



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

**DIAGNOSTIC ENERGETIQUE DE FILSAH 2 : RETORDAGE ET
DEVIDAGE-ANALYSE ET PROPOSITION DE SYSTEME SOLAIRE
PHOTOVOLTAÏQUE.**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT
OPTION : GENIE ENERGETIQUE**

Présenté et soutenu publiquement le 24 Juin 2014 par

Zinla Abdul Rachid PARE

Travaux dirigés par : Pr. Yézouma COULIBALY
Enseignant-Chercheur à 2iE
Responsable 2iE Koumba (Cameroun)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Moussa SORO

Membres et correcteurs :

Ing. Madieumbé GAYE
Mr Justin BASSOLE

Promotion [2013/2014]

Mémoire master 2 _ Promotion 2014 _ Zinla Abdul Rachid PARE.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

DEDICACES

A mes très chers parents Mr Mamadou PARE et Mme Hakani TAMINI pour tous les sacrifices et tout l'amour qu'ils m'ont porté de ma naissance jusqu'à ce jour. Puisse le Seigneur continuer à vous bénir et vous garder longtemps auprès de moi afin que vous jouissiez des fruits de vos efforts.

A mon grand frère Abdel Aziz PARE qui a quitté ce monde beaucoup trop tôt. Puisse Dieu t'accorder son paradis.

A ma petite sœur Nadia Djamilath pour son soutien et son amour inconditionné à mon égard.

A mes oncles, tantes, cousins et cousines pour vos encouragements.

A tou(te)s mes ami(e)s qui n'ont cessé de m'encourager et partager mes peines dans les moments douloureux.

A tous mes camarades de la promotion d'Energie 2013-2014. Ce fût un plaisir de passer ces deux merveilleuses années avec vous.

A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à faire de moi l'homme que je suis aujourd'hui.

Sans oublier mon DIEU qui m'a donné la force d'accomplir ce travail jusqu'au bout.

Je vous porterai toujours dans mon cœur



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

REMERCIEMENTS

Un travail de quatre (04) mois couronné par un rapport est loin d'être une entreprise individuelle. Il s'agit en réalité d'un travail d'équipe où chacun a pleinement et généreusement apporté sa pierre à l'édifice.

Je tiens de ce fait, à travers quelques lignes, à exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance à l'endroit des personnes physiques ou morales qui ont contribué autant que faire se peut à la bonne marche de ce stage ainsi qu'à la rédaction du rapport final. Il s'agit de :

- La Filature du Sahel SA pour laquelle j'ai travaillé pendant 4 mois
- Le corps professoral de 2iE pour l'enseignement de qualité dispensé
- Le personnel de la FILSAH pour son si chaleureux accueil.

Je ne saurais clore cette liste sans adresser mes sincères et cordiaux remerciements aux personnes dont les noms suivent :

- Mr. Abdoulaye NABOLE, Directeur Général de FILSAH
- Mme Limata OUEDRAOGO, Chef du personnel
- Pr. Yézouma COULIBALY, mon encadreur à 2iE
- Dr. Sayon SIDIBE, Enseignant-chercheur à 2iE
- Mr. GIORGIO, Directeur Technique
- Mr. Abdoul Kadri DIALLO, Responsable du service Electricité et aussi mon maître de stage à FILSAH.
- Mr. Moussa Rock FOFANA, Conseiller du Directeur Général
- Mrs. Bonaventure BADINI, Armel YAMEOGO, Denis BAMOGO, Christophe KOURAOGO, Aboubacar Sidiki ZOUON, Ladjil OUATTARA, Frédéric YE, tous, électriciens de l'usine.
- Mrs. SABLIN, PODA, ILBOUDO, OUATTARA. Merci pour votre accueil.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

RESUME

Au Burkina Faso, malgré les subventions de l'état, le coût de l'électricité demeure encore élevé. Ainsi les coûts de production pour les industriels sont assez élevés par rapport à d'autres produits provenant de l'étranger. Toute économie d'énergie potentielle est donc très primordiale. C'est dans cette visée que la Filature du Sahel a décidé de réaliser un audit énergétique afin de déterminer les différents points de gaspillage d'énergie pour pouvoir optimiser son process.

Pour honorer le cahier des charges qui nous a été fourni, nous avons dû réaliser plusieurs opérations. Tout d'abord nous avons réalisé des schémas unifilaires de toute l'installation. Nous en avons décelé les problèmes et proposé un schéma conforme à la norme française qui est notre base. Ensuite nous avons calculé le bilan des puissances de toutes les charges de FILSAH2 avec une méthode manuelle que nous comparé aux résultats donnés par le logiciel XLPro Calcul. Puis nous avons procédé à l'analyse et optimisation des factures d'électricité de la société sur une période de deux ans. Enfin, nous avons terminé par un volet énergie solaire qui nous permettra, à travers la solution proposée, de réduire les factures SONABEL de la société.

A l'issu de cet audit énergétique, plusieurs aspects ont été touchés. Nous avons pu réaliser les schémas unifilaires demandés, calculer le bilan des puissances et proposer des équipements pour normaliser les installations. Aussi, nous avons proposé un planning de production dont les gains peuvent atteindre 112.000.000FCFA au bout de quatre ans. Enfin nous avons proposé un système solaire photovoltaïque avec injection de 25% au réseau pour réduire les factures SONABEL dont la durée de retour sur investissement vaut 9 ans.

Mots clés : Diagnostic, Energétique, Economies, Electricité, Installation, Photovoltaïque



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

ABSTRACT

In Burkina Faso, despite government subsidies, the cost of electricity is still high. Thus, production costs for industrialists are quite high compared to other products from other countries. Any potential energy saving is therefore very primordial. It is with this aim that "Filature du Sahel" has decided to realize an energy audit to determine the different points of energy waste in order to optimize the process.

To honor the specifications which was given to us, we had to carry out several operations. First of all we realized all plans of the entire installation. We identified problems and proposed a scheme according to French norm, which is our base. Then we calculated the power balance of all loads of FILSAH2 with a manual method that we compared with the results given by the XLPro Calculation software. Then we proceeded to the analysis and optimization of the Company's electricity bills for a period of two years. Finally, we ended with a solar panel that will allow us, through the proposed solution, to reduce our society's SONABEL bills.

At the end of this energy audit, several aspects were affected. We were able to realize the required plans, calculate the power balance and provide equipment to normalize installations. Also, we proposed a production schedule whose gains can reach 112.000.000FCFA after four years. Finally we proposed a solar photovoltaic system with injection of 25% to the network to reduce our society's SONABEL bills whose period of return on investment is 9 years.

Keywords : Diagnosis, Energy, Savings, Electricity, Installation, Photovoltaic



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

LISTE DES ABBREVIATIONS

- SONABEL : Société Nationale Burkinabé de l'Electricité
- 2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
- Process : Chaîne de fabrication d'une unité industrielle
- UEMOA : Union Economique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest
- TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée
- FBDES : Fonds Burkinabé de Développement Economique et Social
- ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
- PV : Photovoltaïque
- Ond : Onduleur
- ROI : Return time Of Investment (Temps de retour sur investissement)



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Table des matières

I. INTRODUCTION	1
I.1 Contexte de l'étude	1
I.2 Problématique	1
I.3 Objectifs poursuivis	2
I.3.1 Objectif global	2
I.3.2 Objectifs spécifiques	2
I.4 Méthodologie de travail	2
I.5 Présentation de la structure d'accueil	3
II. Process de fabrication de FILSAH	4
III. Volet installation électrique	6
III.1 Recensement des équipements électriques de FILSAH 2	6
III.2 Coffrets et disjoncteurs installés	6
III.3 Schéma unifilaire de l'installation	7
III.3.1 Schéma unifilaire de l'installation existante	8
III.4 Bilan des puissances	9
III.4.1 Hypothèses générales	9
III.4.2 Méthodologie de calcul	9
III.4.3 Résultats des calculs	11
III.4.4 Analyse des résultats	13
IV. Analyse et Optimisation des factures d'électricité	17
IV.1 Illustration des factures avant optimisation	17



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

IV.2 Analyse des factures SONABEL	23
IV.3 Optimisation tarifaire	24
IV.3.1 Ajustement de la puissance souscrite.	24
IV.3.2 Réduction de la production en heures de pointe.	26
V. Volet Energie solaire	27
V.1 Les types d'installation possibles	27
V.2 Détermination de la surface disponible	28
V.3 Données géographiques et hypothèses climatiques	28
V.4 Dimensionnement de la solution retenue	29
V.4.1 Détermination du taux de pénétration	29
V.4.2 Dimensionnement des onduleurs	30
V.4.3 Configuration de l'installation	31
V.4.4 Dimensionnement des protections	32
V.4.5 Dimensionnement des câbles	34
VI. Recommandations	40
VII. Conclusion et perspectives	41
BIBLIOGRAPHIE	42
ANNEXES	43



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Vue de l'armoire principale.....	07
Figure 2 : Arrivée armoire TGBT.....	07
Figure 3 : Schéma unifilaire des installations existantes de FILSAH 2.....	08
Figure 4 : Répartition en pourcentage par section des charges de FILSAH 2.....	13
Figure 5 : Nouveau schéma unifilaire proposé.....	14
Figure 6 : Facturation avant optimisation.....	17
Figure 7 : Répartition de la facture SONABEL avant optimisation.....	18
Figure 8 : Répartition de la consommation énergétique par (groupes de) machines.....	20
Figure 9 : Profil des puissances enregistrées entre 2012 et 2014.....	22
Figure 10 : Configuration de l'installation PV avec injection au réseau	31
Figure 11 : Sections de câbles dimensionnées par Sunny Design 3	35



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Liste des Tableaux

Tableau i : Coefficient de simultanéité (Ks).....	11
Tableau ii : Coefficients et rendements utilisés pour le bilan des puissances.....	11
Tableau iii : Bilan des puissances effectué par calcul.....	13
Tableau iv : Bilan des puissances effectué par logiciel.....	13
Tableau v : Liste des équipements appropriés à installer.....	17
Tableau vi : Consommation énergétique par (groupe de) machines.....	20
Tableau vii : Puissances souscrites et enregistrées de Fév. 2012 à Janv. 2014.....	22
Tableau viii : Simulation pour le choix de la puissance souscrite.....	24
Tableau ix : Gain financier réalisé sur l'optimisation du temps de fonctionnement des retordeuses.....	26
Tableau x : Choix du taux d'injection.....	30
Tableau xi : Résultats du dimensionnement par Sunny Design 3.....	30-31
Tableau xii : Composants du coffret de protection côté AC.....	33
Tableau xiii : Devis quantitatif et estimatif de l'installation PV	36
Tableau xiv : Energie consommée par FILSAH2 avant et après l'installation PV.....	38
Tableau xv : Calcul du ROI	39



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

I. INTRODUCTION

I.1 Contexte de l'étude

L'électricité occupe une place incontournable dans nos vies quotidiennes à tel point que nous en sommes devenus presque dépendant. Les énergies fossiles qui, depuis longtemps, sont notre source principale d'énergie causent d'énormes problèmes environnementaux à la terre. Ingénieurs en génie énergétique que nous sommes, nous devons trouver des solutions viables et fiables qui puissent résoudre la majorité de ces problèmes rencontrés à ce jour.

Des économies d'énergie peuvent être faites partout. Cette affirmation est bien entendue discutable mais à l'état actuel des technologies et de leur exploitation, ceci est sans nul doute une vérité d'ordre général. Le Burkina Faso en a pris conscience et en fait la promotion à travers des spots publicitaires, en supprimant la TVA sur l'importation des équipements d'énergie solaire et en mettant en place des structures de remise à niveau des industries grâce à l'efficacité énergétique.

La Filature du Sahel (FILSAH) est une industrie qui produit des fils et de la toile maliwatt (serpillère). Elle utilise de ce fait pour son processus de grosses machines entraînant ainsi de grosses consommations d'électricité. Des audits énergétiques ont déjà été réalisés pour une partie des installations avec à l'appui des propositions d'amélioration de la production. FILSAH 2 a par la suite été construit. Le présent audit sera réalisé sur ses installations et les problèmes qui y ont été détectés.

I.2 Problématique

Malgré les efforts consentis par l'Etat burkinabé, le coût du kilowattheure d'électricité demeure assez élevé aussi bien pour le citoyen lambda que pour les industriels au Burkina Faso. Les processus utilisés par FILSAH 2 sont très énergivores ; il y a donc possibilité d'y trouver des éventuels points de gaspillage d'énergie. Cela justifie l'audit énergétique que nous réaliserons afin d'atteindre l'efficacité énergétique permettant d'accroître la valeur ajoutée de la société.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

I.3 Objectifs poursuivis

I.3.1 Objectif global

La Filature du Sahel cherche à réduire au maximum sa consommation d'énergie. Cette opération trouvera ses réponses dans l'audit énergétique que nous mènerons par la suite en proposant certaines actions soit pour économiser de l'énergie, soit pour économiser de l'argent.

I.3.2 Objectifs spécifiques

De façon plus détaillé, l'audit énergétique que nous réaliserons portera sur quelques aspects (il serait difficile de traiter tous les problèmes en quatre mois) selon le cheminement suivant :

- Faire un schéma unifilaire clair des installations actuelles
- Souligner les défaillances du système en place.
- Adapter le schéma de manière à ce qu'il soit conforme aux normes électriques
- Analyser les factures d'électricité de 2012 à nos jours
- Faire un bilan énergétique pour entrevoir les pistes d'action à mener.
- Proposer un système d'énergie solaire pour réduire la dépendance au réseau SONABEL

I.4 Méthodologie de travail

Les objectifs étant bien définis, il ne reste plus qu'à énoncer les techniques et méthodes dont nous allons user pour pouvoir les atteindre. Notre démarche s'établit comme suit :

- Recherche et synthèse bibliographique ;
- Recensement des équipements installés du transformateur jusqu'à la distribution finale (les charges) ;
- Identification de quelques postes sensibles de consommation ou de perte d'énergie qui seront traités ;
- Evaluation économique et rentabilité des investissements à consentir ;



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Notre travail suivra le squelette suivant : en premier lieu nous réaliserons une étude technique des installations de FILSAH 2 (schéma unifilaire et bilan de puissance) ; ensuite nous analyserons et optimiserons les factures SONABEL sur deux ans ; enfin nous terminerons en proposant une étude d'un système photovoltaïque adapté à cette usine.

I.5 Présentation de la structure d'accueil

La filature du Sahel (FILSAH) créée en Juin 1997 est une société anonyme (SA) au capital de deux milliards cent millions de francs (2.100.000.000 FCFA) détenu par le FBDES à 50%, la SOFITEX à 37.5% et diverses entités à 12.5%. Cependant, elle n'a commencé ses activités qu'en 2000. Elle fonctionne 7jours sur 7 et 24 heures sur 24 toute l'année à l'exception des jours fériés.

Ses objectifs se résument en la **production**, à la **commercialisation** et à l'**exportation** de fils de coton. Par ailleurs, FILSAH produit « le Maliwatt », une toile fabriquée à partir des déchets de coton qu'elle commercialise comme serpillère sur le marché national et sous régional.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

II. Process de fabrication de FILSAH

Le fil de coton est un produit obtenu au bout d'un processus de fabrication appelé filature. La filature est l'ensemble des opérations nécessaires pour passer des fibres aux fils. Ce processus se déroule en cinq étapes principales qui sont :

a. Ouvraison

Les fibres sont livrées en balles comprimées. L'ouvraison est une opération qui permet par arrachage de décomposer cet ensemble compact de fibres pour le transformer en flocons grossiers. Cette opération est réalisée par une machine appelée « Blendomat ».

b. Battage

Il s'agit d'un traitement mécanique énergétique des flocons de fibres destiné à commencer le démêlage et à éliminer les impuretés solides telles que des boues séchées, des débris végétaux etc.

c. Cardage

Le cardage est une forme de brossage énergétique des flocons de matières, réalisé par l'action de garnitures métalliques en mouvement. Le cardage est destiné à individualiser et à paralléliser les fibres. Il permet aussi d'éliminer des impuretés telles que chardons, fibres entremêlées. L'alimentation de la carde, avec des fibres d'origines différentes permet également de procéder à des mélanges.

d. Étirage

Le ruban de fibres issu de la carde est assez irrégulier. Le parallélisme des fibres n'est pas encore parfait et leurs extrémités sont souvent repliées. Plusieurs doublages et étirages vont permettre de paralléliser les fibres et de régulariser la grosseur du ruban. L'association de ruban d'origine différente permet aussi de procéder à des mélanges de matières.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

e. Filage

Au stade de la filature Open End ou à bout libéré, il s'agit de l'introduction du ruban par un briseur qui libère les fibres sous forme d'un faisceau et elles se réunissent à nouveau librement en un point de rotation au moyen d'un rotor qui leur confère une torsion, les transforment ainsi en fil.

