



Année Universitaire : 2015-2016



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

**Application de la MRP aux arrêts critiques de la
dragline 8400M**

Lieu : Office Chérifien des Phosphates Khouribga
Référence : 12 /16-MGI

Présenté par :

- Salah Tariq
- El kasmi Younes

Soutenu Le 15 Juin 2016 devant le jury composé de :

- Pr. M. CHERKANI HASSANI (encadrant)
- Pr. LH . HAMEDI (examineur)
- Pr. A. CHAMAT (examineur)

Dédicaces

Nous remercions, DIEU qui nous a donné vie, santé et intelligence.

Nous offrons ce modeste travail :

A nos chers parents, mais aucune dédicace ne serait témoin de notre profond amour, notre immense gratitude et notre plus grand respect, car nous ne pourrions jamais oublier la tendresse et l'amour dévoués par lesquels ils nous ont toujours entouré depuis notre enfance.

Nous dédions aussi ce modeste travail :

A toutes nos familles, pour leur soutien moral. A tous nos amis, à tous ceux que nous aimons et à toutes les personnes qui nous ont prodigué des encouragements et se sont données la peine de nous soutenir durant ces années d'étude.

A nos chers professeurs, sans aucune exception.

Remerciement

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle il apparaît important de commencer ce rapport par des remerciements à ceux qui nous ont beaucoup aidés au cours de ce stage et aussi à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ces expériences un moment très profitable.

En premier lieu, nous tenons à remercier vivement l'ensemble des fonctionnaires de service de la maintenance des machines draglines, pelles en bute et sondeuses « DEK/CE/MD-337 » qui nous ont permis de vivre une expérience enrichissante.

Aussi, nous remercions Mr ' ' EL ANSARI iliass ' ' chef de service et notre encadrant dans ce stage, M. ' 'Hayani' ' chef de préparation et Mr ' 'Belyazid' ' responsable GMAO qui nous ont formé et accompagné tout au long de cette expérience professionnelle avec beaucoup de patience et de pédagogie, nous remercions l'ensemble des employés pour les conseils qu'ils ont pu nous prodiguer durant toutes la période de notre stage

Nous présentons une grande reconnaissance à Mr «Cherkani» notre encadrant qui nous a enrichis avec sa vision critique des faits et son savoir-faire, ainsi que sa disponibilité à encadrer ce travail et surtout pour sa patience.

Nous ne pouvons laisser passer cette occasion sans rendre hommage à tout le corps professoral et administratif de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

Nous tenons aussi à remercier tous ceux qui nous ont aidés d'une façon ou d'une autre à réaliser ce travail.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : Présentation du groupe OCP	
I. Présentation générale.....	2
1. Introduction.....	2
2. Historique du groupe OCP.....	2
3. Emplacement Géographique de l'OCP	4
4. Rôle et activité de l'OCP	5
5. Organisation de l'OCP.....	5
5.1 Organisation du personnel du groupe OCP.....	5
5.2 Filiales du groupe OCP.....	6
5.3 Organigramme du groupe OCP	7
II. Direction des exploitations minières de Khouribga	8
1. Différentes divisions de la direction des exploitations minières de Khouribga	8
2. Le secteur de SIDI CHENNANE.....	8
2.1 Les phases d'extraction des phosphates à SIDI CHENNANE	8
2.2 Parc matériel de site SIDI CHENNANE	11
3. Les différentes zones de SIDI CHENNANE	12
4. Organigramme du service dragline et sondeuse.....	13
5. Parc machine de l'atelier dragline et sondeuse	14
Chapitre II : Etude et analyse	
I. Etude critique des machines du service dragline et sondeuse	16
1. La classification des équipements du site Sidi Chennane	16
2. Feuil de classification :(<i>Exemple la 8400</i>).....	17
II. Description de la dragline 8400M	19
1. Introduction.....	19
2. Structure de la machine	20
3. Chaîne cinématique des Mouvement de la 8400M:	20
3.1 Chaîne cinématique de drague	20
3.2 Chaîne cinématique de levage	21
3.3 Chaîne cinématique d'orientation.....	21

3.4	Chaine cinématique de translation	22
III.	Etude et analyse des arrêts de la 8400M	25
IV.	Historique d'intervention de changement des câbles de levage et de drague.....	30
1.	Suivi des Câbles de levage et de drague	30
2.	Analyse des Coûts.....	34
2.1	Coût direct.....	34
2.2	Coût indirect.....	35

Chapitre III : Méthode de résolution de problèmes

I.	Méthode de résolution de problèmes.....	38
II.	Etape1 : identification du problème	39
1.	La méthode QQQCP	39
2.	Analyse des risques	41
III.	Etape2 : Comprendre le fonctionnement normal du système.....	41
1.	Principe de fonctionnement.....	41
2.	Composants et fonctionnement	43
3.	Paramètres de fonctionnement	45
4.	Diagramme d'Ishikawa	46
IV.	Etape 3 : fixation des objectifs	47
V.	Etape 4 : analyse des causes racines.....	48
1.	La méthode des 5 Pourquoi	48
1.1	Système de levage.....	48
1.2	Système de drague	49
2.	Conclusion	49
3.	Description des causes racines.....	50
3.1	Système de levage	50
3.2	Système de drague	53
VI.	Etape 5 : Actions et contre-mesures	56
1.	Tambours de levage	56
2.	Stockage des câbles.....	59
3.	Sens de câblage	60
4.	Poulies	62
5.	Les chapes	62
6.	Conduite de la machine.....	63
7.	La lubrification.....	65
7.1	Principe de fonctionnement.....	65

7.2	Avantages de ce système	66
7.3	Emplacement du système sur la machine	66
VII.	Résultat des solutions	67
1.	Coût de la réalisation des solutions:	67
2.	Gains escomptés	68
CONCLUSION GENERALE.....		70

Liste des tableaux

Tableau 1 :	MTTR et les heures de marche des machines draglines.....	16
Tableau 2 :	Fiche d'évaluation de la 8400M.....	17
Tableau 3 :	Classification des équipements.....	18
Tableau 4 :	Historique des arrêts de la 8400M en 2011	25
Tableau 5 :	Historique des arrêts de la 8400M en 2012	26
Tableau 6 :	Historique des arrêts de la 8400M en 2013	27
Tableau 7 :	Historique des arrêts de la 8400M en 2014	28
Tableau 8 :	Historique des arrêts de la 8400M en 2015	29
Tableau 9 :	Suivi de câble de levage	30
Tableau 10 :	Suivi de câble de drague.....	31
Tableau 11 :	Les différents coûts d'intervention de changement de câble de levage.....	35
Tableau 12 :	Les différents coûts d'intervention de changement de câble de drague	36
Tableau 13:	Composants de système de levage et de drague et leurs modes de défaillance.....	44
Tableau 14:	Paramètres de fonctionnement de système de levage.....	45
Tableau 15:	Paramètres de fonctionnement de système de drague	45
Tableau 16:	Géométrie normalisée de treuil	51
Tableau 17:	Etat actuel des gorges des poulies de renvoi et de guide câble	54
Tableau 18:	Scenarios possibles pour le treuil	57
Tableau 19:	Plan d'action pour la réalisation de la deuxième solution	58
Tableau 20:	Comparaison des deux solutions	62
Tableau 21:	Résultat des solutions	69

Liste des figures

Figure 1: Carte des sites d'implantation d'OCP au Maroc.....	4
Figure 2 : Organigramme du groupe OCP	7
Figure 3: L'organigramme de la direction production minière de Khouribga	8
Figure 4: Opération du forage	9
Figure 5: Opération du sautage	9
Figure 6 : Décapage par bulldozers	10
Figure 7 : Décapage par dragline M8400	10
Figure 8: Défruitage par les pelles hydrauliques	10
Figure 9: Lectra Haul	10
Figure 10: Les convoyeurs	10
Figure 11: Parc de stockage.....	11
Figure 12 : Parc Matériel de site Sidi Chennane	11
Figure 13: Les différentes zone de Sidi Chennane	12
Figure 14: Atelier draglines et sondeuses de l'intérieur.....	12
Figure 15: Atelier draglines et sondeuses de l'extérieur	12
Figure 16: Organigramme de service 337	13
Figure 17: Parc machine de l'atelier dragline et sondeuse	14
Figure 18: La dragline 8400M.....	19
Figure 19: Les composants de la 8400M.....	20
Figure 20: Chaîne cinématique de levage	21
Figure 21: Chaîne cinématique d'orientation.....	22
Figure 22: Chaîne cinématique de translation	23
Figure 23: Vue en dessus de la 8400M	24
Figure 24: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2011	25
Figure 25: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2012.....	26
Figure 26: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2013.....	27
Figure 27: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2014.....	28
Figure 28: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2015.....	29
Figure 29: Durée d'intervention de changement de câble de levage	32
Figure 30: Durée d'intervention de changement de câble de drague	32
Figure 31: Histogramme des heures de marche des câbles de levage	33
Figure 32: Histogramme des heures de marche des câbles de drague.....	33
Figure 33: Histogramme du coût total de changement des câbles de levage	36
Figure 34: Histogramme du coût total de changement des câbles de drague	37
Figure 35: Chemins de câble de levage et de drague	40
Figure 36: Différents types de casse des brins	40
Figure 37: Schéma simplifié de système de levage.....	42
Figure 38: Schéma simplifié de système de drague	42
Figure 39: Diagramme 5M du phénomène.....	46
Figure 40 : La méthode des 5 pourquoi pour le câble de levage	48
Figure 41: La méthode des 5 pourquoi pour le câble de drague.....	49
Figure 42: L'usure sur les gorges de treuil.....	50
Figure 43: Arrêtes mince de treuil.....	50
Figure 44: coupe transversale de treuil et câble	51
Figure 45: Dépôt des câbles de levage	52
Figure 46: Différents états des gorges	53
Figure 47: Usure de la poulie de renvoi	53
Figure 48: Poulie de guide câble	54

