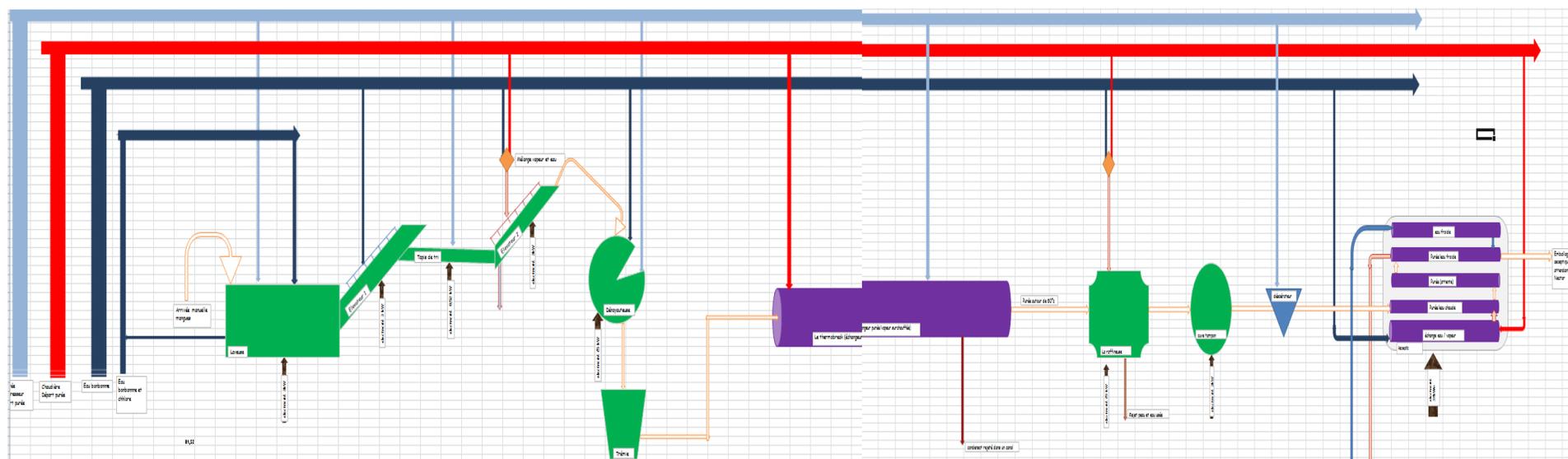
266,4398	219,2199	150,4712	347,7801	359,3874	401,4607
Puissance apparente	Puissance active	Puissance réactive	Intensité Phase 1	Intensité phase 2	Intensité phase 3
<b>Moyennes</b>					

416,2329	351,1380244	0,823366	0,834341	50,14024	203,8415
Tension des systèmes triphasés	Courant des systèmes triphasés	Facteur de puissance des systèmes triphasés	Cos fi des systèmes triphasés	Fréquence	Puissance moyenne
<b>Moyennes</b>					

Annexe 5 : Ligne Nectar



Annexe 6 : Ligne Purée



Annexe 7 : Calcul de délais de récupération

Eléments de calcul		Tableau d'amortissement						
Coût d'investissement (I0)	6 000 000	Années	valeur d'origine	Amortissements	Valeur comptable net			
Durée de vie (N)	5	1	6 000 000	1 200 000	4 800 000			
Taux d'amortissement	20%	2	4 800 000	1 200 000	3 600 000			
Taux d'impôt	30%	3	3 600 000	1 200 000	2 400 000			
Taux d'actualisation	12%	4	2 400 000	1 200 000	1 200 000			
Valeur Résiduelle	600 000	5	1 200 000	1 200 000	-			
taux de croissance CA	1,05							
Taux de croissance des charges	1,03							
Tableau de détermination des cshs flows								
		Années	0	1	2	3	4	5
		chiffres d'affaires HT		30 000 000	31 500 000	33 075 000	34 728 750	36 465 188
		charges d'exploitations		2 000 000	2 060 000	2 121 800	2 185 454	2 251 018
		Exédent Brute d'Exploitation		28 000 000	29 440 000	30 953 200	32 543 296	34 214 170
		Amortissements		1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000
		Résultats d'exploitations		26 800 000	28 240 000	29 753 200	31 343 296	33 014 170
		Impôts		8 040 000	8 472 000	8 925 960	9 402 989	9 904 251
		Résultats Nets		18 760 000	19 768 000	20 827 240	21 940 307	23 109 919
		Amortissements		1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000
		Valeur Résiduelle						600 000
		Cash Flows	6 000 000	19 960 000	20 968 000	22 027 240	23 140 307	24 909 919
		VAN	73 056 185	projet rentable				
		DRCI						