Les étapes précédemment expliquées constituent la Filature 1. Cette subdivision car les deux blocs de production sont indépendants du point de vue alimentation électrique.

Nous évoquons à présent le processus de fonctionnement de la Filature 2.

f. Assemblage

Les assembleuses sont des machines utilisées pour assembler ou combiner deux fils afin d'en avoir un seul plus rigide.

g. Retordage

Les Retordeuses, comme leur nom l'indique, sont des machines qui servent à tordre de nouveau les fils de coton dans le processus d'élaboration des bobines de fil. Cette opération augmente la compacité des fils et est assez énergétique car de gros moteurs (entre 22 et 30 kW) y sont installés.

h. Dévidage

Les Dévidoirs sont des machines ayant pour but de replier les fils de coton en plusieurs tours selon un certain poids déjà bien fixé au départ. On y obtient en fin de processus des écheveaux qui sont ensachés manuellement par les opérateurs.

Ces différentes sections que nous venons de présenter constituent l'ensemble du processus de fabrication de fil de coton de la FILSAH. Mais dans le cadre de ce présent audit, en accord avec l'administration, nous axerons nos actions sur la FILSAH 2 à savoir la salle de Retordage-Dévidage.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

III. Volet installation électrique

Cette partie du travail regroupera le recensement de tous les équipements électriques de FILSAH 2, les schémas unifilaires et le bilan des puissances.

III.1 Recensement des équipements électriques de FILSAH 2

En faisant l'état des lieux de l'industrie à notre arrivée, nous avons rencontré les équipements suivants :

- 01 Transformateur de 630 kVA
- 01 Groupe électrogène de 500 kVA
- 02 Retordeuses de 22 kW
- 06 Retordeuses de 30 kW
- 05 Assembleuses
- 10 Dévidoirs
- 01 Compresseur de 55 kW (GA 55F)
- 01 Compresseur de 18.5 kW (GA 18)
- 01 Compresseur de 15 kW (Roll Air 20)
- 19 Humidificateurs
- Environ 400 Lampes fluorescentes de 120 cm

Cependant, les disjoncteurs et les prises de courants apparaissent sur les schémas unifilaires et les images des coffrets proposés.

III.2 Coffrets et disjoncteurs installés

Les deux images qui suivent font apparaître certains des disjoncteurs et coffrets des installations de FILSAH 2.



Figure 1 : Vue de l'armoire principale



Figure 2 : Armoire arrivée TGBT

III.3 Schéma unifilaire de l'installation

A la demande du responsable du service électricité et avec le constat de l'absence d'un schéma clair et explicite des installations de FILSAH 2, nous avons réalisé tout d'abord un schéma unifilaire des installations existantes avant de proposer un schéma plus cohérent et respectant la norme NFC 15-100.

III.3.1 Schéma unifilaire de l'installation existante.

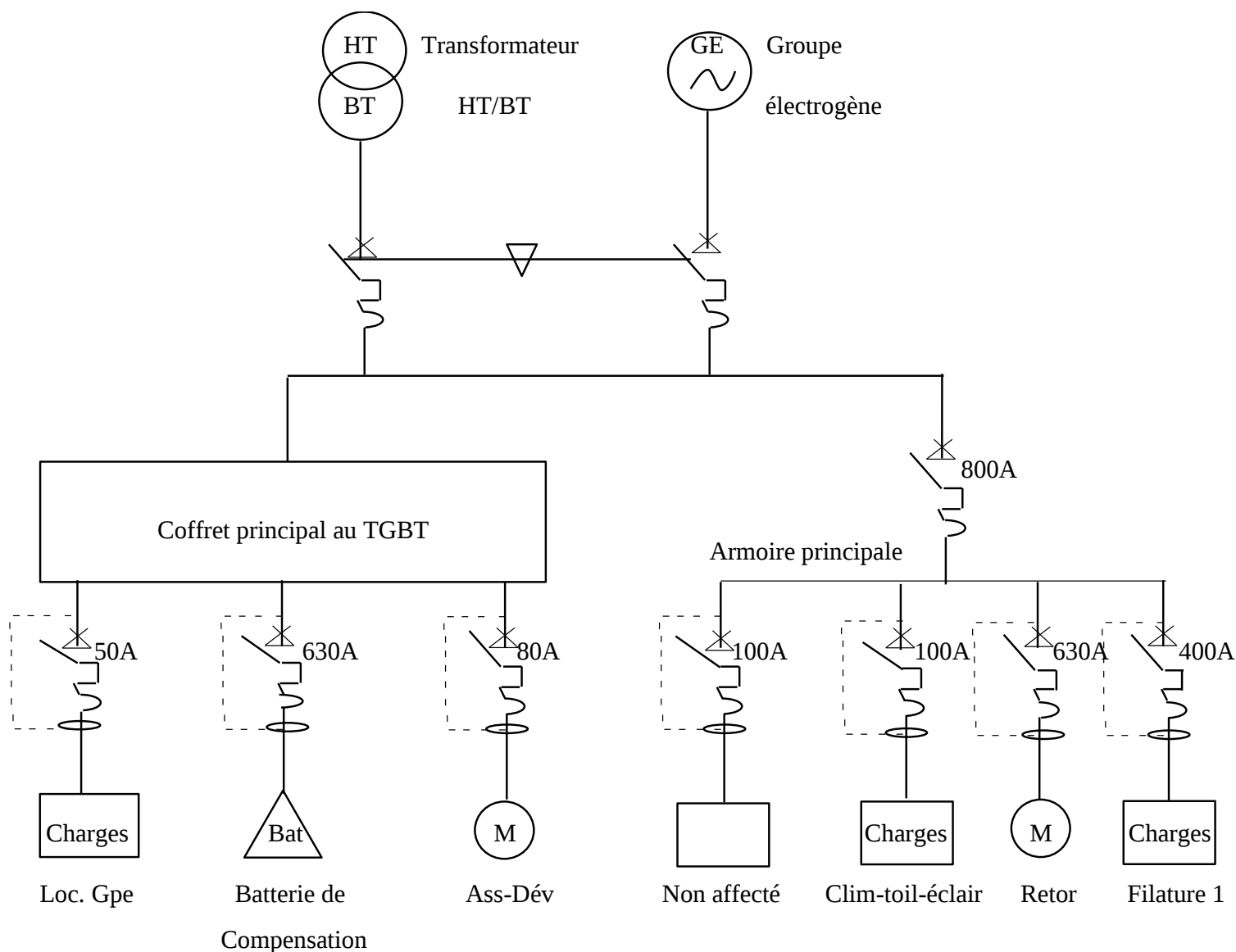


Figure 3 : Schéma unifilaire des installations existantes de FILSAH 2

NB : Les schémas unifilaires détaillés par coffret ainsi que le schéma unifilaire global montrant les défauts en rouge et en bleu sont donnés en annexe.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

III.4 Bilan des puissances

III.4.1 Hypothèses générales

Tout au long de notre travail, nous considérerons les hypothèses suivantes :

- Le réseau utilisé est celui de la SONABEL. Il délivre ainsi une tension de 230V/400V avec une fréquence associée de 50 Hz
- Le régime du neutre utilisé est celui du TT. Ce sigle se traduit par T (Neutre relié à la Terre) et T (Masse reliée à la Terre).
- Tous les calculs et dimensionnements seront faits suivant la norme française d'installation électrique basse tension NF C 15-100

III.4.2 Méthodologie de calcul

Pour effectuer le bilan des puissances, nous nous sommes basés sur le schéma unifilaire de l'installation existante. Nous avons divisé le circuit en 3 grandes parties qui sont : **la salle des Assembleuses-Dévidoirs, la salle des Retordeuses et autres** (Infirmierie, Local groupe, Cafétéria, Magasinier et Guérite).

Afin d'avoir des résultats fiables, deux méthodes ont été utilisées : la **méthodologie manuelle** et celle de **logiciel** (XLPro Calcul).

a. Méthodologie manuelle

Les calculs ont été faits dans une feuille Excel. Cette logique consiste à calculer d'abord les puissances actives (P en kW), ensuite les puissances réactives (Q en kVar) et d'en déduire la puissance apparente (S en kVa). Les différentes formules sont les suivantes :

- $P = \frac{P_n}{\eta}$ avec P_n la puissance nominale et η le rendement. **(III-1)**



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

La puissance nominale des différents appareils est obtenue grâce à un recensement dans tout le bâtiment des appareils électriques. Les puissances, les rendements et les facteurs de puissance ($\cos\varphi$) sont généralement lus directement sur les plaques signalétiques des appareils.

Par ailleurs, il arrive que certaines références manquantes soit estimées ou prises en conformité avec la norme. Le nombre de récepteurs est dénombré par type et selon la situation géographique dans le bâtiment. Toutes ces données sont consignées sur la fiche Excel de bilan de puissances en annexe.

- $Q = P * \tan \varphi$ (III-2)

- $S = \sqrt{(ks * ku * kr * P)^2 + (ks * ku * kr * Q)^2}$ (III-3)

Les différents coefficients sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau i : Coefficients de simultanéité (ks)

Ks1 et Ks2	Relatifs au fonctionnement simultané des différents appareils
Ks3	Relatif au nombre de circuit
Ks4	Coefficient de simultanéité global pour l'ensemble de l'installation

Nous avons également le tableau suivant qui contenant d'autres hypothèses de calcul :

Tableau ii : Coefficients et rendements utilisés pour le bilan des puissances

Récepteurs	Facteur de puissance ($\cos\varphi$)	Rendement	Coefficient d'utilisation (Ku)	Coefficient Ks de simultanéité des récepteurs
Eclairage	0.8	0.85	1	1
Climatisation	0.8	0.8	1	1
Brasseurs d'air	0.9	0.6	1	1
Prises de courant	0.7	0.8	1	$0.1+0.9/(\text{Nombre de prises})$
Moteurs	0.7 - 0.9	0.6 - 0.95	0.75	1



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Enfin les coefficients de simultanéité relatifs au nombre de circuits sont donnés selon la règle suivante :

- 2 à 3 circuits $\rightarrow k_s=0.9$
- 4 circuits $\rightarrow k_s=0.8$
- 5 à 9 circuits $\rightarrow k_s=0.7$
- Plus de 10 circuits $\rightarrow k_s=0.6$

b. Méthodologie du logiciel

Les deux logiciels que sont XLPro Calcul et XLPro Conception sont les logiciels que nous avons utilisés pour aussi bien le bilan des puissances que pour le dimensionnement des sections de câbles, le choix des dispositifs de protection, la conception des plans électriques et le choix des coffrets .

Nous les avons utilisés à cause de leur précision de calcul, leur choix judicieux des équipements de protection et de la similitude de leur résultat avec le dimensionnement manuel que nous avons fait avec la méthode de BOUCHEROT.

III.4.3 Résultats des calculs

Les résultats obtenus après avoir effectué le bilan des puissances dans la fiche Excel sont consignés dans le tableau iii ci-dessous. Le tableau suivant quant à lui récapitule les résultats obtenus par le logiciel XLPro Calcul.

Méthode manuelle

Les calculs faits par la méthode manuelle en suivant la logique de BOUCHEROT nous donnent les résultats consignés dans le tableau iii ci-dessous :



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Tableau iii : Bilan de puissance par calcul

Situation géographique	Puissance active P (kW)	Puissance réactive Q (kVar)	Facteur de puissance
Salle des Retordeuses	385.15	238.66	0.85
Salle des Assembleuses-Dévidoirs	92.3	78.2	0.76
Autres charges (Infirmerie, Foyer, etc.)	24.06	22.97	0.72
Charges totales de FILSAH 2	501.51	339.83	0.83

Il faut noter que ces facteurs de puissance sont corrigés par les batteries de compensation automatique installées au sein de FILSAH. Ces dernières amènent le facteur de puissance global entre 0.95 et 0.99.

Méthode du logiciel

Le logiciel XLPro Calcul utilise également la méthode de Boucherot pour ses calculs. Les résultats obtenus à l'aide de ce logiciel sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau iv : Bilan de puissance par logiciel

Régime du Neutre	TT
Tension Nominale	399.99 V
Puissance installée	519.16 kW
IK1 Max (courant de court-circuit max entre phase et neutre)	14.41 kA
IK3 Max (courant de court-circuit max entre les 3 phases)	17.48 kA

III.4.4 Analyse des résultats

Le premier constat est que les deux bilans de puissances (méthodologies manuelle et de logiciel) sont approximativement identiques : $P = 501.51 \text{ kW}$ pour la méthode manuelle contre 519.16 kW pour celle de XLPro Calcul.

Comme nous l'avons spécifié précédemment, nous utiliserons les résultats de la deuxième méthode pour la suite du dimensionnement notamment le choix des dispositifs de sécurité et des équipements annexes.

Nous avons reparti les puissances enregistrées par section sous forme de graphe afin de déterminer la partie de l'usine la plus consommatrice d'électricité. Nous obtenons la figure suivante :

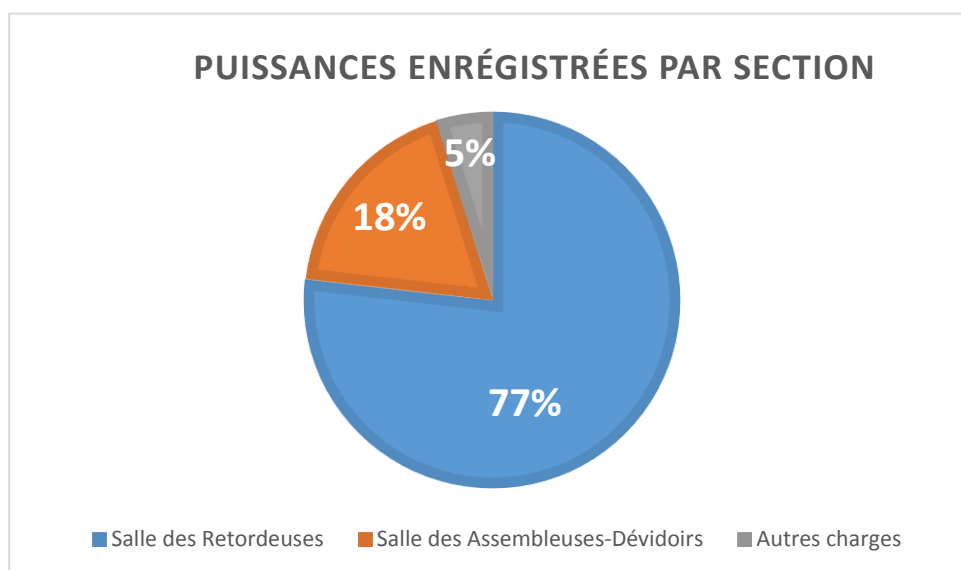


Figure 4 : Répartition en pourcentage par section des charges de FILSAH 2

Nous remarquons sans l'ombre d'un doute que la salle de Retordage englobant également les différents compresseurs est la section de FILSAH 2 qui consomme le plus d'énergie avec 77% de part. L'optimisation énergétique devra donc se pencher sur la réduction de ce chiffre.