Figure 49: Cœur usé de la chape de drague.....	55
Figure 50: Procédé d'extraction des cœurs actuelles	55
Figure 51: treuil neuf.....	56
Figure 52: Réparation des treuils.....	57
Figure 53 : Bâtiment de stockage	59
Figure 54: Câblage lang	60
Figure 55: Câblage actuel des câbles.....	60
Figure 56: Câblage recommandé.....	60
Figure 57: L'influence du brin cassé sur les autres brins	61
Figure 58: Brin cassé en contact avec une gorge de treuil	61
Figure 59: La casse des brins apparait proche de la chape.....	62
Figure 60: Nouvelle méthode d'extraction de cœur de la chape	63
Figure 61: Porte de sécurité.....	64
Figure 62: Position de godet par rapport au pad-lock	64
Figure 63: Système simplifié de lubrification	65
Figure 64: Image du système de lubrification	66
Figure 65: Emplacement de système de lubrification sur la machine	67

Abréviation

TH : taux horaire

MTTR : temps moyen pour réparer

H.M : heures de marche

ADRPT : Analyse des Risques liés au Poste de Travail

MRP : Méthode de Résolution de Problèmes



Introduction générale

Le groupe OCP est le leader mondial sur le marché du phosphate et des produits dérivés, cette place ne vient pas au hasard mais avec un travail sérieux et intensif et une amélioration continue de toute la chaîne de production notamment la phase d'extraction des phosphates qui est contractée par la croissance de la demande mondiale de cette matière vitale, donc une disponibilité maximale des machines d'extraction est primordiale.

Dans le cadre de la nouvelle dynamique industrielle adoptée par l'OCP pour répondre aux besoins des clients et faire face au marché concurrentiel actuel, le service maintenance mécanique de la zone Sidi Chennane vise une amélioration de la dragline 8400M, qui présente la machine la plus critique dans son Parc matériel.

Grace à son importance primordiale et son positionnement stratégique dans le processus de production des phosphates, la dragline 8400M doit être disponible la plupart du temps, en d'autres termes, l'arrêt de cette machine est inacceptable, c'est une perte d'argent pour l'OCP c'est la raison pour laquelle les agents du service Maintenance Dragline et Sondeuse travaillent sans arrêt pour assurer une grande disponibilité de cette machine.

Dans ce cadre notre manuscrit est structuré en trois chapitres :

Dans le premier chapitre nous présenterons le groupe office chérifien des phosphates et ses activités en passant par une description des phases d'extraction des phosphates.

Le second chapitre est dédié à une étude critique de classification des équipements qui vise à déterminer les machines les plus critiques et présenter la dragline 8400M, sa fonction et les caractéristiques de ses éléments de constitution, en étudiant et analysant leurs arrêts mécaniques.

Le troisième chapitre est consacré à la méthode de résolution de problèmes.

CHAPITRE I :

Présentation du groupe

OCP

I. Présentation générale

1. Introduction

Un des leaders mondiaux sur le marché du phosphate et ses dérivés, l'OCP opère sur les cinq continents et dispose des plus importantes réserves de phosphate au monde.

Avec plus de 90 ans d'expérience dans la mine et 45 ans en chimie, l'OCP offre l'une des plus larges gammes de roche pour divers usages.

Premier exportateur de phosphate brut et d'acide phosphorique dans le monde et l'un des principaux exportateurs d'engrais phosphatés, l'OCP joue un rôle central dans ses régions d'implantation et emploie directement près de 20 000 personnes ce qui le place dans le peloton de tête des plus grands employeurs du Royaume. Première entreprise industrielle du Maroc, l'OCP contribue substantiellement au développement de l'économie nationale par le biais de ses exportations (24 % des exportations nationales). En outre, l'OCP apporte un soutien indéfectible à l'agriculture marocaine en général et aux PME en particulier, dont le développement impacte significativement la richesse nationale.

2. Historique du groupe OCP

Quelques dates clés

1920 :

Création OCP

1921 :

Début de l'extraction du phosphate à K HOURIBGA.

Début

Exportation phosphate

1965 :

Début production acide phosphorique et engrais à SAFI

1975 :

Création

Groupe OCP S.A

1998 :



Démarrage de la production phosphorique purifiée à Emaphos sur le site de JORF LASFAR

2000 :



Mise en marche de l'usine lavage-flottation à K HOURIBGA

2006 :



Démarrage de la nouvelle ligne DAP 850000 T/AN à JORF LASFAR

2007-2009 :



Lancement de nouveaux pôles urbains à K HOURIBGA et à BENGUERIR : Mine verte et Ville verte

2010-2011:



Ouverture de deux bureaux de représentation au Brésil et en Argentine.

Démarrage de plusieurs unités industrielles (LAVERIE MERAH LAHRACH, STEP,...)

Création d'OCP Skills

2013:



Démarrage programmé du projet Slurry pipeline sur l'axe KHOURIBGA-JORF LASFAR sur une longueur de 235Km

2015:

Démarrage programmé du Slurry pipeline de l'axe BENGUERIR.

3. Emplacement Géographique de l'OCP

Depuis 1979, la direction générale de l'Office Chérifien des phosphates est située à Casablanca. A sa création, elle était à Rabat.

Les mines en exploitation actuelle se trouvent dans les zones suivantes :

- KHOURIBGA (OuladAbdoune et Sidi Chennane).
- YOUSOUFIA (Gantour).
- BENGRIIR.
- LAAYOUNE(Boucraa).

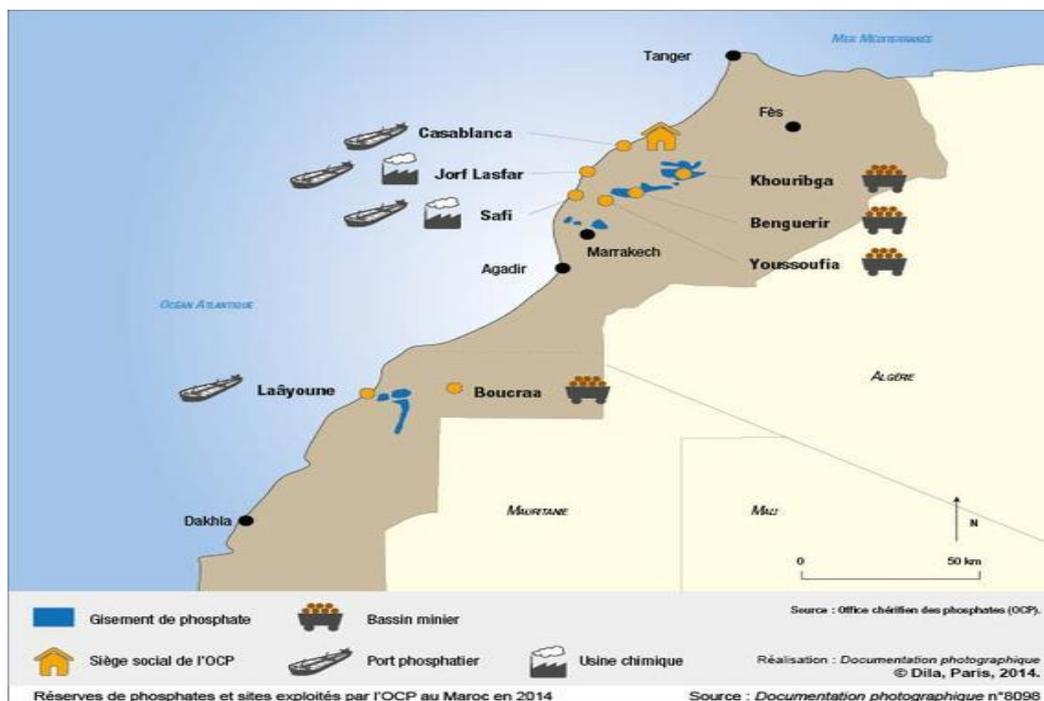


Figure 1: Carte des sites d'implantation d'OCP au Maroc

4. Rôle et activités de l'OCP

L'OCP a pour rôle :

- L'Extraction : c'est la première opération qui se fait soit en découverte soit en galeries souterraines. Elle consiste à extraire le phosphate de la terre.
- Le Traitement : c'est une opération nécessaire qui se fait après l'extraction et a pour but l'enrichissement du minerai en améliorant sa teneur.
- Le Transport : une fois le phosphate extrait puis traité, il est transporté vers les ports de Casablanca, Safi ou El Jadida, à destination des différents pays importateurs.
- La Vente : le phosphate est vendu, selon les demandes des clients, soit brut soit après traitement soit transformé en engrais, acide phosphorique ou acide sulfurique aux industries chimiques.

5. Organisation de l'OCP

5.1 Organisation du personnel de groupe OCP

Le groupe O.C.P est un organisme important au Maroc, son personnel est classé en trois catégories :

- Les Hors Cadres.
- Les Techniciens, Agents de Maîtrise et Cadre Administratif (TAMCA).
- Les Ouvriers et Employés (OE).