III.5 Nouveau schéma unifilaire proposé

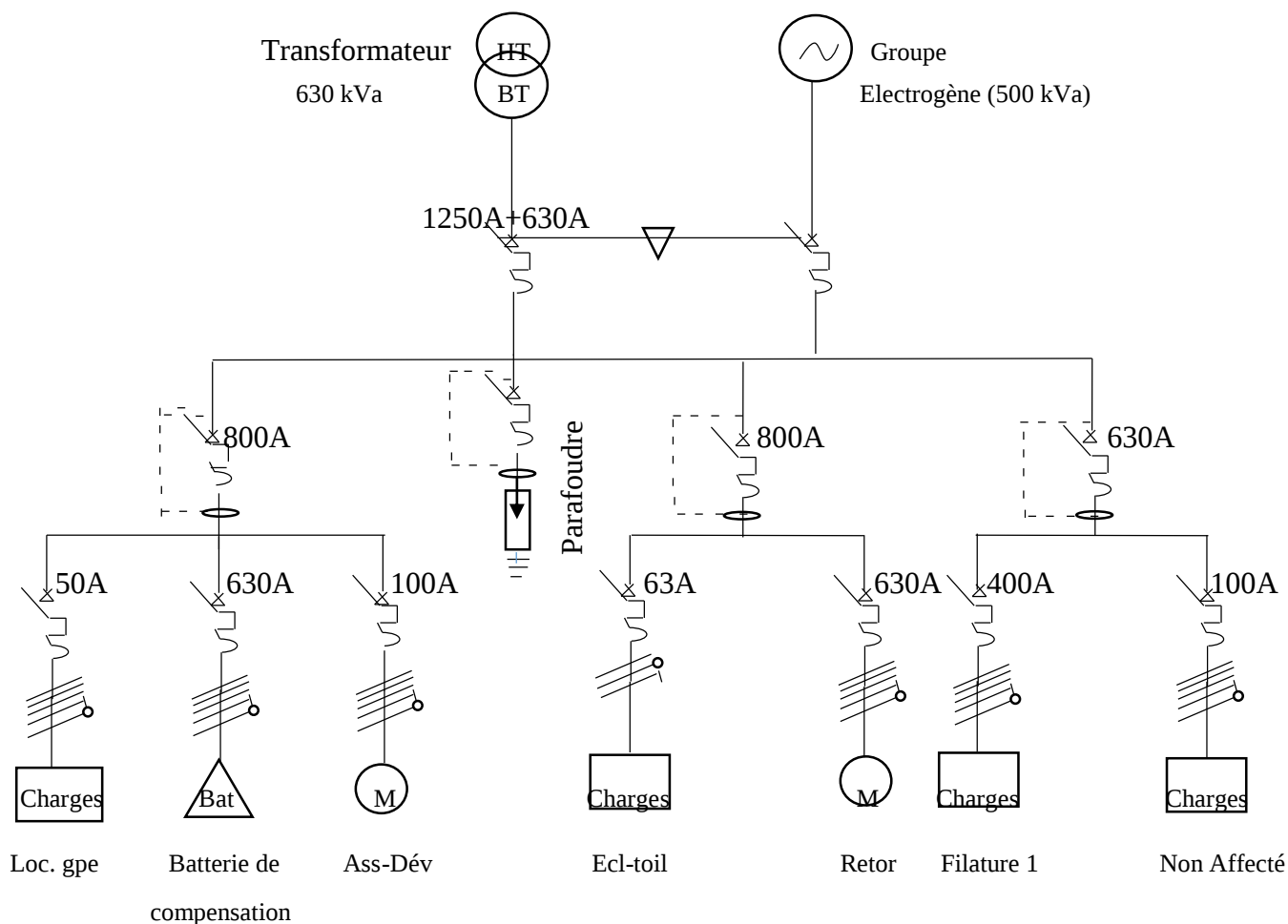


Figure 5 : Nouveau schéma unifilaire proposé

- Loc. gpe = Local du groupe électrogène
- Ass-Dév = Assembleuse-Dévidoirs
- Ecl = Eclairage ; Clim = Climatisation ; Toil = Eclairage des toilettes
- Retor = Retordeuses.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

III.6 Choix des équipements de protection appropriés

Pour mieux conformer les installations électriques de la filature 2 nous proposons les solutions suivantes :

- Mettre **un disjoncteur de 800 A** en tête du coffret principal pour la protection des batteries de compensation, des équipements du local groupe et des assembleuses-dévidoirs.
- Installer **un paratonnerre** pour protéger la structure de l'usine contre les coups directs de la foudre.
- Installer également **un parafoudre** dont les caractéristiques sont : parafoudre pour tableau d'abonné LS1 ($U_c=275\text{ V}$, $U_p=1.2\text{ kV}$, $I_n=10\text{ kA}$) protégé monobloc, type 2, Tétrapolaire, LEGRAND afin de protéger les installations électriques et de télécommunications contre les surtensions qui peuvent, en général, avoir pour origine la foudre ou la manœuvre d'appareils électriques (surtensions dites de manœuvre).
- Mettre le régime du neutre sous **TN** (Neutre relié à la Terre et Masse reliée au Neutre) plus adéquat pour les industries au lieu du régime TT installé présentement. Il a l'avantage de ne pas nécessiter d'appareils de protection particuliers.
- Concernant tous les circuits sous-dimensionnés ressortis par le logiciel XLPro3, nous avons deux alternatives. La première est de changer seulement les disjoncteurs de tête des différents coffrets même si ceux-ci fonctionnent correctement jusqu'à présent : méthode que nous préconisons d'ailleurs. La seconde serait de changer tous les petits disjoncteurs en tête de chaque machine pour les conformer au disjoncteur de tête du coffret correspondant.
Cette dernière nous reviendra plus chère que la précédente.
- Les équipements à remplacer ou à ajouter sont consignés dans le tableau ci-dessous :



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Tableau v : Liste des équipements appropriés à installer

N°	Désignation	Emplacement	Installé actuellement	A installer	Nombre	Prix unitaire	Prix total
1	Disjoncteur MT	Tête Assembleuse-Dévidoir	80 A	Disj DPX ³ 250 25kA 4P 100A MT (100 A)	1	510000	510000
2	Disjoncteur MT	Tête Eclairage Ass-Dév	40 A	Disj DPX ³ 160 25kA 4P 63A MT (63A)	1	475000	475000
3	Interrupteur différentiel	Tête humidificateur	40 A	Disj DPX ³ 160 25kA 4P 63A MT (63 A)	1	475000	475000
4	Disjoncteur différentiel MT	Tableau d'abonné	1250 A	Disj DPX 1600 4P 630A MT (630 A) (à ajouter à ce qui est déjà installé)	1	1000000	1000000
5	Disjoncteur MT	Tête filature 1+éclairage+clim	-	Disj DPX 630 4P4D MT (630 A)	1	905000	905000
6	Parafoudre	Tableau d'abonné FILSAH 2	-	LS1 Type 2 protégé monobloc Uc=275V, Up=1.2kV, In=10kA	1	175000	175000
7	Paratonnerre	Bâtiment FILSAH 2	-	Marque ABB	1	300000	300000
Coût des équipements						FCFA	3840000

NB : Les autres disjoncteurs à changer (cafétéria, infirmerie, bureau magasinier, local groupe) seront directement remplacés par les disjoncteurs enlevés sur les précédents coffrets afin d'économiser en terme d'investissement



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

IV. Analyse et Optimisation des factures d'électricité

IV.1 Illustration des factures avant optimisation

a. Etat actuel de FILSAH 2

1./SITUATION ACTUELLE

Puissance moyenne atteinte	290 kW
Puissance Souscrite	180 kW
Facteur de Puissance moyenne	1.00
Puissance des batteries de Condensateurs existantes	15 kVAr
Puissance Apparente moyenne (Pa)	291 kVA
Consommation d'énergie apparente (S)	2 081 651 kVAh/an
Pénalités dues au facteur de puissance (COSphi)	0 F CFA
Pénalités dues aux dépassements de puissance souscrite	4 686 960 F CFA
Pénalités de sous consommation	0 F
Pénalités Totales	4 686 960 F CFA
Montant de la facture avant optimisation	193 339 240 F CFA
Prix du kWh avant optimisation	93 F CFA

2./OPTIMISATION

Puissance à Souscrire	180 kW
Puissance des batteries de Condensateurs à installer	0 kVAr
Facteur de Puissance attendu	1.00
Puissance apparente moyenne (Pa)	291 kVA
Gain en puissance apparente	0%
Consommation d'énergie apparente (S)	2 081 651 kVAh/an
Gain en Energie apparente	0%
Pénalités (+)/Bonifications (-) dues au COSphi	-12 121 155 F CFA
Pénalités dues aux dépassements de Puissance	4 686 960 F CFA
Pénalités Totales (+)/Economies totales(-)	-7 434 195 F CFA
Montant de la facture après optimisation	193 339 240 F CFA
Prix du kWh après optimisation	93 F CFA

3./ANALYSE FINANCIERE ET ACTION

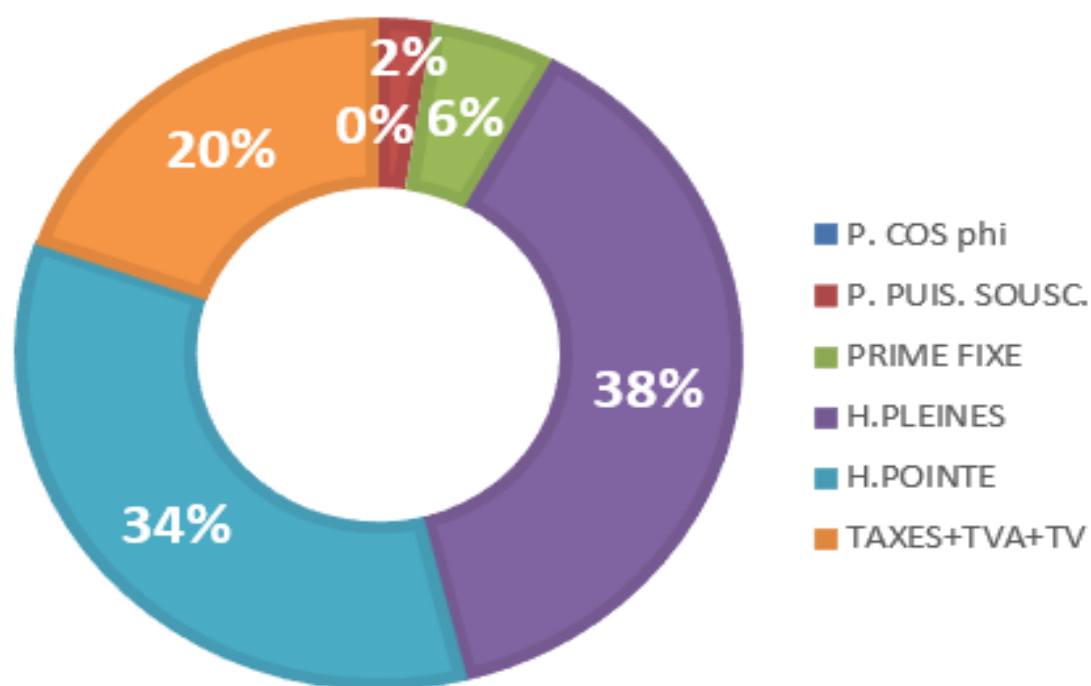
Investissement	0 F CFA
Gain brut annuel	0 F CFA
Economies réalisables dès la première année	0 F CFA
Temps de retour de l'investissement	0.00 Mois
Bénéfice actualisé au taux de 10% et sur 10 ans	CFA
Réajustement de la puissance souscrite	NON

Figure 6 : facturation avant optimisation

Ces informations traduisent la situation actuelle ainsi que l'analyse financière et les actions potentielles à mener pour optimiser les factures SONABEL de FILSAH 2.

b. Répartition de la facture par tarification

A partir des données recueillies sur les différentes factures d'électricité de l'usine, nous en avons fait une représentation graphique plus explicite de la facturation SONABEL de FILSAH 2 (Heures de pointe, Heures pleines, Taxes, Pénalités).



REPARTITION DE LA FACTURATION EN POURCENTAGE

Figure 7 : Répartition de la facture SONABEL avant optimisation

Ce camembert récapitule la part des consommations pour les factures SONABEL des deux dernières années de FILSAH 2 (Février 2012 à Janvier 2014). Il montre clairement que les productions en heures de pointe constituent la consommation majeure de la filature avec environ 38% des parts.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

c. Répartition de la facture par machine

Nous avons récapitulé dans un tableau les consommations énergétiques annuelles de FILSAH 2 pour les machines suivantes : Retordeuses (5 à 12), Compresseur GA55F et les Assembleuses-Dévidoirs. La climatisation n'y figure pas car sa consommation est assez moindre par rapport à ceux énumérés et son compteur d'énergie n'avait pas encore été connecté. Ce tableau se présente comme suit :

Tableau vi : Consommations énergétiques par (groupe de) machines

	Retordeuses		Assembleuse-Dévidoir		Compresseur	
Période	Moyenne	Somme	Moyenne	Somme	Moyenne	Somme
janv-13	4139	128300	143	4275	656	20328
févr-13	4979	139398	196	5482	723	20241
mars-13	5079	157462	210	6314	709	21991
avr-13	6172	185161	241	6984	693	20785
mai-13	6109	189377	185	5560	690	21377
juin-13	6498	194950	189	5493	737	22109
juil-13	6853	212449	184	5531	736	22814
août-13	1206	14468	35	348	218	2402
sept-13	7054	204576	210	5873	780	22620
oct-13	6715	208156	203	1216	760	23571
nov-13	7077	212297	216	6468	749	22460
déc-13	6487	201085	210	6312	752	23312
janv-14	6244	174830	207	5591	782	21891
Conso en un an (kWh)		2222509		65447		265901

Nous en avons fait une représentation graphique pour mieux montrer les parts de consommation de chacune des machines évoquées. Cela permettra de dégager la section la plus exigeante en énergie.

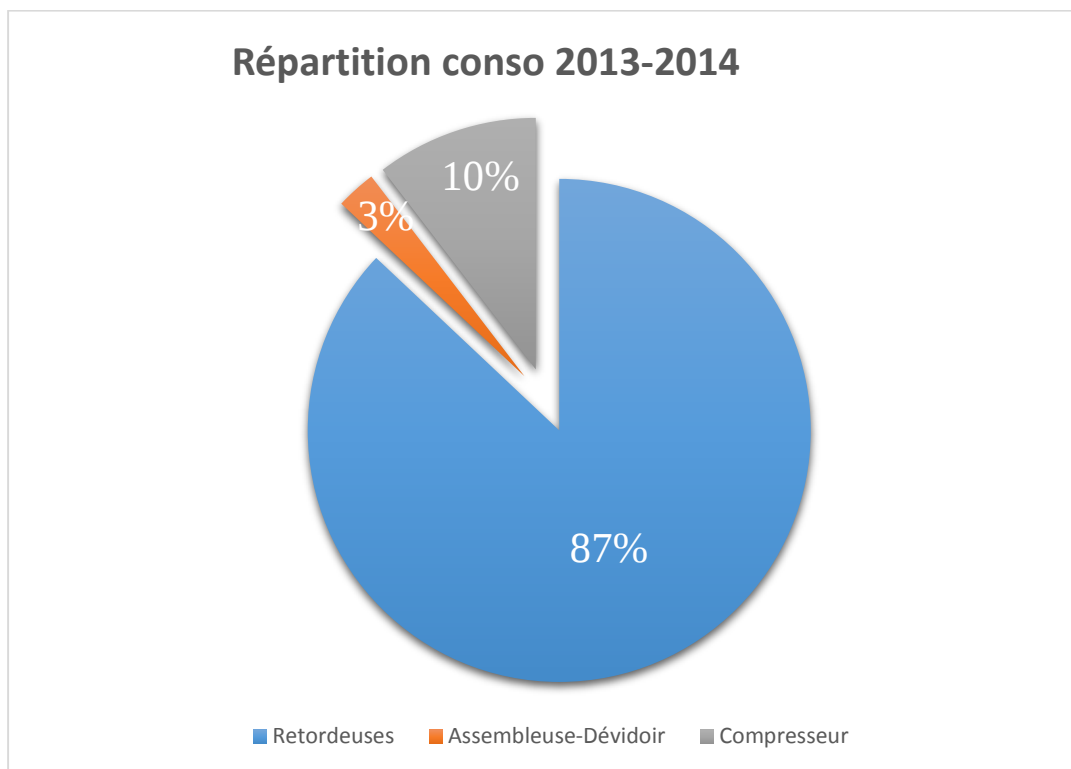


Figure 8 : Répartition de la consommation énergétique par (groupe de) machine(s)

Ce graphe montre très clairement que la consommation énergétique maximale de FILSAH 2 est due à l'activité des huit Retordeuses. Avec une part de consommation d'environ 87%, ces Retordeuses sont les éléments à optimiser afin de réduire un temps soit peu les factures d'électricité SONABEL à venir. En effet, ces retordeuses à elles seules constituent environ 325 kW sur les 500 kW qui ont été trouvés à travers les précédents bilans de puissances.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

d. Profil des puissances enregistrées

Le tableau récapitulatif des puissances se résume comme suit :

Tableau vij : Puissances enregistrées de Fév. 2012 à Janv. 2014

	P_{att} (2012-2013)	P_{att} (2013-2014)
Février	167	223
Mars	176	234
Avril	171	239
Mai	149	292
Juin	162	291
Juillet	173	307
Août	180	311
Septembre	187	301
Octobre	206	319
Novembre	191	324
Décembre	186	322
Janvier	241	321

Des données de ce tableau ci-dessus, nous avons réalisé un graphe plus explicite des puissances atteintes en fonction de la période. Il nous permet de constater les dépassements que FILSAH conçoit depuis Septembre 2012 jusqu'au temps présent étant donné que sa puissance souscrite est de 180 kW depuis Août 2012. Nous verrons dans la partie optimisation des factures si oui ou non la société gagnerait à augmenter sa puissance souscrite.

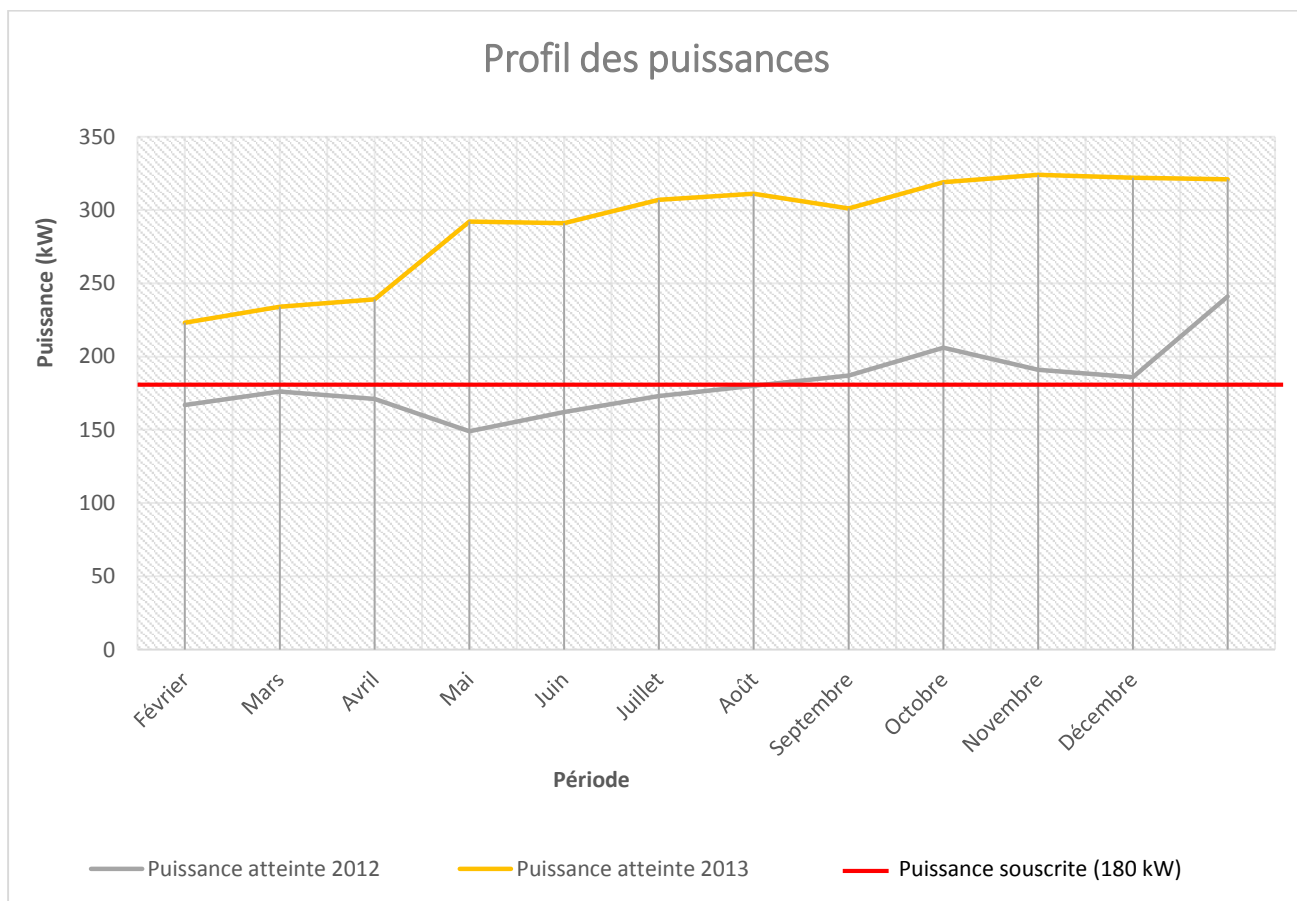


Figure 9 : Profil des puissances souscrites et enregistrées de 2012 à 2014.

Le profil des puissances représenté ci-dessus témoigne d'une croissance considérable mois après mois des puissances atteintes par l'usine de retordage-dévidage. Cependant, la puissance souscrite par FILSAH 2 reste figée à 180 kW entraînant des pénalités de dépassement de puissance. Le fichier Excel présenté en annexe donne la part de ces pénalités sur les différentes factures SONABEL de l'usine.

La question essentielle qui mérite une attention particulière est : doit-on garder ainsi la puissance souscrite ou devrait-on l'augmenter pour annihiler les pénalités déboursées chaque mois ?



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

IV.2 Analyse des factures SONABEL

Cette étude consiste à relever dans une fiche Excel les factures d'électricité des deux dernières années de FILSAH 2 et de les analyser afin d'en dégager les gros points de consommation. Nous avons déjà un léger avantage dès le départ car les deux filatures ont chacune sa facture d'électricité. Le cas présent à étudier et qui nous intéresse est celui de FILSAH 2.

De cette analyse, il ressort que :

- Les installations de FILSAH 2 ont un très bon facteur de puissance (variant entre 0.95 et 1.00) grâce aux batteries de compensation automatique (210 kVar) qui sont installées. Ces dernières leur procure des bonifications (une certaine somme en moins calculée) sur chaque facture d'électricité qu'elle doit payer.
- Les puissances enregistrées sont largement au-dessus de la puissance souscrite de 180 kilowatts. Ce fait engendre des pénalités de dépassement calculées de la manière suivante :

$$\text{Pénalités (FCFA)} = 30 \times (\text{Patt} - \text{Psousc}) \times \text{Tarif HPT} \quad (\text{IV-1})$$

Avec : HPT : Heures de Pointe (118 FCFA/kWh d'énergie consommée)

Patt : Puissance atteinte ; **Psousc :** Puissance souscrite

Dans le tableau viii ci-dessous, nous avons calculé les pénalités de dépassement. Ensuite, nous les avons ajoutées aux primes fixes affectées à chaque puissance souscrite. Ces simulations nous permettent d'avoir un aperçu de la facturation SONABEL dans le but de faire le meilleur choix possible de notre puissance souscrite.

La simulation commence avec la puissance souscrite actuellement (180 kW). Nous avons comparé les résultats obtenus (prime fixe + pénalités de dépassement) à certaines valeurs de puissances auxquelles nous pourrions souscrire. De ces dernières, nous avons décidé dans un premier temps, de maintenir la puissance souscrite à 180 kW. Cependant des contraintes sont liées à cette souscription. C'est cela dont nous ferons part dans l'optimisation tarifaire.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Tableau viii : simulation pour le choix de la puissance souscrite.

Période	Puissance appelée P1(kW)	Puissance souscrite P2(kW)	Dépassement (kW)	Pénalité payée (xof)	Prime fixe payée (xof)	Pénalité +Prime fixe (xof)
Maximum	324	324	0	0	1599373	1599373
simu0	324	180	144	509760	888541	1398301
simu1	324	315	9	31860	1554946	1586806
simu2	324	300	24	84960	1480901	1565861
simu3	324	290	34	120360	1431538	1551898
simu4	324	280	44	155760	1382174	1537934
simu5	324	270	54	191160	1332811	1523971
simu6	324	260	64	226560	1283448	1510008
simu7	324	250	74	261960	1234084	1496044
simu8	324	240	84	297360	1184721	1482081
simu9	324	230	94	332760	1135357	1468117
simu10	324	220	104	368160	1085994	1454154
simu11	324	210	114	403560	1036631	1440191
simu12	324	200	124	438960	987267	1426227
simu13	324	190	134	474360	937904	1412264
simu14	324	185	139	492060	913222	1405282
simu15	324	175	149	527460	863859	1391319
simu16	324	170	154	545160	839177	1384337

Ce tableau nous fournit des éléments essentiels à prendre en compte pour optimiser le choix de la puissance à souscrire. Il ne tient certes pas compte de toutes les règles et normes élaborées par la SONABEL, mais il donne une idée des pénalités à payer en cas de dépassement.

IV.3 Optimisation tarifaire

IV.3.1 Ajustement de la puissance souscrite.

La puissance actuellement souscrite par la filature 2 est de 180 kW. Nous constatons que depuis la remise à niveau en Août 2012 de la puissance souscrite, ramenée de 250 kW à 180 kW, il y a des dépassements de puissance à chaque mois. Comme énoncé plus haut, cela entraîne des pénalités de dépassement à payer.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Cependant nous avons réalisé une fiche Excel comparative présentée en annexe. Cette étude, tenant compte des formules de calcul de facturation de la SONABEL, nous permet d'affirmer sans équivoque que FILSAH opte pour la meilleure solution en gardant telle sa puissance souscrite actuelle. Le calcul mensuel de la facture d'électricité SONABEL tient compte de plusieurs paramètres qui sont : *les consommations en heures pleines et de pointes, les redevances, la prime fixe, les différentes taxes et les pénalités ou bonifications* selon le cas. En effet, si nous considérons les primes fixes imputées à une quelconque augmentation de puissance souscrite ne serait-ce que de 10 kW, diminuant néanmoins le dépassement de puissance donc la pénalité de dépassement, la facture SONABEL sera plus élevée que si on la maintenait à 180 kW ; en témoigne la part qu'occupe la prime fixe par rapport aux autres composantes sur la facture. Ainsi donc, le meilleur scénario pour l'usine serait de maintenir la puissance souscrite actuellement jusqu'à un nouveau changement (baisse de la production, augmentation conséquentes des charges de la filature, etc.)

D'une part, ces dépassements constituent un handicap pour la SONABEL car elle met à défaut ses prévisions dans le cadre de la bonne distribution d'énergie dans la ville afin d'éviter les nombreux délestages. Aussi, il est dit dans les clauses de la SONABEL qu'après trois dépassements concédés par un abonné, la société d'électricité réajuste sa puissance souscrite à la troisième valeur la plus élevée.

D'autre part, FILSAH aussi perd de l'argent à cause de ces dépassements car si la SONABEL n'arrive pas à assurer la fourniture exacte d'énergie dans la ville, il va de soi que les délestages et les baisses de tension vont se multiplier. Les conséquences plausibles de ce déficit en énergie sont : **la baisse de la production, des défauts de programmation sur les machines électroniques** et enfin **l'endommagement de certains équipements de l'usine tels que les batteries de compensation ou même certains moteurs.**



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

IV.3.2 Réduction de la production en heures de pointe.

Les graphiques précédents nous ont prouvé que les consommations en heures de pointe (10H-14H et 16H-19H) constituent la grande partie des factures SONABEL de FILSAH 2 (environ 38%). L'usine fonctionne 24H/24 et 7jours/7 avec des entretiens qui sont régulièrement effectués.

Nous proposons donc à l'entreprise d'arrêter deux retordeuses entre 10 heures et 14 heures puis de les faire toutes fonctionner le reste de la journée et tout au long de l'année de production pour faire quelques réserves en vue des commandes soudaines.

Les gains économiques que nous avons calculés sur quatre ans se retrouvent dans le tableau viii

$$\boxed{\text{Gain (FCFA)} = \text{NM} \times \text{PU} \times \text{TA} \times \text{CK (HPT)} \times \text{Jr} \times \text{Nmp}} \quad (\text{IV-2})$$

Avec :

NM : Nombre de machines à arrêter ; **PU :** Puissance Unitaire ; **TA :** Temps d'arrêt à observer

CK (HPT) : Coût du kilowattheure en heure de pointe ; **Jr :** Nombre de jours estimé du mois

Nmp : Nombre de mois de production annuelle

Tableau ix : Gain financier réalisé sur l'optimisation du temps de fonctionnement des retordeuses

NM	PU	TA	CK FCFA (HPT)	Jr	Nmp	Gain (FCFA) An1	Gain (FCFA) An2	Gain (FCFA) An3	Gain (FCFA) An4
1	60	4	118	30	11	9345600	18691200	28036800	37382400
2	60					18691200	37382400	56073600	74764800
3	60					28036800	56073600	84110400	112147200

Ce tableau nous montre les économies que nous ferions rien qu'en mettant à l'arrêt une, deux ou trois retordeuses entre 10 H et 14H. Les chiffres sont parlants et cette proposition devrait être exploitée par l'usine.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

V. Volet Energie solaire

Les énergies renouvelables, notamment le solaire photovoltaïque, sont une alternative au problème d'énergie et d'électrification auxquels nos pays africains sont confrontés. Cependant certains de ces pays disposent d'un fort potentiel solaire jusque-là mal ou non exploité.

Toutefois, le frein majeur à son envol sur le vieux continent demeure son coût d'investissement jusque-là exorbitant. Cela explique une réticence non moins négligeable des bailleurs de fonds ou des investisseurs privés à se lancer dans ce domaine.

En dépit de son coût d'investissement élevé, une fois installé dans les normes définies par le guide des installations photovoltaïques en BT à savoir UTE C 15-712-1, l'énergie produite par les panneaux photovoltaïques devient quasiment gratuite au bout de quelques années d'exploitation en dehors des frais d'entretien.

Dans le paragraphe à suivre, nous essayerons de trouver la meilleure configuration possible afin de maximiser au mieux la rentabilité de ce projet en analysant quelques modèles de couplage.

V.1 Les types d'installation possibles

Il existe de nos jours plusieurs méthodes d'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque en bâtiment comme en industrie. Nous pouvons citer entre autre :

- Le système autonome ou stand-alone avec stockage
- Le système hybride avec ou sans stockage
- Le système injecté au réseau.

Chaque système a ses caractéristiques propres à lui, et, présente aussi bien des avantages que des inconvénients.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

V.2 Détermination de la surface disponible

La première étape essentielle dans un dimensionnement solaire à grande échelle est de connaître la superficie disponible pour l'emplacement optimal des panneaux solaires. Nous avons donc, à partir des dimensions de notre bâtiment, déterminé l'espace disponible sur le toit pour accueillir notre champ photovoltaïque.

FILSAH 2 a pour longueur 70 mètres et pour largeur 25 mètres. En considérant l'écart entre les plaques ainsi que l'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires on trouve l'espace disponible (S) sur toiture de : $S = 60 \text{ m} \times 12.5 \text{ m} = 750 \text{ m}^2$

V.3 Données géographiques et hypothèses climatiques

La Filature du sahel et plus précisément FILSAH 2 est située à la zone industrielle de Bobo-Dioulasso. Nous avons pu déterminer la longitude qui est de $11^{\circ}10'$ N et la latitude de $4^{\circ}18'$ W grâce au logiciel *RETscreen*.

- Etant donné que la ville est située dans l'hémisphère Nord, les plaques seront orientées plein SUD d'une inclinaison équivalent à un angle d'environ 15°C .
- Les données utilisées sont fournies par le service météorologique de Ouagadougou via son antenne de Bobo-Dioulasso. La température maximale que nous utiliserons est donc de 40°C .
- Nous prendrons une Irradiation journalière moyenne (H_i) de $5.15 \text{ kWh/m}^2/\text{j}$ sur le plan incliné des modules (cf. *RETscreen*)
- Nous considérerons une Irradiance moyenne de 800 W/m^2 sur le plan incliné des modules (cf. *RETscreen*)
- Les panneaux seront installés sur la toiture de la Filature. L'effet de l'ombrage ne jouera donc pas sur le rendement des plaques solaires.

En consultant les avantages et les inconvénients de chaque système, nous avons décidé de proposer comme solution l'injection directe au réseau interne avec un certain taux de pénétration.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

V.4 Dimensionnement de la solution retenue.