Les TAMCA et les OE sont eux-mêmes classés en six niveaux et sept Catégories :

- TMCA (Technicien, Agents de maîtrise et Cadre Administratif.)
 - H.M (Haute Maîtrise) : X5 et X6.
 - P.M (Petite Maîtrise) : X1 à X4.
- OE (Ouvriers et Employés)
 - GC (Grande Catégorie) : C5 à C7.
 - PC (Petite Catégorie) : C2 à C4.

Reste à noter que chaque passage de grade n'aura lieu que suite à un concours.

Tout agent a un matricule qui distingue et montre la catégorie à laquelle il appartient, et il travaille suivant trois horaires :

- Le premier poste de 06h30 à 14h00.
- Le deuxième poste de 14h30 à 22h30.
- Le troisième poste de 22h30 à 06h30.



Ceci d'une part, d'autre part les agents de bureau travaillent selon deux horaires le premier dit : « sirène » de 8h00 à 12h00 et de 14h00 à 18h00 et le deuxième dit : « Continu » de 07h00 à 15h00.

5.2 Filiales du groupe OCP

- SOTREG : Société des transports Régionaux.
- CERPHOS : Centre d'Etudes et de Recherches des Phosphates minéraux.
- SMESI : Société Marocaine des Etudes Spéciales et Industrielles.
- STAR : Société de Transport et d'Affrètement Réunis.
- MARPHOCEAN : Société de transport maritime des produits chimiques.
- IPSE : Institut de Promotion Socio-éducative.

5.3 Organigramme du groupe OCP

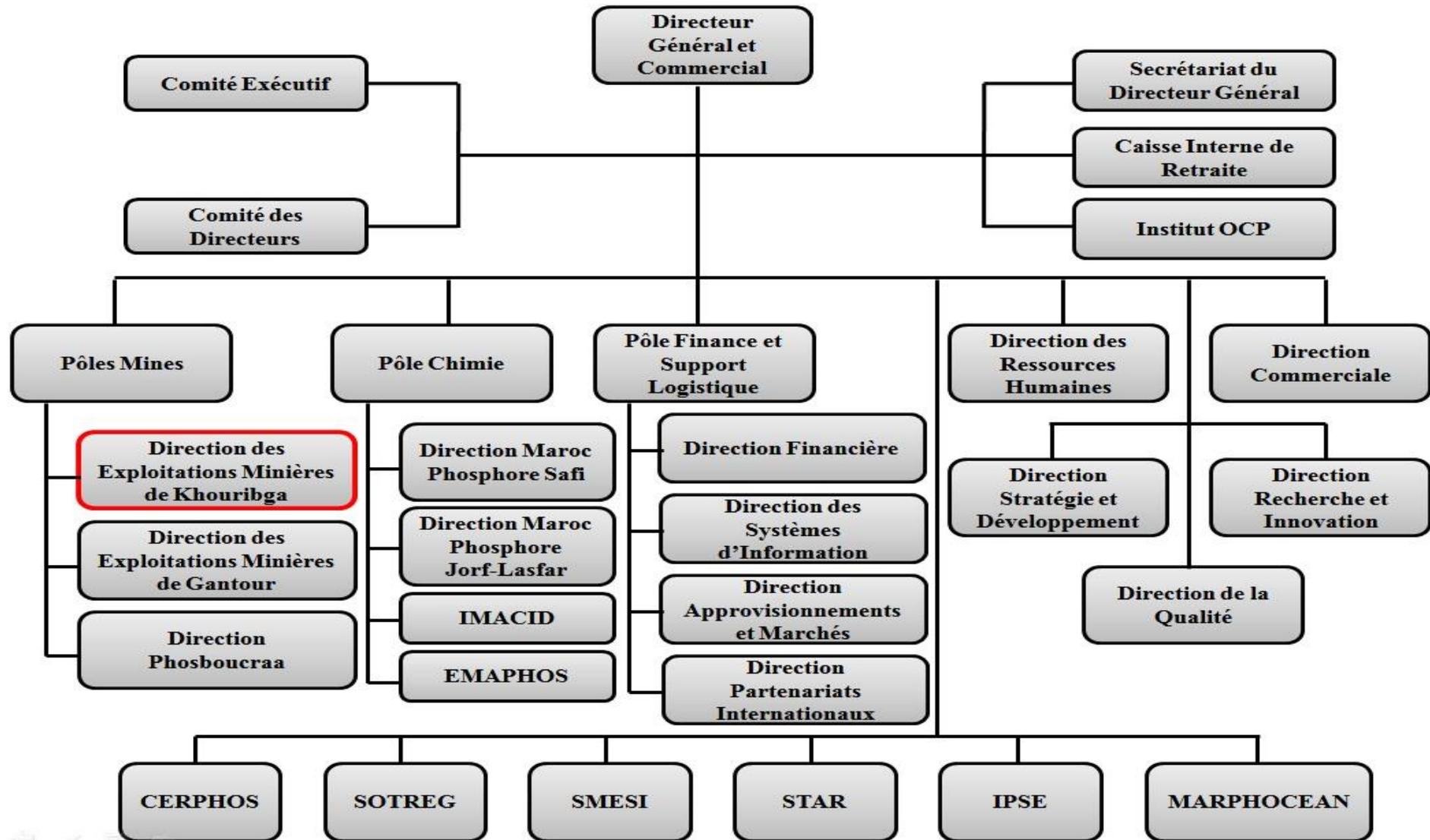


Figure 2 : Organigramme du groupe OCP

II. Direction des exploitations minières de Khouribga

Le groupe OCP est composé de plusieurs directions parmi eux la direction d'exploitation minières de Khouribga.

1. Différentes divisions de la direction des exploitations minières de Khouribga

La direction des exploitations minières de Khouribga se compose de plusieurs divisions :

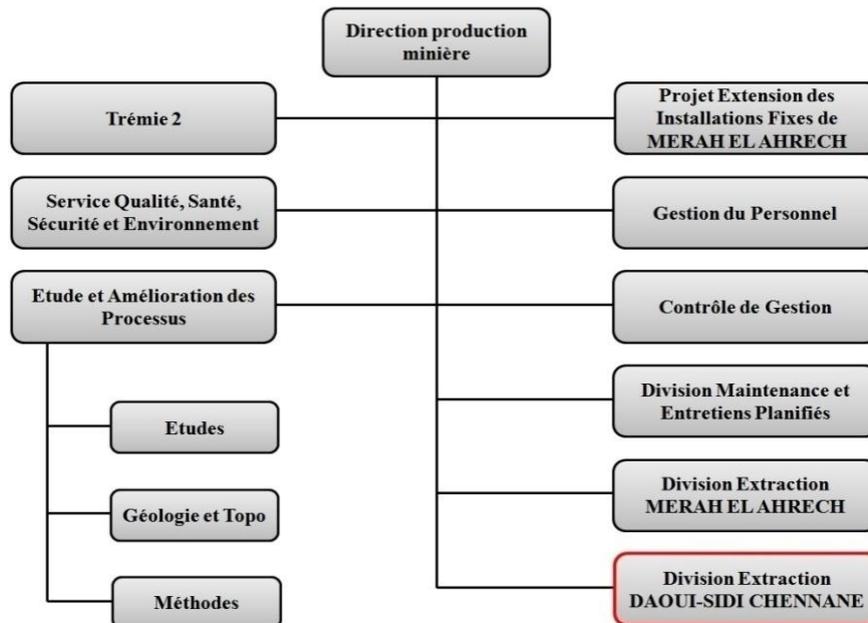


Figure 3: L'organigramme de la direction production minière de Khouribga

Nous allons nous intéresser à la division d'extraction DAOUI-SIDI CHENNANE vue que nous y avons passé notre stage.

Cette division s'occupe de l'extraction des minerais du sol à ciel ouvert.

2. Le secteur de SIDI CHENNANE

Le secteur de SIDI CHENNANE est un secteur minier en pleine expansion, avec une production d'environ 6 Mt de phosphates en moyenne par an, et une réserve de 331 Mt.

2.1 Les phases d'extraction des phosphates à SIDI CHENNANE

Le service Exploitation Sidi Chennane est chargé de l'extraction du phosphate. L'extraction se fait selon les opérations suivantes :

Le forage :

C'est une opération qui consiste à réaliser des trous verticaux dans le sol dans lesquels des Charges explosives sont logées et sautées afin de fragmenter le terrain. Le diamètre des trous de forage aux découvertes de Khouribga est de 9'' (9 pouces) : 1 Pouce = 25,4 mm) (figure 4).



Figure 4: Opération du forage

Le sautage :

Le sautage consiste à mettre une quantité d'explosif dans chaque trou de forage et d'initier la réaction par des artifices appropriés. Le but est d'obtenir une meilleure fragmentation des niveaux sautés pour faciliter leur enlèvement par machines.

L'explosif utilisé au Secteur Sidi Chennane est le Nitrate d'ammonium mélangé avec du fuel commercialisé sous le nom «Ammonix ». Cet explosif répond bien au critère de sécurité aussi bien pour le stockage que pour la mise en œuvre (figure 5)



Figure 5: Opération du sautage

Le Décapage :

Le Décapage consiste à enlever le recouvrement primaire (figure 6 et 7), après son sautage, afin de découvrir le premier niveau phosphaté exploitable. Cette opération peut se faire d'au moins de trois manières différentes :

- Cassement par la Dragline M8400 du recouvrement dans la tranchée précédente (déjà exploitée)

- Poussage du recouvrement par Bulldozers
- Chargement du recouvrement dans des camions par une machine vers des décharges.