V.4.1 Détermination du taux de pénétration

Pour évaluer le taux d'énergie photovoltaïque à injecter, il faut tenir compte de la surface dont nous disposons pour l'installation du champ PV. Déterminée précédemment, la surface dont nous disposons est de 750 m².

Notre bilan de puissance nous donne 519 kW installés. Cependant, toutes les charges ne sont pas actives simultanément. Nous considérerons ainsi, pour le dimensionnement à suivre, une puissance active minimale de 300 kW.

- Puissance électrique à injecter ($P_{el inj}$) :

$$P_{el inj} \text{ (kW)} = \text{Taux d'injection choisi} \times P_{el} \text{ estimée} \quad (\text{V-1})$$

- Puissance crête à installer (P_c) :

$$P_c \text{ (kWc)} = \frac{P_{el inj}}{k \times I_r} \quad (\text{INES, s. d}) \quad (\text{V-2})$$

Avec **k** : Coefficient de productivité ≈ 0.9

I_r : Irradiance sur le plan incliné des modules = 0.80 kW/m²

- Nombre de modules à installer (N_m) :

$$N_m = \frac{\text{Puissance crête à installer}}{\text{Puissance crête d'un module}} \quad (\text{V-3})$$

De ces formules, nous réalisons le tableau qui nous permettra de faire le choix de notre puissance à injecter en fonction de la surface disponible.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Tableau x : Choix du taux d'injection

Taux d'injection (%)	Puissance électrique injectée (kW)	Puissance crête à installer (kWc)	Nombre de modules correspondants	Surface nécessaire (m ²)	Investissement [investissement estimé] (FCFA)
5	15	20.83	87	142.7	[36.080.000]
10	30	41.67	174	285.4	[57.200.000]
15	45	62.5	261	428.1	[79.300.000]
20	60	83.3	347	569.1	[101.430.000]
25	75	104.17	434	711.8	129.990.000
30	90	125	521	854.5	

Nous rappelons que le taux de pénétration maximum admissible pour une injection est de 30%. Des résultats de ce tableau, nous proposerons donc, en fonction de la surface dont nous disposons, un taux d'injection de 25%. Cela correspond à une puissance électrique de 60 kW soit environ 104.17 kWc fournit par 434 plaques solaires de 240 Wc chacune.

Ce choix est fait essentiellement sur la base de la surface dont nous disposons sur le toit de FILSAH2.

V.4.2 Dimensionnement des onduleurs

Les onduleurs dont nous avons besoin pour notre installation sont des onduleurs réseau. Le dimensionnement a été fait par le logiciel Sunny Design 3. Notre choix s'est porté sur des onduleurs triphasés STP 12000TL-10 pour satisfaire notre puissance crête de 104.17 kWc. Le logiciel nous donne 9 onduleurs Sunny STP 12000TL-10 dont la puissance est 103.68 kWc. Ce choix a été adopté après simulation de plusieurs onduleurs de différentes marques et puissances avec leurs prix équivalents.

Les résultats donnés par le logiciel sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau xi : Résultats du dimensionnement

Température minimale (°C)	13
Température de configuration (°C)	30
Température maximale (°C)	42

Onduleur		Champs photovoltaïque	Entrée A	Entrée B
		Nombre de string par entrée	2	1
Nombre d'entrée Indépendants	2	Nombre de module par entrée	30	18
Puissance DC maximale (kW)	12.25	Nombre de module par string	15	18
		Tension caractéristique du Photovoltaïque (V)	394	473
Tension DC minimale(V)	150	Tension minimale du Photovoltaïque (V)	363	436
Tension DC Maximale(V)	1000	Tension maximale du Photovoltaïque (V)	575	689
Courant DC maximal(A) (A/B)	22.0 / 11.0	Courant Maximal du générateur (A)	16.2	8.1
Courant de court-circuit maximal(A) (A/B)	33.0 / 12,5	Courant de court-circuit du	16.9	8.5
		courant max photovoltaïque (A)		
		Nombre d'onduleurs	9	
		Puissance crête installé (kWc)	103.68	
		Nombre total de panneaux photovoltaïques	432	
		Puissance active DC max. (cos φ = 1) (kW)	12.25	
		Puissance active AC max. (cos φ = 1) (kW)	12	

V.4.3 Configuration de l'installation

Notre installation PV connecté au réseau est configurée comme suit :

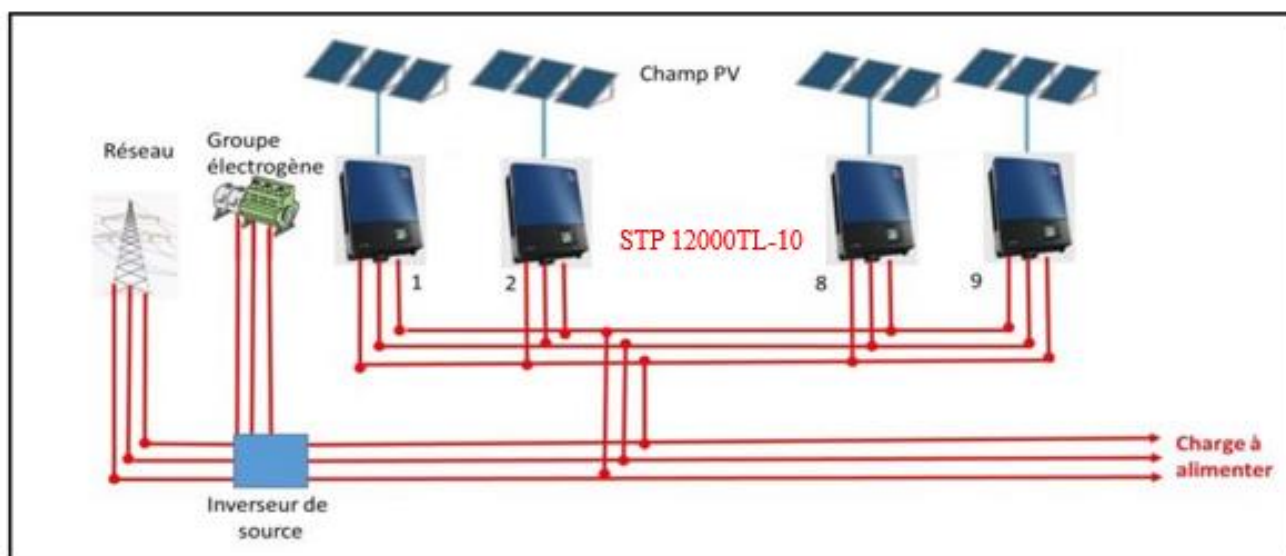


Figure10 : Configuration de l'installation PV avec injection au réseau



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

V.4.4 Dimensionnement des protections

➤ **Protection de la partie continue (DC)**

- Protection contre les surintensités (court-circuit)

Dans une installation avec plusieurs chaînes de module PV en parallèle, les modules doivent être protégés contre l'effet des courants inverses pouvant prendre naissance dans les chaînes en cas de défaut. Cette protection sera assurée par des disjoncteurs à courant continu de calibre supérieur ou égal à **1,25 I_{cc}** conformément à la norme **NF C15-100**.

L'intensité de court-circuit du module est :

$$I_{cc} = 8.71 \text{ A} \rightarrow 1.25 I_{cc} = 10.88 \text{ A} \quad (\text{V-4})$$

Nous choisissons donc un **Disjoncteur en courant continu PKZ -SOL10** calibre **12A** chez EATON pour la protection de chaque string.

- Protection contre les surtensions (foudre)

Il est nécessaire de protéger les modules contre une éventuelle surtension d'origine atmosphérique comme la foudre. Pour cela nous choisissons pour chaque string **Parafoudre type 2 DS41-230** chez CITELE

➤ **Protection de la partie alternative(AC)**

- Dans le cas d'une installation raccordée au réseau par branchement à puissance limitée, la section minimale des conducteurs raccordés aux bornes aval de l'AGCP est de **10mm² Cu**. (UTE C 15-712-1, 2010)
- Les circuits AC sont protégés contre les surcharges conformément aux prescriptions de l'article 433 de la norme NF C 15-100.
- Pour chaque onduleur, le courant d'emploi à prendre en compte est le courant maximal donné par le fabricant de l'onduleur (**38.33 A pour notre cas**)



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

- Les calibres du dispositif de protection tiennent compte de la contrainte particulière telle que l'utilisation simultanée des appareils.
- L'installation est protégée contre les surtensions par **un parafoudre triphasé**.
- Les circuits AC sont protégés contre les courts-circuits, les pouvoirs de coupure des dispositifs de protection sont déterminés en tenant compte des **courants de court-circuit maximaux** susceptibles d'apparaître en présence du réseau.
- En plus le circuit possède une protection de découplage, cette protection est destinée à la déconnection du générateur en cas de :
 - Défaut sur le réseau public de distribution
 - Disparition de l'alimentation par le réseau public de distribution
 - Variation de tension ou de fréquence supérieure à celles spécifiées par le distributeur.

Cette protection de découplage est conforme aux dispositifs du guide UTE C 15-100. Dans notre cas cette protection est intégrée aux onduleurs et est conforme à la prénorme **DIN VDE 0126-1-1 (intégré à l'onduleur SMA)**

Les composants du coffret AC sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau xii : Composants du coffret de protection côté AC

Désignation	Unité	Quantité	Reference	Fabriquant
Disjoncteur DT40 3P+N C25	u	9	A9N21067	Schneider
Déclencheurs Vigti DT40 25 A sensibilité 300mA	u	9	A9N21475	Schneider
Interrupteur sectionneur porte fusible	u	1	18655	Schneider
Porte fusible triphasé	u	1	MGN15712	Schneider
Parafoudre type 2 DS41-400	u	1	DS41-400	CITEL



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

V.4.5 Dimensionnement des câbles

Pour le dimensionnement des conducteurs, la connaissance des cheminements et des différentes longueurs sont nécessaires. Le logiciel Sunny Design 3 dimensionne également les câbles en fonction des distances des différents appareils.

➤ Calcul des sections de câbles courant continu (DC)

▪ **Condition de dimensionnement**

- La température de dimensionnement du câble est de 40 °C.
- Mode de pose
- Les conducteurs en courant continu seront posés ensemble sur des chemins de câble perforé :

▪ **Calcul de la section de câbles**

La section minimale de câble sera calculée en utilisant la formule suivante :

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\varepsilon \times V} \quad (V-5)$$

Avec :

- S (mm²) est la section de câble calculé
- $\rho(\Omega/m)$ est la résistivité du cuivre qui vaut 0.017 Ω/m
- L(m) est la longueur des câbles
- I(A) est le courant maximal traversant qui circule dans le circuit
- ε est la valeur relative de la chute de tension admissible qui sera prise égal à 1%
- V (v) est la tension à la borne du conducteur

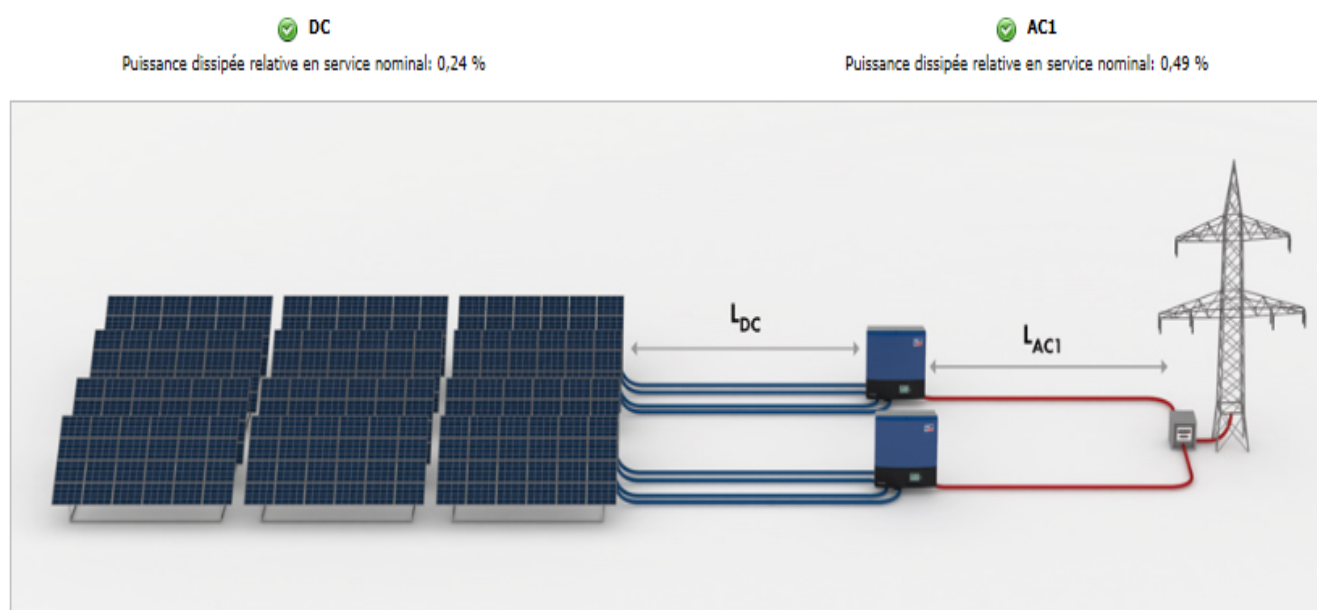
Les résultats du logiciel sont :

Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

	✓ DC	✓ AC1	✓ Total
Puissance dissipée en service nominal	244,36 W	494,48 W	738,84 W
Puissance dissipée relative en service nominal	0,24 %	0,49 %	0,72 %
Longueur totale de câble	540,00 m	90,00 m	630,00 m
Sections de câbles	2,5 mm ²	2,5 mm ²	2,5 mm ²

Configuration

Graphique



✓ Câbles DC

✓ Câbles AC1

✓ Câbles AC2

		Matériau de câbles	Longueur simple par string	Section par string	Courant	Tension	Chute de tension	Puissance dissipée relative	
▼ Dimensionnement FILSAH 2								0,24 %	✓
▼ Projet partiel 001								0,24 %	✓
 9 x STP 12000TL-10	A	Cuivre	10,00 m	2,5 mm ²	16,22 A	444 V	1,1 V	0,25 %	✓
	B	Cuivre	10,00 m	2,5 mm ²	8,11 A	532,8 V	1,1 V	0,21 %	✓

Figure 11 : Sections de câbles dimensionnées par Sunny Design 3



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

V.5 Estimation financière des investissements.

Nous avons évalué le coût d'investissement de notre installation PV. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau xiii : Devis quantitatif et estimatif de l'installation PV

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
01	Plaques solaires (240 W/24V)	u	432	200000	86400000
02	Support des modules	ft	1	8640000	8640000
03	Onduleur STP 12000TL-10	u	9	1750000	17500000
04	Disjoncteur DT40 3P+N C25	u	9	300000	2700000
05	Déclencheurs Vigi DT40 25 A sensibilité 300mA	u	9	80000	720000
06	Interrupteur sectionneur porte fusible	u	1	125000	125000
07	Porte fusible triphasé	u	1	205000	205000
08	Parafoudre type 2 DS41-400	u	1	75000	75000
09	Câbles solaires de 2.5 mm ² Cu	ml	200	1000	200000
10	Câbles électriques U1000 R02V	ml	100	5000	50000
11	Coffrets et protections divers	u	9	375000	3375000
12	Main d'œuvre	ft	1	10000000	10000000
Coût total					129990000

Arrêté le présent devis à la somme de **cent vingt-neuf millions neuf cent quatre-vingt-dix mille** francs CFA (129.990.000 FCFA).

Pour le bon fonctionnement et la pérennité de notre installation PV, il faut prévoir un entretien régulier des équipements. Pour cela, nous proposons un nettoyage trimestriel des plaques solaires ainsi que de tous les équipements relatifs à l'installation. Nous évaluons ces charges à un coût forfaitaire de un million (1.000.000 FCFA) par an.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

V.6 Analyse et comparaison de la consommation électrique

Nous avons considéré une moyenne de 300 kW électriques pour l'ensemble de nos charges. Les calculs sont faits selon le modèle suivant :

- ✓ La consommation énergétique moyenne de FILSAH 2 est :

$$E_j = P_m \times t \quad (V-6)$$

Avec

- E_j : Energie électrique moyenne fournie par le réseau par jour (kWh/j)
- t : le temps moyen de fonctionnement journalier (h)

- ✓ La production énergétique moyenne journalière du champ PV est :

$$E_{sol} = k \times P_c \times I_{ra} \quad (INES, s.d.) \quad (V-7)$$

Avec

- E_{sol} : Energie électrique à injectée au réseau par jour (kWh/j)
- P_c : la puissance crête installer (kWc / 1 kWc/m²)
- I_{ra} : l'irradiation sur le plan incliné des modules du mois le plus défavorable (kWh/m².j)
- k : coefficient de productivité

En utilisant ces formules on a les résultats suivants :

- Energie moyenne journalière consommée avant l'installation PV

$$E_j = 7200 \text{ kWh}$$

- Energie moyenne journalière fournie par l'installation PV

$$E_{sol} = 480.6 \text{ kWh}$$



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Tableau xiv : Energie consommée par FILSAH2 avant et après l'installation PV

		Energie moyenne journalière (kWh)	Energie moyenne mensuelle (kWh)	Energie moyenne annuelle (kWh)
AVANT	SONABEL	7200	216000	2592000
	PV	0	0	0
	Total	7200	216000	2592000
APRES	SONABEL	6787.9	201582	2418984
	PV	480.6	14418	173016
	Total	7200	216000	2592000

Nous aurons donc une production annuelle photovoltaïque de 173016 kWh.

V.7 Calcul de la durée de retour sur investissement

La durée de retour sur investissement est la mesure de l'efficacité d'un investissement en termes de rentabilité, il permet donc d'évaluer la performance de l'investissement.

Pour le calcul, nous allons admettre les hypothèses suivantes :

- Le cout d'investissement du projet est **129 990 000 FCFA**.
- le taux d'actualisation est supposé nul
- la production énergétique est supposée constante pour tous les jours
- toutes les taxes sont supposées nulles
- le prix du kWh électrique est supposé constant du côté de la SONABEL et du côté du photovoltaïque
- l'heure pleine et l'heure de pointe ont un même tarif moyen de **93 FCFA/kWh**.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Le temps de retour sur investissement sera calculé à l'aide de la formule comptable suivante :
(expert-comptable.com, s.d.)

$$\text{ROI} = \frac{\text{Coût d'investissement}}{\text{gain annuel net}} \quad (\text{expert comptable. com, sd}) \quad (\text{V-8})$$

Avec :

$$\text{gain annuel net} = \text{gain annuel brut} - \text{coût d'entretien annuel}$$

Nous obtenons le tableau récapitulatif suivant :

Tableau xv : Calcul du ROI

Coût d'investissement (F CFA)	Coût d'entretien annuel (F CFA)	Gain annuel brut (F CFA)	Gain annuel net (F CFA)	ROI (années)
129 990 000	1 000 000	16 090 488	15 090 488	9

Remarque : Au bout de 9 ans, l'installation produira une énergie presque gratuite, en plus des frais d'entretien et de remplacement de certains composants.

La durée de vie des composants capitaux de l'installation PV tels que les onduleurs et les modules excède 9 ans, on peut dire que l'investissement est rentable.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

VI. Recommandations

Nos recommandations à l'endroit de FILSAH sont les suivantes :

1. Déplacer tous les variateurs dans un petit local climatisé aménagé à cet effet. Cela permettra la marche continue des retordeuses qui, par moment, s'arrêtent à cause de la hausse de température constatée dans la salle. Cela entraîne une baisse de production car il faut redémarrer les machines après chaque arrêt.
2. Mettre en place les dispositifs de sécurité et d'amélioration apportés par le nouveau schéma unifilaire que nous avons proposés.
3. Réaliser des canaux permettant l'évacuation de la chaleur à travers des PVC combinés à des moteurs refoulant en y soufflant de l'air frais.
4. Faire deux ouvertures similaires aux présentes à l'opposé de celles-ci pour mieux bénéficier du renouvellement d'air provenant de l'extérieur. Les extracteurs d'air ou même les humidificateurs ne peuvent pas fonctionner efficacement tant qu'il n'y a pas de renouvellement d'air.
5. Mettre le groupe électrogène dans une cage couverte aérée pour optimiser son fonctionnement. A sa position actuelle, dès qu'il se chauffe un peu, le groupe s'étouffe car il n'y a pas assez de renouvellement d'air dans ce local.
6. Il faut également veiller à installer un système de refroidissement, ne serait-ce qu'un humidificateur ou un split dans les locaux où se trouvent les transformateurs.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

VII. Conclusion et perspectives

Cette étude que nous venons de clore a fait ressortir les principaux postes de consommation d'énergie. Des schémas unifilaires à l'audit énergétique proprement dit, en passant par les bilans de puissance et les analyses des factures d'électricité de la société, nous avons répertorié des possibilités d'optimisation énergétique à FILSAH 2. C'est donc à l'issue de ces analyses que nous avons émis des suggestions et propositions allant dans le sens de :

- La réduction de la production en heures de pointe pouvant générer un gain minimum de 9.345.600 FCFA par an.
- La proposition d'un système solaire photovoltaïque avec injection au réseau. Cette action permettra de rentabiliser l'installation au bout de 9 ans.
- Trouver certains aspects qui pourraient être étudiés dans un audit prochain.

Aussi, nous avons fait plusieurs propositions d'ordre général et spécifique qui, certes, coûtent de l'argent mais qui permettront de mieux protéger l'usine ainsi que les ouvriers qui y travaillent.

En perspective, nous pouvons ajouter qu'une étude plus poussée sur l'efficacité énergétique des retordeuses dont les moteurs sont surdimensionnés est requise. Il faut noter que le surdimensionnement de ces moteurs est volontaire. Cela a été fait car l'entreprise, au départ, bénéficiait des moteurs à 0F. Elle a donc décidé de prendre des moteurs de grosses puissances pour pouvoir résister aux coups de chaleur rencontrée dans la salle. Cette étude permettra de dimensionner les moteurs nécessaires pour un bon fonctionnement de ces derniers, et, parallèlement de calculer les charges thermiques qui arrivent dans cette salle afin de les évacuer correctement.

Enfin nous pourrions étendre le champ PV pour atteindre le taux d'injection maximal de 30%. Les plaques solaires seront disposées ailleurs que sur le toit ; cela pourrait permettre de réduire la durée de retour sur investissement.



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

BIBLIOGRAPHIE

[1] : Anne de Béthencourt, Jacky Chorin (2013), Efficacité énergétique : un gisement d'économies ; un objectif prioritaire. « Pages 11, 13, 40, 41 »

[2] : Jean Marie SEYNHAEVE (2012), L'audit énergétique dans l'industrie.

[3] : Alexandre POUMAERE (2008), Rapport de stage : Réalisation d'un bilan énergétique au sein de l'Institut EGID.

[4] Rodrigue DONGBE, 2012. Rapport de stage : Diagnostic énergétique des installations de production à FILSAH. Suite de l'audit énergétique.

[5] CLEFS CEA- N°50/51 (HIVER 2004-2005), La maîtrise de l'énergie dans l'industrie.

[6] Pr. Yézouma COULIBALY, 2011. Cours « Economies d'énergie dans le bâtiment et l'industrie »

[7] Ahmed Ousmane BAGRE, 2012. Cours « Conception et dimensionnement des systèmes photovoltaïques avec batterie ».

[8] Ahmed Ousmane BAGRE, 2011. Cours « Méthodologie de la conception ».

[9] ADEME (2003), Entreprises : optimisez vos consommations énergétiques.

[10] ADEME (2008), Eclairage industriel : les bénéfices d'un bon éclairage.

[11] Programme d'action PACER (1996), Centrales photovoltaïques : guide pour le dimensionnement et la réalisation des projets.

[12] Organisation Internationale de la Francophonie, IEPF, 2iE (2009), Communication sur l'optimisation de la facturation de l'énergie électrique.

- www.alibaba.com
- www.ademe.fr
- www.google.fr
- www.ute-fr.com (téléchargement de la norme NFC 15-100)



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

ANNEXES

Annexe 1 : Blendomat pendant l'ouvraison

Annexe 2 : Mélangeuse lors du battage

Annexe 3 : Opération du cardage

Annexe 4 : Opération de l'étirage

Annexe 5 : Filage du coton

Annexe 6 : Assemblage des fils de coton

Annexe 7 : Retordage des fils

Annexe 8 : Opération du dévidage

Annexe 9 : Schéma unifilaire global de l'installation montrant les défauts en rouge

Annexe 10 : Schéma unifilaire détaillé de la section Assembleuse-Dévidoir

Annexe 11 : Schéma unifilaire détaillé de la section du Retordage

Annexe 12 : Schéma unifilaire détaillé de la section du local groupe et autres équipements

Annexe 13 : Comparaison entre le régime TT et le régime TN

Annexe 14 : Bilan des puissances des installations de FILSAH 2 et résumé

Annexe 15 : Etude comparative de la facturation entre les dépassements et les non-dépassements de puissances.

Annexe 16 : Fiche technique de la plaque solaire choisie



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.



Annexe 1 : Blendomat pendant l'ouvraison



Annexe 2 : Mélangeuse lors du battage



Annexe 3 : Opération du cardage



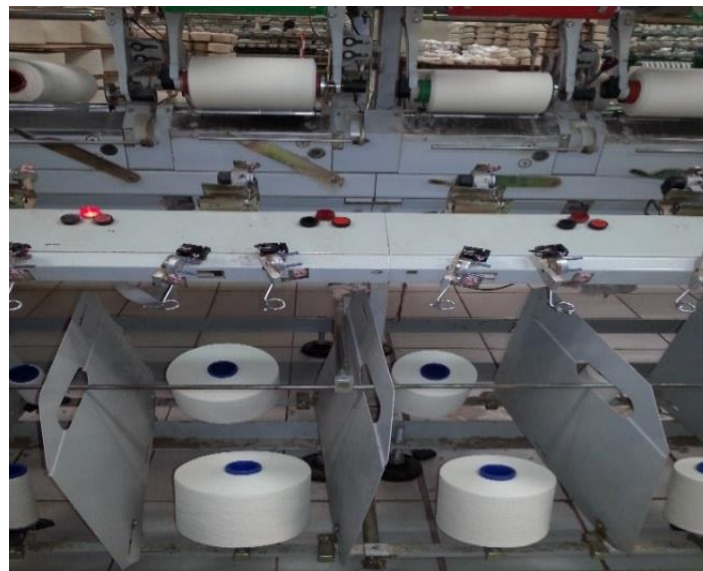
Annexe 4 : Opération de l'étirage



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.



Annexe 5 : Filage du coton



Annexe 6 : Assemblage des fils de coton

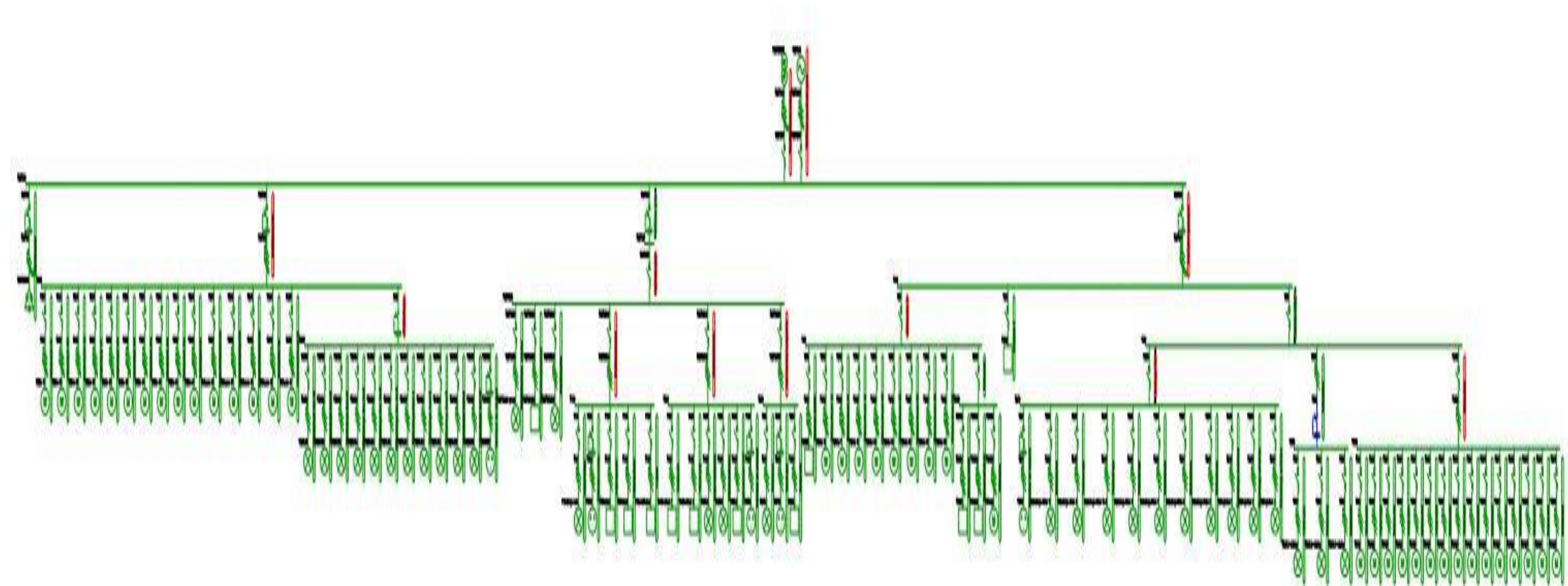


Annexe 7 : Retordage des fils



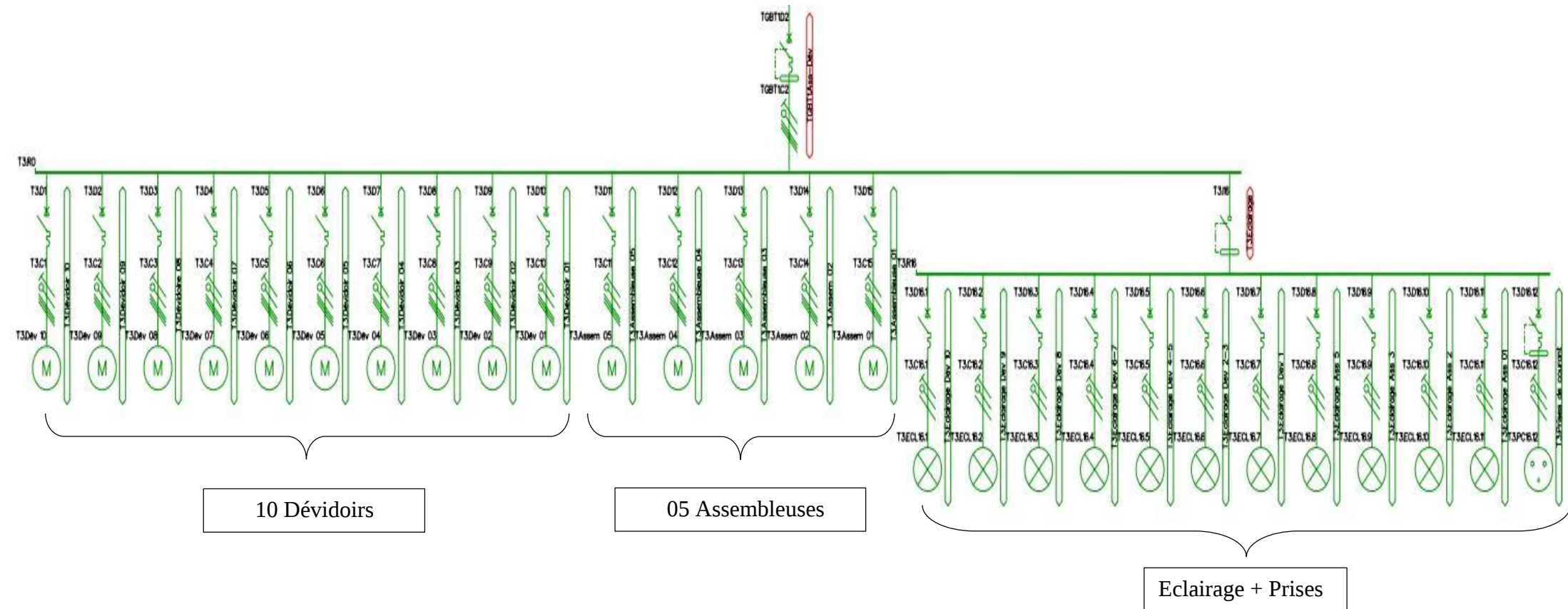
Annexe 8 : Opération du dévidage

Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.