Figure 6 : Décapage par bulldozers



Figure 7 : Décapage par dragline M8400

Le Défruitage :

C'est une opération qui consiste à prendre le minerai et le transporter vers les installations d'épierreage (figure 8)



Figure 8: Défruitage par les pelles hydrauliques

Le Transport :

Le transport du phosphate vers les installations d'épierreage est assuré par des camions de capacité de 110 et 170 tonnes.



Figure 9: Lectra Haul



Figure 10: Les convoyeurs

La Mise en Stock

Avant de stocker le phosphate dans les parcs de stockage (figure 11), on lui fait subir une opération d'épierrage et de criblage dans des trémies.



Figure 11: Parc de stockage

2.2 Parc matériel de site SIDI CHENNANE

Afin de parvenir à l'exploitation du gisement Sidi Chenanne, la Division d'extraction Sidi Chennane possède un parc matériel très important. En effet, le parc matériel de l'extraction est constitué de 2 installations d'épierrage, 7 sondeuses, 4 draglines, 5 pelles, 28 camions de chantier, une chargeuse, 29 bulldozers, 6 paydozers, 7 niveleuses et les véhicules de servitude (figure 12).

		
4 draglines	5 pelles	7 sondeuses
		
28 camions	29 bulldozers	6 paydozers
		
une chargeuse	7 niveleuses	2 installations d'épierrage

Figure 12 : Parc Matériel de site Sidi Chennane

3. Les différentes zones de SIDI CHENNANE

Le secteur de SIDI CHENNANE est divisé en plusieurs zones, il est organisé de la forme suivante (figure 13):

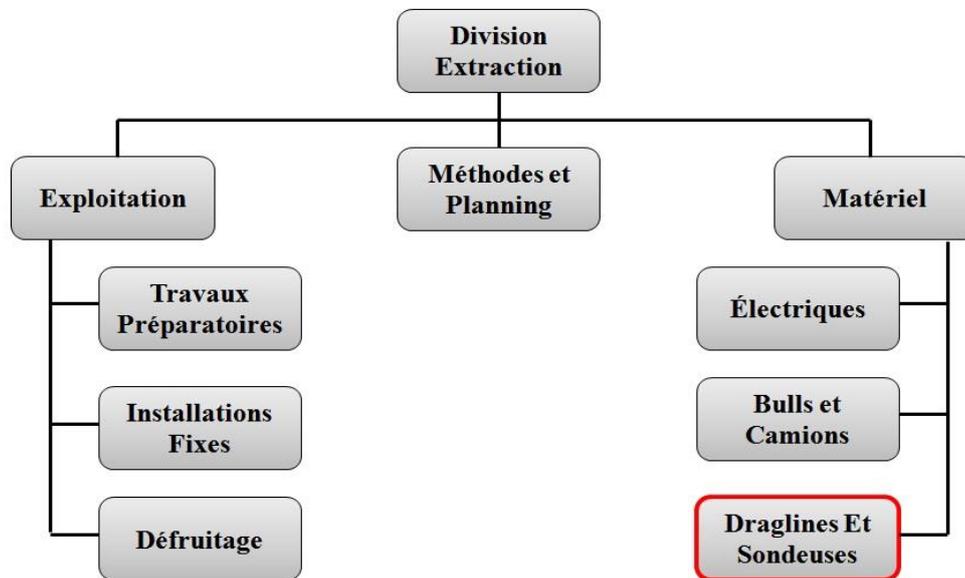


Figure 13: Les différentes zone de Sidi Chennane

Service dragline et sondeuse :

La mission de l'atelier machines 337 est d'assurer une meilleure disponibilité des machines (Draglines, sondeuses et pelles).

A. Dépannage :

L'équipe du dépannage intervient sur place dans le cas des petits problèmes pour remettre les organes défaillants en bon état.

B. Entretien et révision des machines :

L'entretien et les travaux de révision des machines sont gérés dans le cadre de la maintenance systématique suivant un planning dépendant des heures de marches cumulées de la machine et des anomalies détectées à travers l'inspection.

C. Préparation :

L'équipe des travaux préparatoires veille sur la mise en disponibilité des pièces de rechanges et des moyens pour réussir les interventions sur chantier et ceci à travers :

- La réalisation des modifications pour adaptation de certains systèmes à d'autres machines ce qui exige une expertise avancée
- Révision des sous-ensembles des machines ;
- Préparation et gestion des sous-ensembles de réserve.



Figure 14 : Atelier dragline et sondeuse de l'extérieur



Figure 15 : Atelier dragline et sondeuse de l'intérieur

4. Organigramme du service dragline et sondeuse

Dirigé par un ingénieur chef du service, ce service se décompose suivant l'organigramme ci-dessous (figure 16) et dispose à son actif une moyenne d'environ 130 agents selon les semestres.