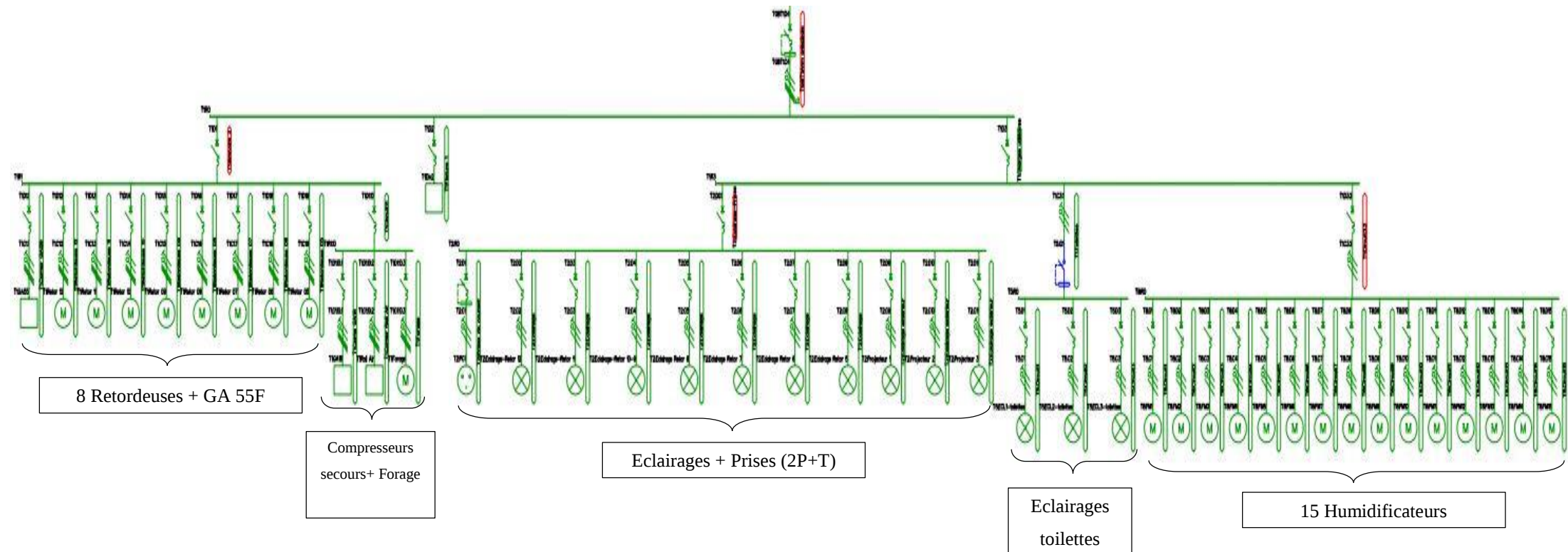
Annexe 9 : Schéma unifilaire global de l'installation montrant les défauts en rouge

Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.



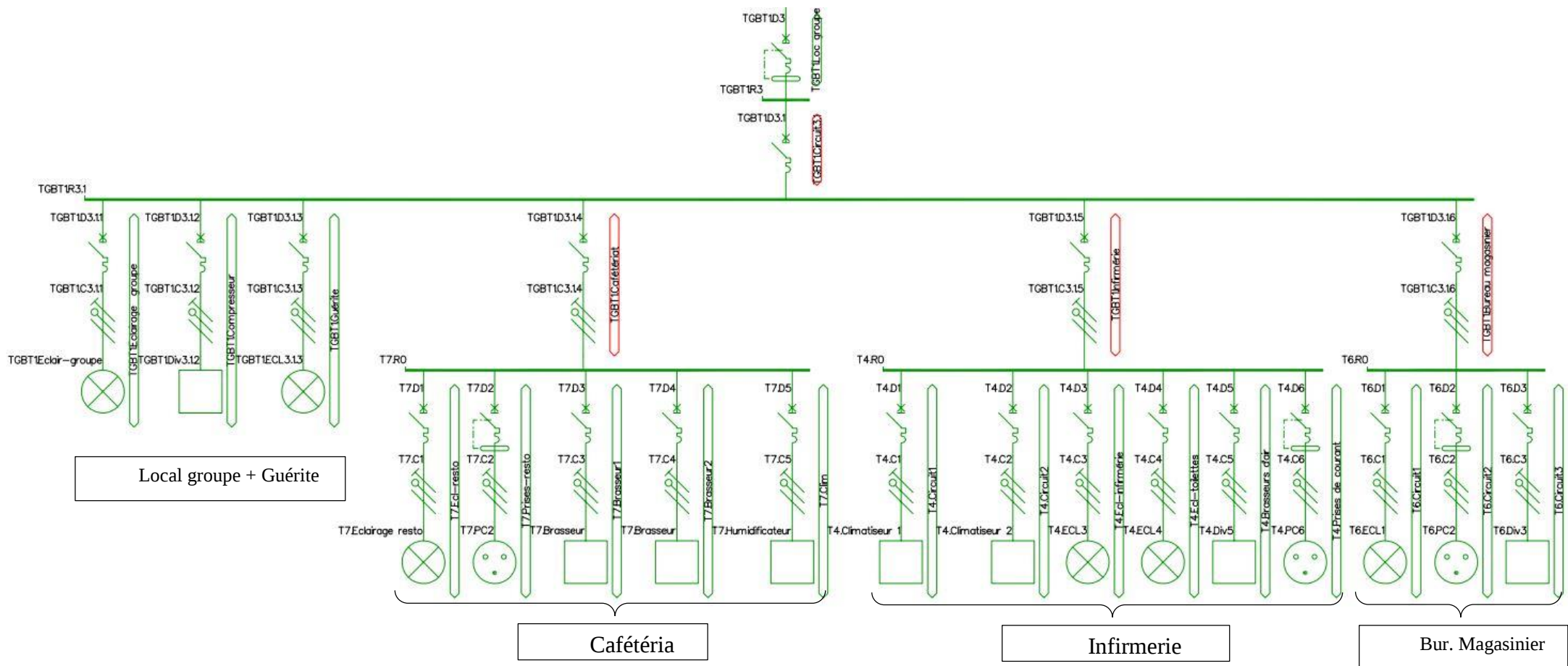
Annexe 10 : Schéma unifilaire détaillé de la section Assembleuse-Dévidoir

Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.



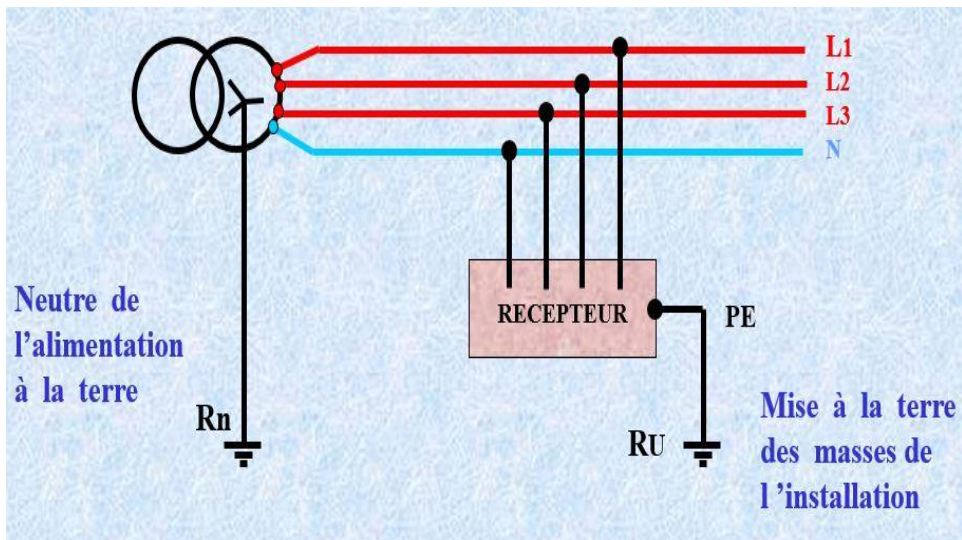
Annexe 11 : Schéma unifilaire détaillé de la section du Retordage

Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

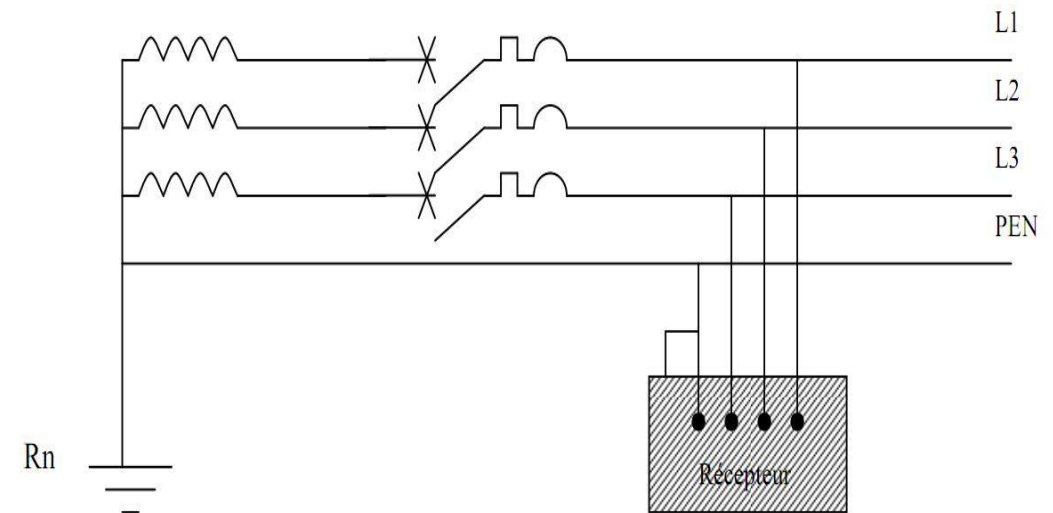


Annexe 12 : Schéma unifilaire détaillé de la section du local groupes et autres équipements

Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.



VS



Avantages	Inconvénients
Simplification de l'installation	Pôles Neutres des disjoncteurs non protégés
Protection en cas de défaut par disjoncteur ou interrupteur différentiel	Les fusibles ont une barette de coupure à la place du fusible
Calcul simplifié des protections	Si un fusible est installé sur le pôle de neutre, la coupure omnipolaire est obligatoire
Aucune permanence de spécialiste requise en cas de dépannage	

AVANTAGES	INCONVENIENTS
- Economie d'un pôle d'appareillage et d'un conducteur (schéma TNC). - Dépannage rapide. - Régime conseillé en industrie	- Coupure au premier défaut. - Nécessite un personnel d'entretien compétent. - Accentue les risques d'incendie du fait des forts courants de défaut.

Annexe 13 : Comparaison entre le régime TT et le régime TN



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retordage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Désignation		Situation géographique	Puissance unitaire (kW)	Nombre d'unité	Facteur de puissance	Tan phi	Coefficient d'utilisation ku	Coefficient de simultanéité ks1	Rendement η	Puissance active (kW)	Puissance réactive (kVar)	Coefficient de simultanéité ks2	Puissance active par départ (kW)	Puissance réactive par départ (kVar)	Coefficient de simultanéité ks3	Puissance active au disjoncteur de départ (kW)	Puissance réactive au disjoncteur de départ (kVar)	Puissance active totale par armoire (kW)	Puissance réactive totale par armoire (kVar)		
Retordeuse N°5	Moteur principal	Salle des retordeuses	30	2	0.81	0.72	0.75	1	0.8	56.25	40.72	0.8	46.73	33.81	0.9	356.13	216.23	385.15	238.66		
	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1	0.65	0.18	0.15										
	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1	0.7	1.98	1.38										
Retordeuse N°6	Moteur principal		30	2	0.9	0.48	0.75	1	0.8	56.25	27.24	0.8	46.73	23.02							
	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1	0.65	0.18	0.15										
	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1	0.7	1.98	1.38										
Retordeuse N°7	Moteur principal		30	2	0.81	0.72	0.75	1	0.8	56.25	40.72	0.8	46.73	33.81							
	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1	0.65	0.18	0.15										
	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1	0.7	1.98	1.38										
Retordeuse N°8	Moteur principal		22	2	0.81	0.72	0.75	1	0.8	41.25	29.86	0.8	34.73	25.12							
	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1	0.65	0.18	0.15										
	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1	0.7	1.98	1.38										
Retordeuse N°9	Moteur principal		22	2	0.83	0.67	0.75	1	0.8	41.25	27.72	0.8	34.73	23.41							
	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1	0.65	0.18	0.15										
	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1	0.7	1.98	1.38										
Retordeuse N°10	Moteur principal		30	2	0.86	0.59	0.75	1	0.8	56.25	33.38	0.8	46.73	27.93							
	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1	0.65	0.18	0.15										
	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1	0.7	1.98	1.38										
Retordeuse N°11	Moteur principal		30	2	0.9	0.48	0.75	1	0.8	56.25	27.24	0.8	46.73	23.02							
	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1	0.65	0.18	0.15										
	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1	0.7	1.98	1.38										
Retordeuse N°12	Moteur principal		30	2	0.86	0.59	0.75	1	0.8	56.25	33.38	0.8	46.73	27.93							
	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1	0.65	0.18	0.15										
	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1	0.7	1.98	1.38										
Compresseur N°1	Moteur principal		55	1	0.9	0.48	0.75	1	0.9	45.83	22.20	1	45.83	22.20	0.9	3.38	2.53				
Compresseur N°2	Moteur principal		18.5	1	0.8	0.75	0.75	1	0.8	17.34	13.01	1	17.34	13.01							
Compresseur N°3	Moteur principal		15	1	0.8	0.75	0.75	1	0.8	14.06	10.55	1	14.06	10.55							
Forage	Moteur principal		4	1	0.8	0.75	0.75	1	0.8	3.75	2.81	1	3.75	2.81	0.9	10.68	8.74				
Eclairage N°1	lampes fluorescentes		0.036	26	0.85	0.62	1	1	0.85	1.10	0.68	0.6	0.66	0.41							
Eclairage N°2			0.036	24	0.85	0.62	1	1	0.85	1.02	0.63	0.6	0.61	0.38							
Eclairage N°3			0.036	24	0.85	0.62	1	1	0.85	1.02	0.63	0.6	0.61	0.38							
Eclairage N°4			0.036	24	0.85	0.62	1	1	0.85	1.02	0.63	0.6	0.61	0.38							
Eclairage N°5			0.036	20	0.85	0.62	1	1	0.85	0.85	0.52	0.6	0.51	0.31							
Eclairage N°6			0.036	22	0.85	0.62	1	1	0.85	0.93	0.58	0.6	0.56	0.35							
Eclairage N°7			0.036	22	0.85	0.62	1	1	0.85	0.93	0.58	0.6	0.56	0.35							
Prises 2P+T	Prises de courant		2.944	7	0.7	1.02	1	0.23	0.8	5.89	6.01	1	5.89	6.01	0.9	0.48	0.30				
Projecteurs	Eclairage extérieur		0.25	8	0.85	0.62	1	1	0.75	2.67	1.65	0.7	1.87	1.16							
Humidificateur *	Climatisation		1.1	15	0.8	0.75	1	1	0.8	20.63	15.47	0.6	12.38	9.28	0.9					11.14	8.35
Humidificateur **			1.1	3	0.8	0.75	1	1	0.8	4.13	3.09	0.9	3.71	2.78	0.9						
Eclairage N°1	lampes fluorescentes	Toilettes	0.036	6	0.85	0.62	1	1	0.85	0.25	0.16	0.7	0.18	0.11	0.9	0.48	0.30				
Eclairage N°2			0.036	6	0.85	0.62	1	1	0.85	0.25	0.16	0.7	0.18	0.11							
Eclairage N°3			0.036	6	0.85	0.62	1	1	0.85	0.25	0.16	0.7	0.18	0.11							

Désignation	Situation géographique	Puissance unitaire (kW)	Nombre d'unité	Facteur de puissance	Tan phi	Coefficient d'utilisation ku	Coefficient de simultanéité ks1	Rendement η	Puissance active (kW)	Puissance réactive (kVar)	Coefficient de simultanéité ks2	Puissance active par départ (kW)	Puissance réactive par départ (kVar)	Coefficient de simultanéité ks3	Puissance active au disjoncteur de départ (kW)	Puissance réactive au disjoncteur de départ (kVar)	Puissance active totale par armoire (kW)	Puissance réactive totale par armoire (kVar)
-------------	------------------------	-------------------------	----------------	----------------------	---------	------------------------------	---------------------------------	-------------	-----------------------	---------------------------	---------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------	--	--	--	--