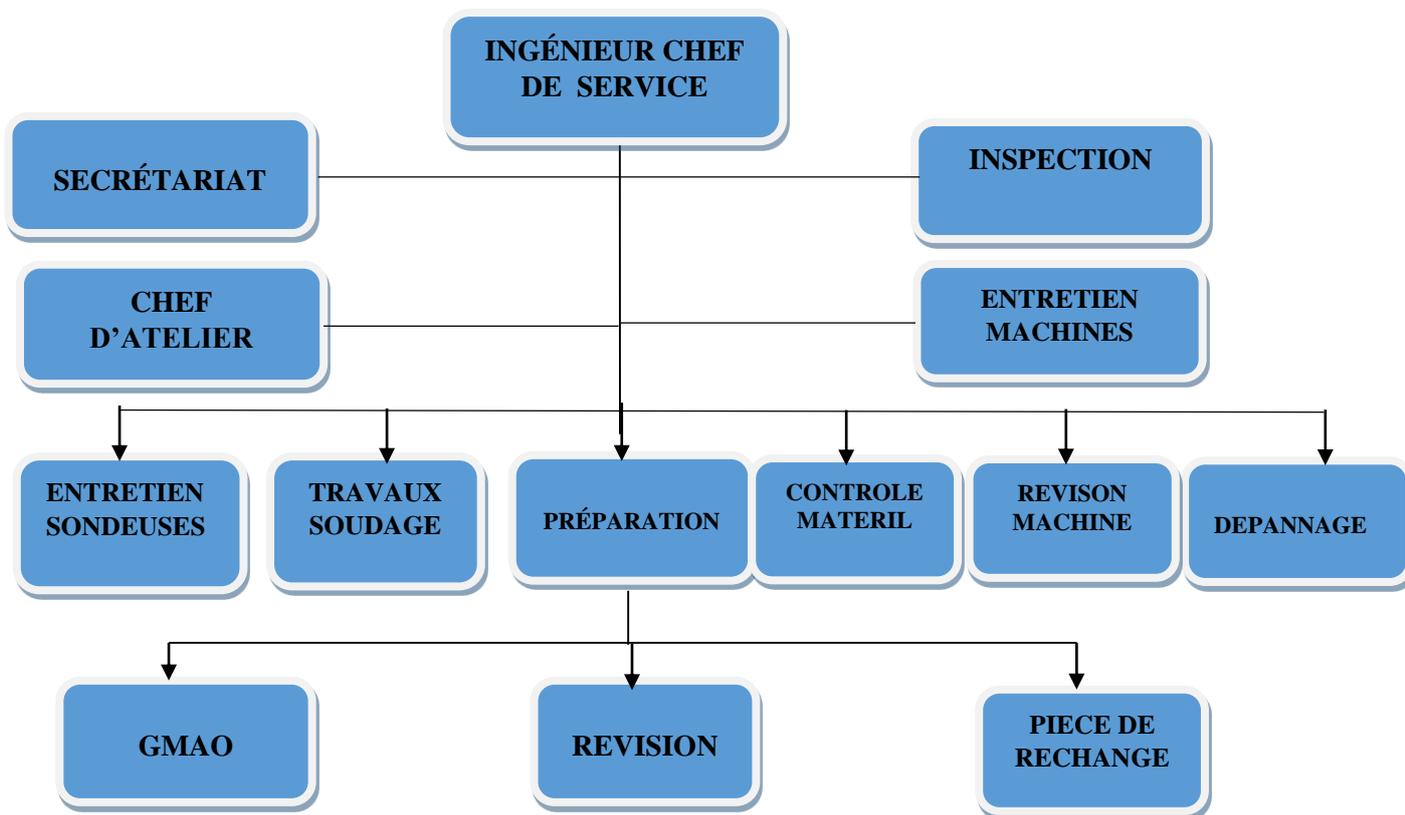


Figure 16: Organiqramme de service 337

5. Parc machine de l'atelier dragline et sondeuse

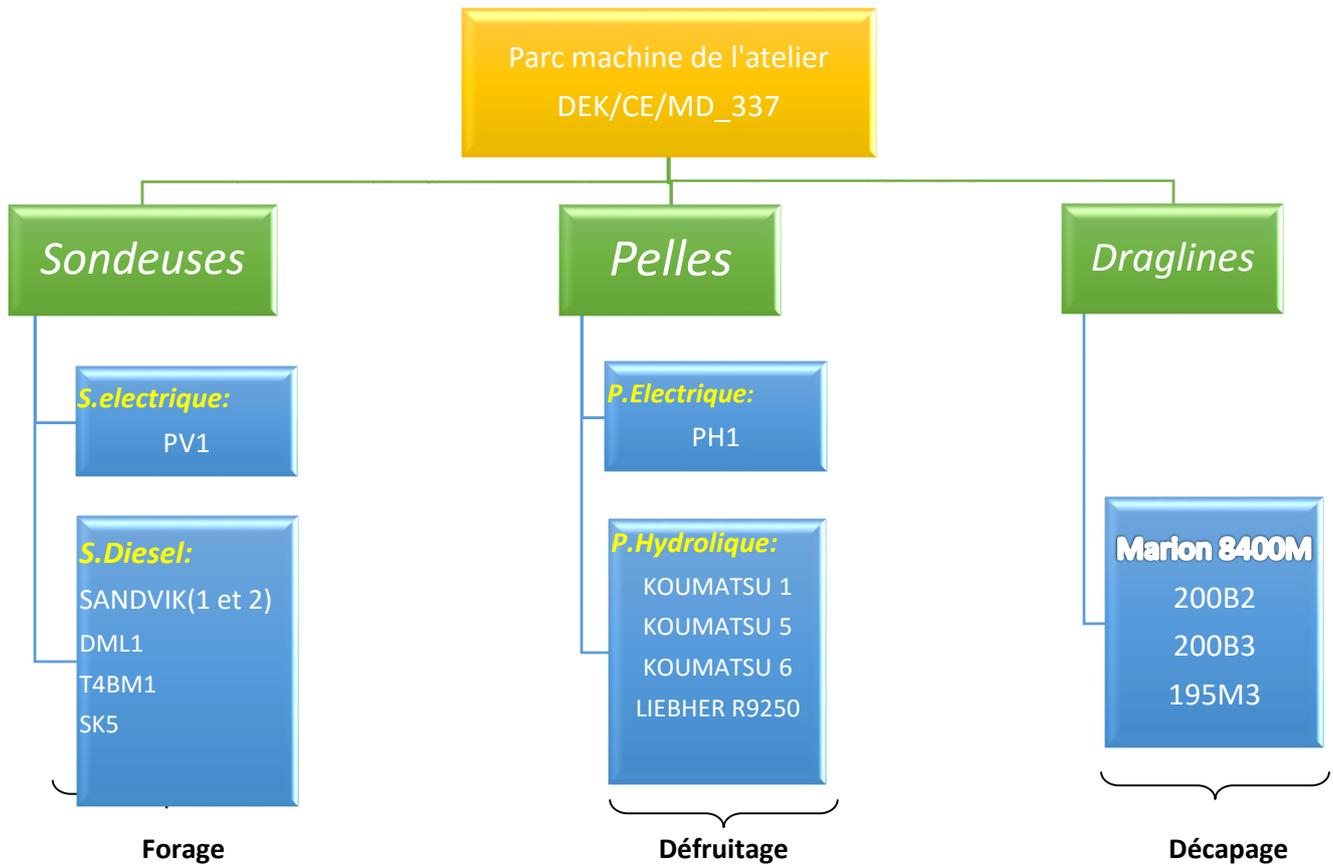


Figure 17: Parc machine de l'atelier dragline et sondeuse



Cahier des charges

La dragline Marion 8400M est une machine d'excavation des terrains morts à la mine Sidi Chennane Khouribga, et dans le but de diminuer le temps d'arrêt annuel de cette machine il nous est demandé de :

- Etudier et analyser les arrêts mécaniques les plus critiques de la dragline 8400M afin de proposer des solutions suivant la Méthode de Résolution de Problèmes

Chapitre II

Etude et Analyse

I. Etude critique des machines du service dragline et sondeuse

1. La classification des équipements du site Sidi Chennane

Pourquoi la machine 8400M ?

Pour justifier le choix de la machine 8400M nous avons étudié une méthode développée par le groupe OCP pour la classification des équipements, cette méthode consiste à garantir une utilisation maximale des équipements au moindre coût avec 0 incident.

Cette méthode se base sur plusieurs critères tels que le temps de réparation de la machine, facteur d'influence, risques, fréquence de pannes ...

Pour chaque critère on donne une valeur, par exemple pour le critère de temps de réparation si :

MTTR <1h	= 5
1h <MTTR <2h	= 10
2h <MTTR <4h	= 15
4h <MTTR <8h	= 20
MTTR >8h	= 30

Puis on somme la note de chaque critère pour avoir une note finale de la machine et selon cette dernière on ordonne les machines en ordre décroissant afin de classer la machine dans le groupe convenable :

- ❖ Le groupe AA : les machines les plus importantes avec un pourcentage de 95% jusqu'à 100%
- ❖ Le groupe A : moins d'importance **80% - 95%**
- ❖ Le groupe B : les machines de la classe « intermédiaire » 20% -80%
- ❖ Le groupe C : les machines qui ont une évaluation inférieure à **20%**

Pour évaluer cette classification nous avons besoin de la MTTR et les heures de marche de chaque machine. Le tableau suivant représente les heures de marche et la MTTR des machines draglines en 2015. Pour les autres machines voir l'annexe 1.

Machines	Heures de marche	Nombre d'arrêts subis	Nombre d'arrêt décidés	Cumul de nombre d'arrêts	Temps d'arrêts subis(H)	MTTR
8400M1	5858	40	57	97	86	2,15
195M3	4831	31	27	58	131	4,23
200B2	0	0	1	1	0	0,00
200B3	807	38	7	45	124	3,26

Tableau 1 : MTTR et les heures de marche des machines draglines

$$MTTR = \frac{\text{temps d'arrêt subis}}{\text{nombre d'arrêt subis}}$$

NB : la dragline 200B2 était en révision en 2015

2. Feuil de classification :(Exemple la 8400)

Classification	No	Item	Critères	Évaluation
Temps de Réparation (T)	1	Arrêts moyen (MTTR)	<1h = 5 1h < MTTR < 2h = 10 2h < MTTR < 4h = 15 4h < MTTR < 8h = 20 > 8h = 30	15
Facteur d'influence (D)	2	Utilisation de l'équipement (Heures de Marche) (D1)	HM < 3600h = 1 3600h < HM < 4200h = 2 4200h < HM < 4800h = 3 4800h < HM < 5400h = 4 5400h < HM < 6000h = 5	5
	3	Impact sur la Qualité produit (D2)	Important = 6 Moyen = 3 Faible = 2 Sans effet = 1	1
	4	Perte d'énergie (D3)	Important = 6 Moyen = 3 Faible = 2 Sans effet = 1	2
	5	Aspect sécurité de l'anomalie (D4)	Très fort risque pour le personnel = 5, Moyen = 3 Faible = 2 sans risque = 1 Obligation de contrôle légal +5	5
	6	Aspect environnement de l'anomalie (D5)	Fort impact = 5, Moyen = 3 Faible impact = 2 Sans effet = 1	2
Probabilité de Panne (P)	7	Fréquence des pannes	Supérieur à 4 par mois = 35 Entre 1 et 4 par mois = 20 Inférieur à 1 par mois = 5	20
Criticité de l'équipement (C)	8	Criticité de l'équipement en fonction des arrêts de production	20 40 60 80 100	100
Évaluation Totale				155

Tableau 2 : Fiche d'évaluation de la 8400M

Avec : **Évaluation Totale = T + D + P + C**

$$\text{Facteur d'influence(D)} = (D1 \times D2 \times D3 \times D4 \times D5) / 5$$

Pour les feuilles de classification des autres machines voir (ANNEXE 1)

Résultat de la classification :

Stade d'extraction des phosphates	Nom et N° de l'équipement	Commentaires	Évaluation	Classification de l'équipement AA, A, B ou C
Décapage	8400M	Machine importante	155	AA
Chargement	KOM PC6	Nouvelle machine	155	A
Chargement	KOM PC5		151	A
Chargement	LIBHERR-4		141	A
Chargement	KOM PC1		129	B
Décapage	195M3		128	B
Forage intercalaires et phosphates	DML1	Nouvelle machine	124,4	B
Forage intercalaires et phosphates	PV-275E		124	B
Forage intercalaires et phosphates	SANDVIK2		120	B
Forage intercalaires et phosphates	SK5		118,6	B
Forage intercalaires et phosphates	SANDVIK1		114,4	B
Chargement	200B3		97	B
Chargement	P&H1		92	C
Forage intercalaires et phosphates	T4BH1		83,6	C
Chargement	200B2	Machine déjà révisée	72	C
Règle de classification: Inférieure à 20%: Classe C 20%-80%: Classe B 80% - 95%: Classe A 95% - 100%: Classe AA				

Tableau 3 : classification des équipements

La classification obtenue est :

- ✦ Classe AA : Machines (8400M)
- ✦ Classe A : Machines (LIBHERR-4, Komatsu PC5, Komatsu PC6)
- ✦ Class B : Machines (KOM PC1, 195M3, DML1, PV-275E, SANDVIK2, SANDVIK1, SK5,200B3)
- ✦ Classe C : Machines (200B2, P&H1, T4BH1)

D'après cette classification nous avons trouvé que la dragline 8400M est la machine la plus importante dans le parc matériel de l'atelier et par conséquent elle nécessite un suivi et une analyse plus approfondie que les autres machines.

II. Description de la dragline 8400M

1. Introduction

Les draglines sont des machines qui permettent la découverte des couches phosphatées pour qu'elles soient disponibles au transport.

Elles jouent un rôle primordial dans l'exploitation minière, en particulier dans l'extraction des phosphates et constituent ainsi le support de la production. La machine 8400M est la plus importante parmi ce type de machine dans la découverte de KHOURIBGA grâce à ses capacités énormes de travail, Elle assure 43% du décapage entier du secteur SIDI CHENNANE.

Cette machine assure sa fonction par le biais d'un godet qui est entraîné par deux paires de câbles métalliques pour assurer les mouvements de levage et de drague. Aussi la machine tourne autour de sa base pour assurer l'orientation de son godet supporté par une flèche et elle se déplace en translation par l'intermédiaire de deux sabots .



Figure 18: La dragline 8400M

2. Structure de la machine

La 8400M est constituée de deux parties essentielles :

- ✚ Une partie fixe formée du camembert.
- ✚ Une partie mobile pouvant pivoter autour de son axe est constituée principalement de :
 - ✓ Deux cabines du conducteur (une à gauche et l'autre à droite)
 - ✓ Une salle des machines
 - ✓ Des sabots (pour la translation)
 - ✓ Une flèche (pour supporter le levage)
 - ✓ Un godet

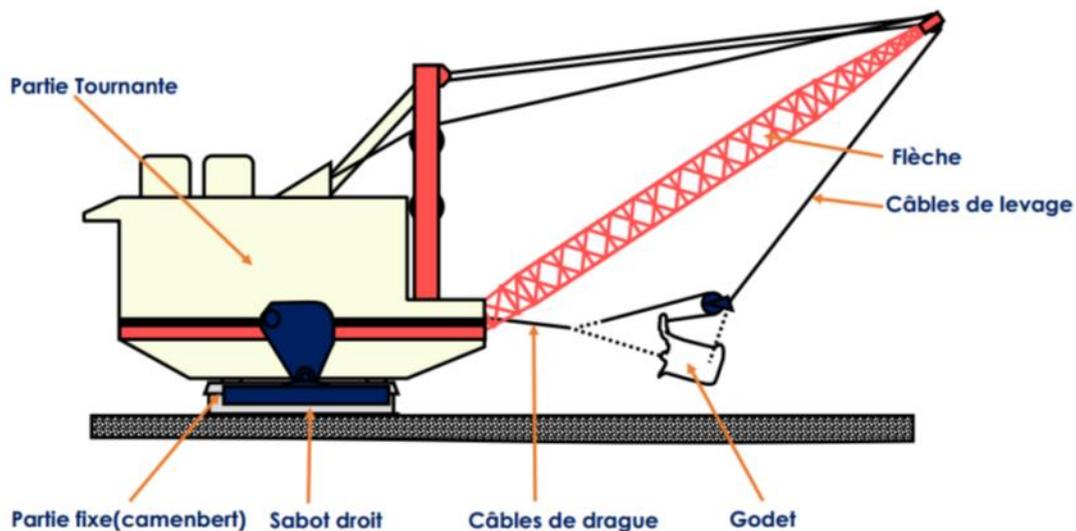


Figure 19: Les composants de la 8400M

3. Chaîne cinématique des Mouvement de la 8400M:

Au cours des travaux, la machine peut effectuer les mouvements suivants :

- Mouvement de drague pour charger le godet.
- Mouvement de levage pour faire monter ou faire descendre le godet
- Mouvement d'orientation pour déplacement horizontal du godet.
- Mouvement de translation pour déplacement de la machine.

3.1 Chaîne cinématique de drague

Le mouvement de drague assure le chargement du godet en creusant les couches stériles du terrain. Cette opération s'effectue à l'aide de quatre moteurs à courant continu, appelés moteurs de drague (DM : drag Motors), qui entraînent le treuil de drague. Le système de drague est très semblable à celui du levage (Figure 20) avec la seule différence au niveau du freinage qui est assuré seulement par deux freins dans le cas du drague alors que le freinage des moteurs de levage est assuré par quatre freins.

3.2 Chaîne cinématique de levage

Le mouvement de levage permet le déplacement du godet du bas vers le haut (levage) ou du haut vers le bas (descente). Pour assurer ce mouvement la machine dispose de quatre moteurs à courant continu appelés moteurs de levage (HM : hoistMotors), qui entraînent le treuil de levage qui est liée au godet par un câble de levage. La Figure 20 illustre le système mécanique complet du levage de la machine 8400M.

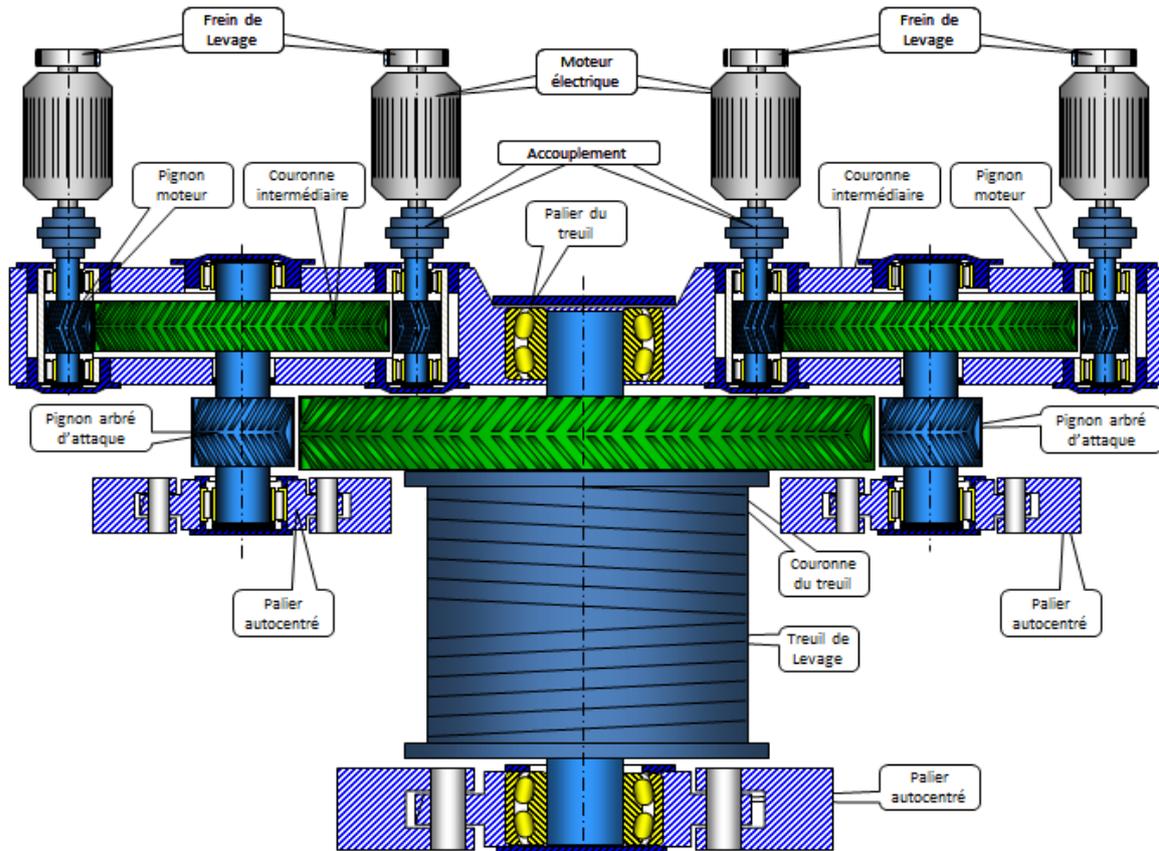


Figure 20: Chaîne cinématique de levage

3.3 Chaîne cinématique d'orientation

Le mouvement d'orientation permet de diriger la partie tournante de la machine à gauche ou à droite. La puissance mécanique nécessaire est fournie par quatre moteurs à courant continu appelés moteurs d'orientation (SM : Swing Motors). La Figure 21 montre la chaîne cinématique d'un seul moteur d'orientation qui est fixé sur la partie tournante de la machine. Le mouvement de rotation généré par le moteur à courant continu est transmis à travers plusieurs réducteurs au pignon d'attaque qui va tourner autour de la couronne d'orientation celle-ci étant fixe par rapport au camembert, l'ensemble de la partie tournante tourne par rapport à la couronne d'orientation donc par rapport au camembert.