Assembleuse N°1	Moteur principal	Salle des Assembleuses- Dévidoirs	4	1	0.75	0.88	0.75	1.00	0.80	3.75	3.31	0.65	9.52	8.01	0.9	84.76	71.11	92.5	78.2																											
	Moteur des broches		0.18	40	0.76	0.86	0.75	1.00	0.65	8.31	7.10																																			
	Moteur de translation		0.16	1	0.71	0.99	0.75	1.00	0.65	0.18	0.18																																			
	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1.00	0.70	1.98	1.38																																			
Assembleuse N°2	Moteur tapis		0.37	1	0.78	0.80	0.75	1.00	0.65	0.43	0.34	0.65	9.52	8.00																																
	Moteur principal		4	1	0.75	0.88	0.75	1.00	0.80	3.75	3.31																																			
	Moteur des broches		0.18	40	0.76	0.86	0.75	1.00	0.65	8.31	7.10																																			
	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1.00	0.65	0.18	0.15																																			
Assembleuse N°3	Moteur de soufflement		1.85	1	0.82	0.70	0.75	1.00	0.70	1.98	1.38	0.65	8.38	7.23																																
	Moteur tapis		0.37	1	0.77	0.83	0.75	1.00	0.65	0.43	0.35																																			
	Moteur principal		4	1	0.75	0.88	0.75	1.00	0.80	3.75	3.31																																			
	Moteur des broches		0.18	36	0.76	0.86	0.75	1.00	0.65	7.48	6.39																																			
Assembleuse N°4	Moteur de translation		0.15	1	0.76	0.86	0.75	1.00	0.65	0.17	0.15	0.65	8.98	7.53																																
	Moteur de soufflement		1	1	0.76	0.86	0.75	1.00	0.70	1.07	0.92																																			
	Moteur tapis		0.37	1	0.77	0.83	0.75	1.00	0.65	0.43	0.35																																			
	Moteur des broches		0.185	24	0.76	0.86	0.75	1.00	0.65	5.12	4.38																																			
Assembleuse N°5	Moteur de translation		0.16	1	0.77	0.83	0.75	1.00	0.65	0.18	0.15	0.65	4.22	3.60																																
	Moteur de soufflement		1.1	1	0.76	0.86	0.75	1.00	0.70	1.18	1.01																																			
	Dévidoir N°1		Moteur principal	0.55	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	1.18									0.98	0.85	1.00	0.83																							
			Moteur ouverture-fermeture	0	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	0.00									0.00																										
Dévidoir N°2			Moteur principal	3	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	6.43	5.33	0.85	5.46						4.53																										
			Moteur ouverture-fermeture	0	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	0.00	0.00																																		
	Dévidoir N°3		Moteur principal	3	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	6.43	5.33									0.85	5.46	4.53																							
			Moteur ouverture-fermeture	0	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	0.00	0.00																																		
Dévidoir N°4			Moteur principal	3	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	6.43	5.33	0.85	5.46						4.53																										
			Moteur ouverture-fermeture	0	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	0.00	0.00																																		
	Dévidoir N°5		Moteur principal	3	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	6.43	5.33									0.85	5.46	4.53																							
			Moteur ouverture-fermeture	0	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	0.00	0.00																																		
Dévidoir N°6			Moteur principal	3	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	6.43	5.33	0.85	6.38						5.36																										
			Moteur ouverture-fermeture	0.5	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	1.07	0.97																																		
	Dévidoir N°7		Moteur principal	3	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	6.43	5.33									0.85	6.56	5.52																							
			Moteur ouverture-fermeture	0.6	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	1.29	1.17																																		
Dévidoir N°8			Moteur principal	3	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	6.43	5.33	0.85	5.92						4.94																										
			Moteur ouverture-fermeture	0.25	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	0.54	0.49																																		
	Dévidoir N°9		Moteur principal	3	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	6.43	5.33									0.85	5.92	4.94																							
			Moteur ouverture-fermeture	0.25	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	0.54	0.49																																		
Dévidoir N°10			Moteur principal	3	2	0.77	0.83	0.75	1.00	0.70	6.43	5.33	0.85	5.92						4.94																										
			Moteur ouverture-fermeture	0.25	2	0.74	0.91	0.75	1.00	0.70	0.54	0.49																																		
	Eclairage N°1 Eclairage N°2 Eclairage N°3 Eclairage N°4 Eclairage N°5 Eclairage N°6 Eclairage N°7 Eclairage N°8 Eclairage N°9 Eclairage N°10 Eclairage N°11		Lampes Fluorescentes	0.036	14	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.59	0.44									0.6	0.36	0.27																							
				0.036	10	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.42	0.32												0.6	0.25	0.19																				
0.036				10	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.42	0.32	0.6	0.25	0.19																																
0.036				10	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.42	0.32									0.6							0.25	0.19																		
0.036				6	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.25	0.19																		0.6	0.15	0.11															
0.036				4	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.17	0.13																					0.6	0.10	0.08												
0.036				4	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.17	0.13																								0.6	0.10	0.08									
0.036				10	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.42	0.32																											0.6	0.25	0.19						
0.036				10	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.42	0.32																														0.6	0.25	0.19			
0.036				10	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.42	0.32																																	0.6	0.25	0.19
0.036				10	0.8	0.75	1.00	1.00	0.85	0.42	0.32																																			
Prises 2P+T	Prises de courant		2.944	7	0.7	1.02	1.00	0.23	0.8	5.89	6.01										1	5.89	6.01																							



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

Désignation		Situation géographique	Puissance unitaire (kW)	Nombre d'unité	Facteur de puissance	Tan phi	Coefficient d'utilisation ku	Coefficient de simultanéité ks1	Rendement η	Puissance active (kW)	Puissance réactive (kVar)	Coefficient de simultanéité ks2	Puissance active par départ (kW)	Puissance réactive par départ (kVar)	Coefficient de simultanéité ks3	Puissance active au disjoncteur de départ (kW)	Puissance réactive au disjoncteur de départ (kVar)	Puissance active totale par armoire (kW)	Puissance réactive totale par armoire (kVar)
Climatiseurs	Type SPLIT	Infirmérie	1.75	2	0.8	0.75	1	1	0.8	4.38	3.28	0.8	7.08	7.08	0.8	24.06	22.97	24.06	22.97
Eclairage salle	Lampes Fluorescentes		0.036	8	0.8	0.75	1	1	0.85	0.34	0.25								
Eclairage toilettes	Lampes Fluorescentes		0.018	4	0.8	0.75	1	1	0.85	0.08	0.06								
Prises 2P+T	Prises de courant		2.944	5	0.7	1.02	1	0.28	0.8	5.15	5.26								
Brasseurs d'air	Ventilo		0.045	3	0.9	0.48	1	1	0.6	0.23	0.11								
Brasseurs d'air	Ventilo	Cafétéria	0.045	6	0.9	0.48	1	1	0.6	0.45	0.22	0.8	5.71	5.71					
Humidificateur	-		1.1	1	0.8	0.75	1	1	0.8	1.38	1.03								
Eclairage	Lampes Fluorescentes		0.036	8	0.8	0.75	1	1	0.85	0.34	0.25								
Prises 2P+T	Prises de courant		2.944	6	0.7	1.02	1	0.25	0.8	5.52	5.63								
Eclairage groupe	Lampes Fluorescentes	Local du groupe	0.036	8	0.8	0.75	1	1	0.85	0.34	0.25	0.8	7.18	6.16					
Compresseur	Moteur principal		7.5	1	0.75	0.88	0.75	1	0.8	7.03	6.20								
extracteur groupe	-		1.5	1	0.79	0.78	0.75	1	0.7	1.61	1.25								
Climatiseur	Type SPLIT	Magasinier	1.75	1	0.8	0.75	1	1	0.8	2.19	1.64	0.8	6.01	5.62					
Eclairage	Lampes Fluorescentes		0.036	4	0.8	0.75	1	1	0.85	0.17	0.13								
Prises 2P+T	Prises de courant		2.944	5	0.7	1.02	1	0.28	0.8	5.15	5.26								
Eclairage	Lampes Fluorescentes	Guérite	0.036	3	0.8	0.75	1	1	0.85	0.13	0.10	0.9	4.09	4.14					
Prises 2P+T	Prises de courant		2.944	3	0.7	1.02	1	0.4	0.8	4.42	4.51								



Diagnostic énergétique de FILSAH 2 : Retardage et Dévidage-Analyse et proposition de système solaire photovoltaïque.

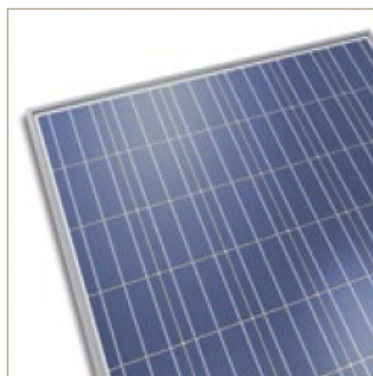
<u>NB</u>	
	Non utilisé dans le dimensionnement car ce sont des charges secours
ks1	Relatif au fonctionnement simultané des différents appareils
ks2	
ks3	Relatif au nombre de départs
ks4	Coéfficient de simultanéité global pour toute l'installation
Ptot (kW)	451.36
Qtot (Kvar)	305.84
S (kVa)	545.22

Annexe 14 : Bilan des puissances des installations de FILSAH 2 et résumé

Période	Puissance appelée P1(kW)	Puissance souscrite P2(kW)	P1/P2	Dépassement (kW)	Pénalité payée (xof)	Prime fixe payée (xof)	TDE (xof)	Facture payée (xof)	Pénalité +Prime fixe (xof)	% de la penalite sur la facture sonabel	% prime fixe sur la facture sonabel
janv-14	321	180	1.78	141	499140	896267	408880	18933207	1395407	2.64	4.73
déc-13	322	180	1.79	142	502680	900130	435486	20101145	1402810	2.50	4.48
nov-13	324	180	1.80	144	509760	901096	424412	19636398	1410856	2.60	4.59
oct-13	319	180	1.77	139	492060	907857	409414	19168363	1399917	2.57	4.74
sept-13	301	180	1.67	121	428340	888541	35364	3000477	1316881	14.28	29.61
août-13	311	180	1.73	131	463740	891438	427278	19528529	1355178	2.37	4.56
juil-13	307	180	1.71	127	449580	888541	395616	18151970	1338121	2.48	4.90
juin-13	291	180	1.62	111	392940	888541	384948	17609492	1281481	2.23	5.05
mai-13	292	180	1.62	112	396480	888541	376758	17230192	1285021	2.30	5.16
avr-13	239	180	1.33	59	208860	888541	320124	14647982	1097401	1.43	6.07
mars-13	234	180	1.30	54	191160	888541	283542	13129029	1079701	1.46	6.77
févr-13	223	180	1.24	43	152220	888541	261480	12202456	1040761	1.25	7.28
janv-13	241	180	1.34	61	215940	888541	265922	12434309	1104481	1.74	7.15
déc-12	186	180	1.03	6	21240	888541	225974	10532774	909781	0.20	8.44
nov-12	191	180	1.06	11	38940	888541	231714	10817574	927481	0.36	8.21
oct-12	206	180	1.14	26	92040	890472	229390	10790186	982512	0.85	8.25
sept-12	187	180	1.04	7	24780	888541	236132	10941555	913321	0.23	8.12
août-12	180	180	1.00	0	0	888541	215202	10069279	888541	0	8.82
juil-12	173	250	0.69	0	0	1234084	194328	9580382	1234084	0	12.88
juin-12	162	250	0.65	0	0	1234084	194434	9600206	1234084	0	12.85
mai-12	149	250	0.60	0	0	1234084	180798	9017916	1234084	0	13.68
avr-12	171	250	0.68	0	0	1234084	203318	9958486	1234084	0	12.39
mars-12	176	250	0.70	0	0	1234084	189598	9383541	1234084	0	13.15
févr-12	167	250	0.67	0	0	1234084	181002	9029588	1234084	0	13.67
Maximum	324	324	1.00	0	0	1599373			1599373	Une éventuelle augmentation de la puissance souscrite nous ferait payer une facture d'électricité plus élevée. Cela s'explique par le fait que la prime fixe augmente en fonction de la puissance souscrite.	
simu0	324	315	1.03	9	31860	1554946			1586806		
simu1	324	300	1.08	24	84960	1480901			1565861		
simu2	324	290	1.12	34	120360	1431538			1551898		
simu3	324	280	1.16	44	155760	1382174			1537934		
simu4	324	270	1.20	54	191160	1332811			1523971		
simu5	324	260	1.25	64	226560	1283448			1510008		
simu6	324	250	1.30	74	261960	1234084			1496044		
simu7	324	240	1.35	84	297360	1184721			1482081		
simu8	324	230	1.41	94	332760	1135357			1468117		
simu9	324	220	1.47	104	368160	1085994			1454154		
simu10	324	210	1.54	114	403560	1036631			1440191		
simu11	324	200	1.62	124	438960	987267			1426227		
simu12	324	190	1.71	134	474360	937904			1412264		
simu13	324	185	1.75	139	492060	913222			1405282	Ces simulations nous montrent que nous gagnerons encore plus avec une puissance souscrite plus basse.	
simu14	324	175	1.85	149	527460	863859			1391319		
simu15	324	170	1.91	154	545160	839177			1384337		

Annexe 15 : Etude comparative de la facturation entre les dépassements et les non-dépassements de puissance

SOLON Blue 220/16 (polycristallin)



Données électriques – typiques (STC)

STC (conditions de test standard) : 1 000 W/m², (25 ± 2) °C, AM 1,5 selon norme EN 60904-3

Puissance nominale	P _{max}	255 Wc ¹⁾	250 Wc	245 Wc	240 Wc	235 Wc	230 Wc
Rendement par module		15,55 %	15,24 %	14,94 %	14,63 %	14,33 %	14,02 %
Tension nominale	U _{mpp}	30,5 V	30,3 V	30,1 V	29,9 V	29,8 V	29,6 V
Courant nominal	I _{mpp}	8,40 A	8,28 A	8,16 A	8,03 A	7,90 A	7,78 A
Tension en circuit ouvert	U _{OC}	37,5 V	37,4 V	37,2 V	37,0 V	36,9 V	36,7 V
Courant de court-circuit	I _{SC}	8,83 A	8,71 A	8,59 A	8,47 A	8,36 A	8,24 A
Courant inverse maximal	I _R	20 A	20 A	20 A	20 A	20 A	20 A
Tension maximale du système		1 000 V	1 000 V	1 000 V	1 000 V	1 000 V	1 000 V

Ecart de mesure pour P_{max} : ± 3 %

Réduction du rendement du module de 1 000 W/m² à 200 W/m² : < 5 %

Données électriques – typiques (NOCT)

NOCT (température nominale d'utilisation des cellules) : 800 W/m², NOCT, AM 1,5

Puissance nominale	P _{max}	186 Wc	182 Wc	178 Wc	175 Wc	171 Wc	167 Wc
Tension nominale	U _{mpp}	27,8 V	27,6 V	27,4 V	27,3 A	27,1 V	26,9 V
Courant nominal	I _{mpp}	6,69 A	6,60 A	6,51 A	6,41 A	6,32 A	6,22 A
Tension en circuit ouvert	U _{OC}	34,3 V	34,1 V	34,0 V	33,8 V	33,7 V	33,5 V
Courant de court-circuit	I _{SC}	7,17 A	7,07 A	6,97 A	6,88 A	6,79 A	6,69 A

Données thermiques

CT de la tension en circuit ouvert	-0,32 %/K						
CT du courant de court-circuit	0,05 %/K						
CT de la puissance	-0,41 %/K						
NOCT (selon la norme IEC 61215)	46 °C ± 2 °C						

Ecart de mesure pour toutes les valeurs électriques : ± 10 % (à l'exception de P_{max} (STC) et NOCT)

¹⁾ Disponible en quantités limitées sur demande.

Annexe 16 : Fiche technique de la plaque solaire choisie (240 Wc / 24 V)