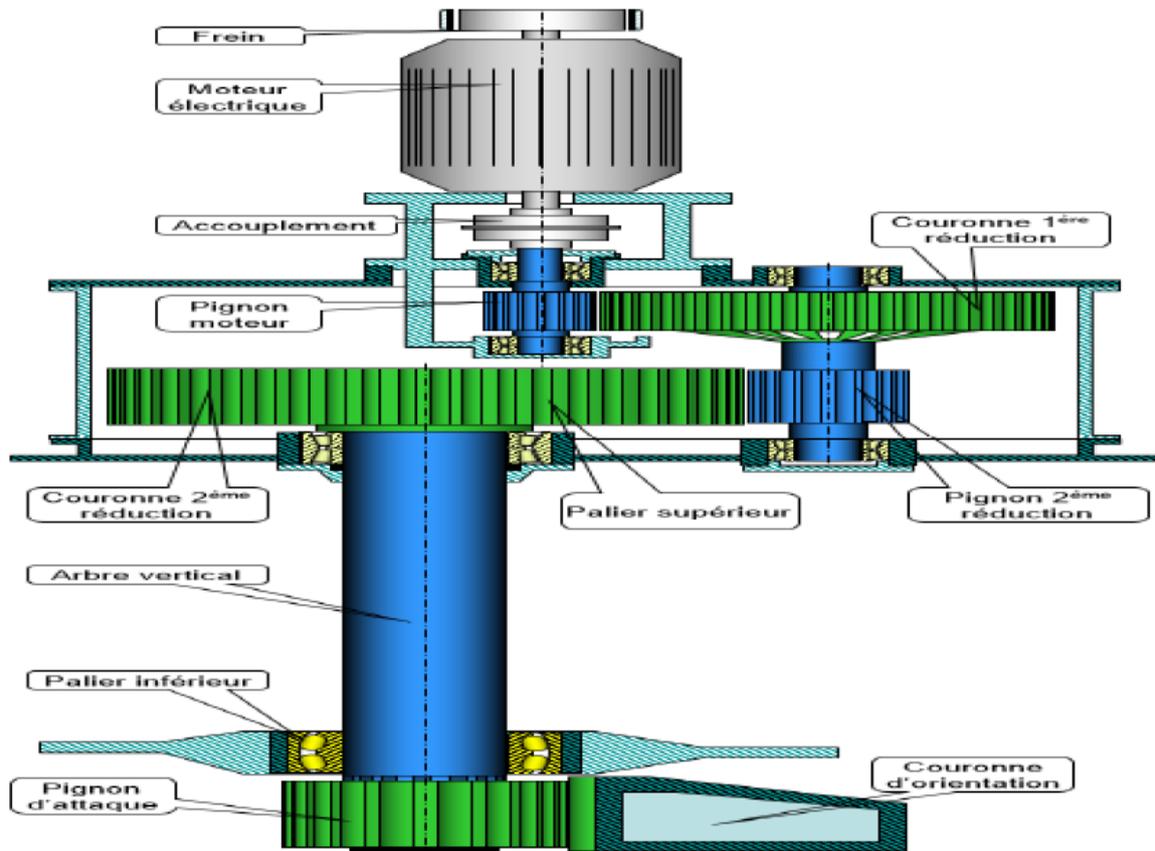


Figure 21: Chaîne cinématique d'orientation

3.4 Chaîne cinématique de translation

La machine dispose de deux sabots l'un à droite et l'autre à gauche, permettant son déplacement. Chaque sabot est entraîné par deux moteurs à courant continu appelés moteurs de translation (PM : Propel Motors). Les mouvements des deux sabots doivent être exécutés simultanément, du coup une synchronisation est requise au niveau de la commande. La Figure 22 montre la chaîne cinématique d'un seul sabot de la machine 8400M.

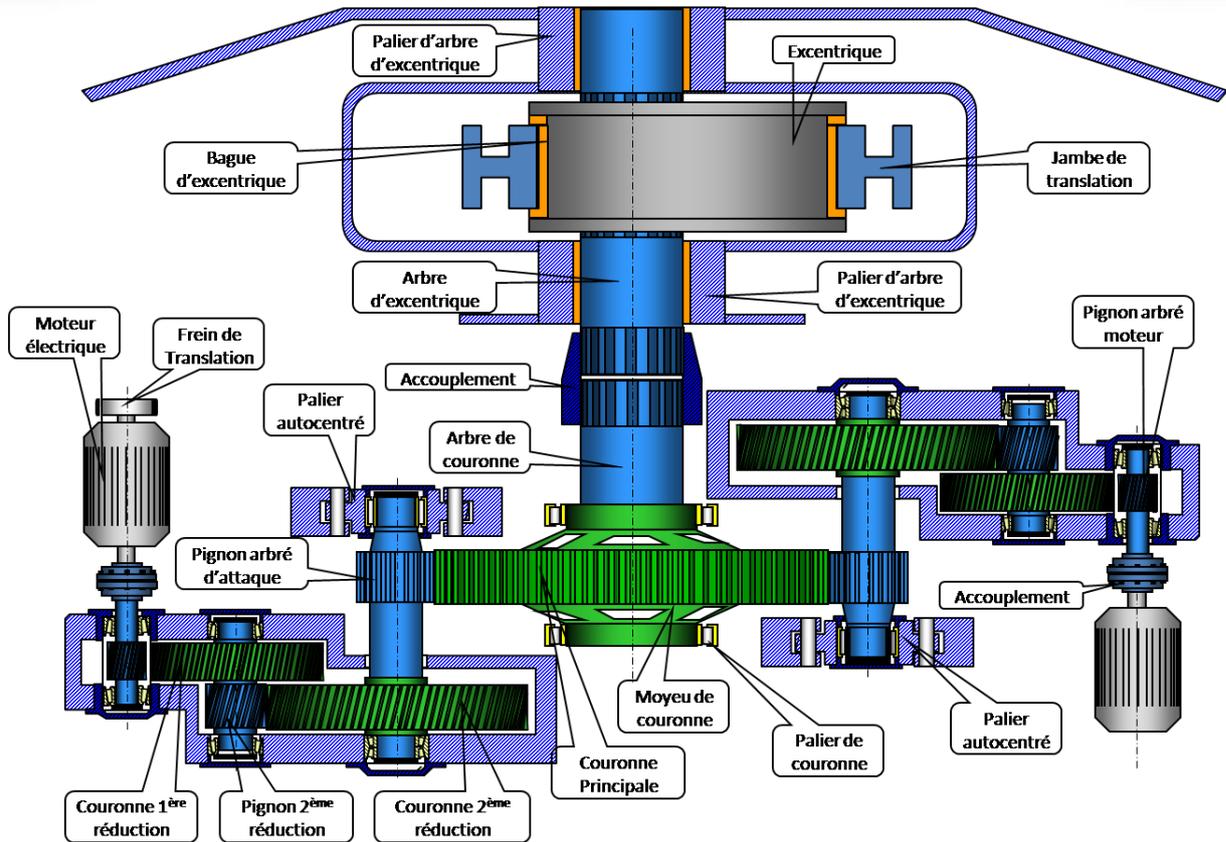


Figure 22: Chaîne cinématique de translation

Les quatre mouvements de la machine sont assurés comme montré dans la Figure 23 :

- ✚ **Drague** : le mouvement de drague est assuré par quatre moteurs à courant continu : DM1-DM2-DM3-DM4. (couleur verte sur la Figure 23)
- ✚ **Levage** : le mouvement de levage est assuré par quatre moteurs à courant continu : HM1-HM2-HM3-HM4. (couleur bleue sur la Figure 23).
- ✚ **Translation** : le sabot gauche est entraîné par deux moteurs à courant continu PM1-PM2, quant au sabot droit, il est entraîné par PM3-PM4. (couleur rose sur la Figure 23)
- ✚ **Orientation** : le mouvement d'orientation est assuré par quatre moteurs à courant continu : SM1-SM2-SM3-SM4. (couleur jaune sur la Figure 23)

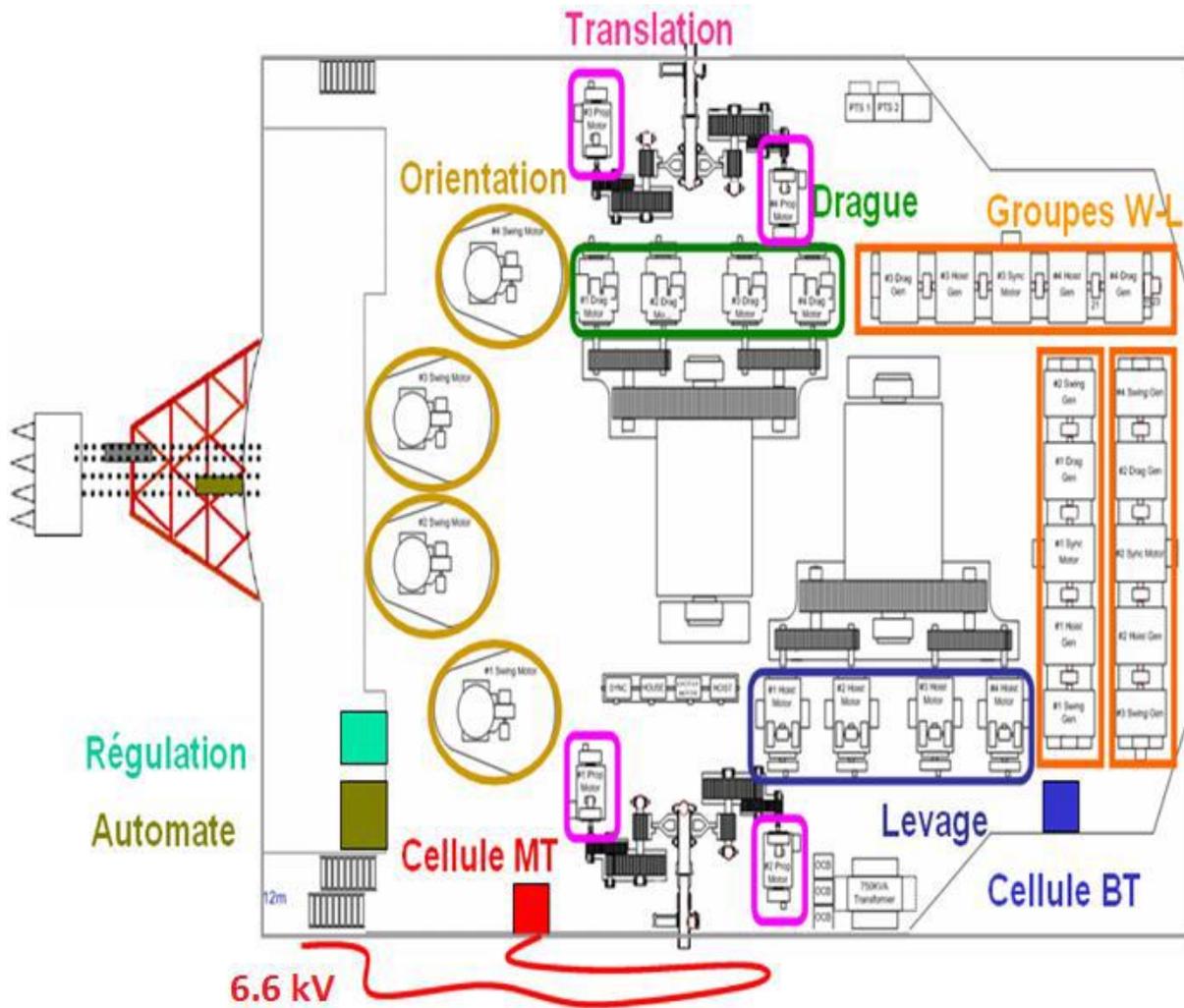


Figure 23: Vue en dessus de la 8400M

La machine est alimentée en 6600V (50HZ) qui est la tension d'alimentation des trois moteurs synchrones des groupes WL. Cette tension est par ailleurs abaissée en 480V (50HZ) pour alimenter les différentes armoires de l'alternatif qui dessert entre autres : les ventilateurs (blowers) des mouvements, le moteur asynchrone du groupe d'excitation, l'éclairage, les auxiliaires...

III. Etude et analyse des arrêts de la 8400M

Après avoir accédé à l'historique des arrêts de la 8400M de 2011 jusqu'à 2015 nous avons construit des diagrammes Pareto pour chaque année, Cet outil permet de hiérarchiser les arrêts en fonction de nombre d'occurrence et ainsi de définir les priorités dans le traitement des arrêts.

Année 2011

N°	Type d'arrêt	Fréquence	Temps d'arrêt(h)	Temps d'arrêt annuel(h)	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	Travaux divers	6	6,50	39,00	21,14	21,14
2	Changement de câble de levage	5	7,53	37,65	20,41	41,54
3	Godet & accessoires	14	2,50	35,00	18,97	60,51
4	Changement de câble de drague	6	5,73	34,38	18,63	79,14
5	Flèche et chevalet	7	2,43	17,01	9,22	88,36
6	Dévrillage câble du drague	4	2,30	9,20	4,99	93,35
7	Changement de câble de bascule	3	2,15	6,45	3,50	96,85
8	Orientation	1	3,42	3,42	1,85	98,70
9	Translation	1	1,00	2,40	1,30	100,00

Tableau 4 : Historique des arrêts de la 8400M en 2011

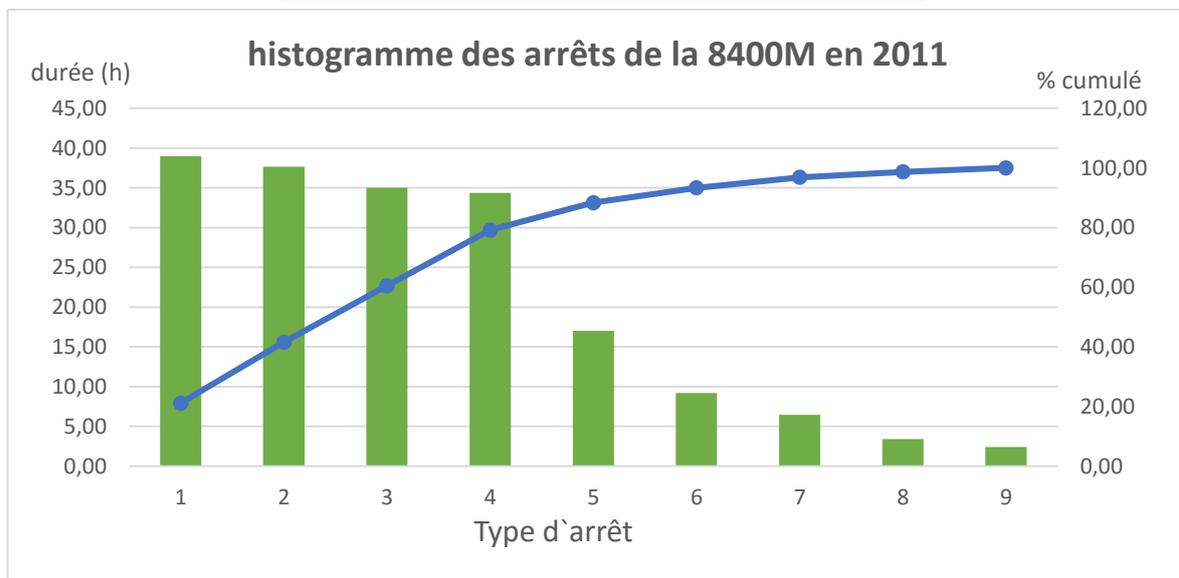


Figure 24: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2011

Nous constatons que les travaux liés au changement des câbles de levage et de drague, Godet et accessoires et travaux divers représentent 80% des arrêts de la 8400M

Année de 2012

N°	Type d'arrêt	Fréquence	Temps d'arrêt(h)	Temps d'arrêt annuel(h)	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	Changement de câble de levage	5	7,53	36,58	22,51	22,51
2	Changement de câble de drague	6	5,48	32,88	20,23	42,74
3	Travaux divers	5	6,00	30,00	18,46	61,20
4	Godet & accessoires	7	2,90	20,30	12,49	73,69
5	Flèche et chevalet	6	2,20	13,20	8,12	81,81
6	Orientation	4	2,42	9,68	5,96	87,77
7	Changement de câble de bascule	4	2,15	8,60	5,29	93,06
8	Dévrillage câble de drague	3	1,8	5,40	3,32	96,38
9	Translation	2	1,50	3,00	1,85	98,23
10	Graissage	2	1,44	2,88	1,77	100,00

Tableau 5 : Historique des arrêts de la 8400M en 2012

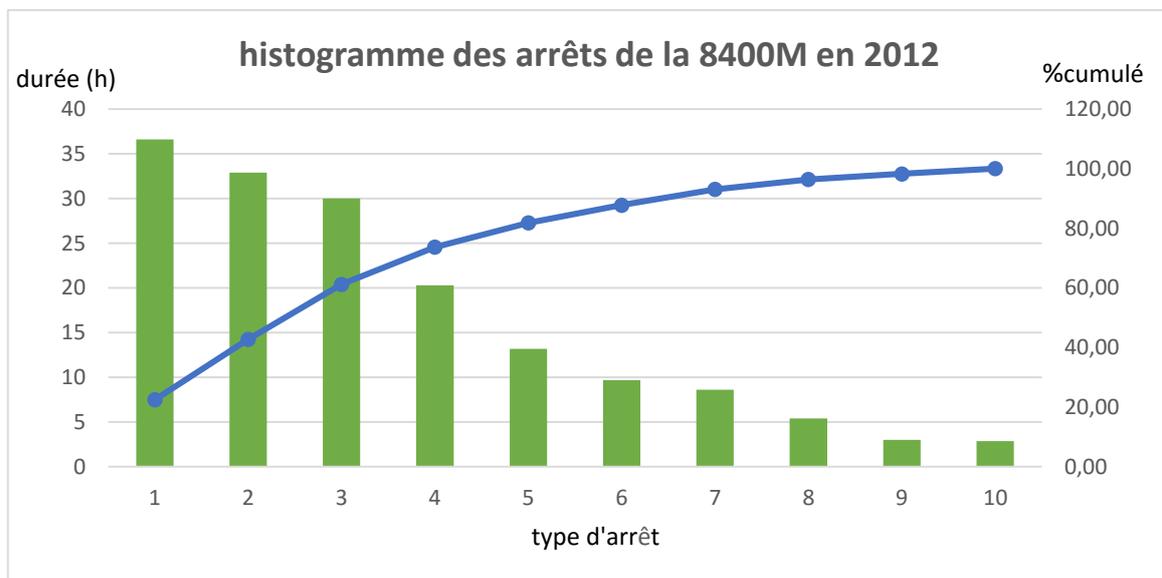


Figure 25: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2012

Nous constatons que les travaux liés au changement des câbles de levage et de drague, godet et accessoires, travaux divers représentent 73.69% des arrêts de la 8400M

Année 2013

N°	Type d'arrêt	Fréquence	Temps d'arrêt(h)	Temps d'arrêt annuel(h)	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	Changement de câble de levage	5	7,01	35,05	27,15	27,15
2	Changement de câble de drague	6	5,41	32,46	25,15	52,30
3	Travaux divers	9	2,50	22,50	17,43	69,72
4	Godet & accessoires	8	1,65	13,20	10,23	79,95
5	Orientation	4	2,15	8,60	6,66	86,61
6	Flèche et chevalet	7	1,15	8,05	6,24	92,85
7	Dévrillage câble de drague	3	1,66	4,98	3,86	96,71
8	Translation	1	1,60	1,60	1,24	97,95
9	Changement de câble de bascule	2	0,70	1,40	1,08	99,03
10	Graissage	1	1,25	1,25	0,97	100,00

Tableau 6 : Historique des arrêts de la 8400M en 2013

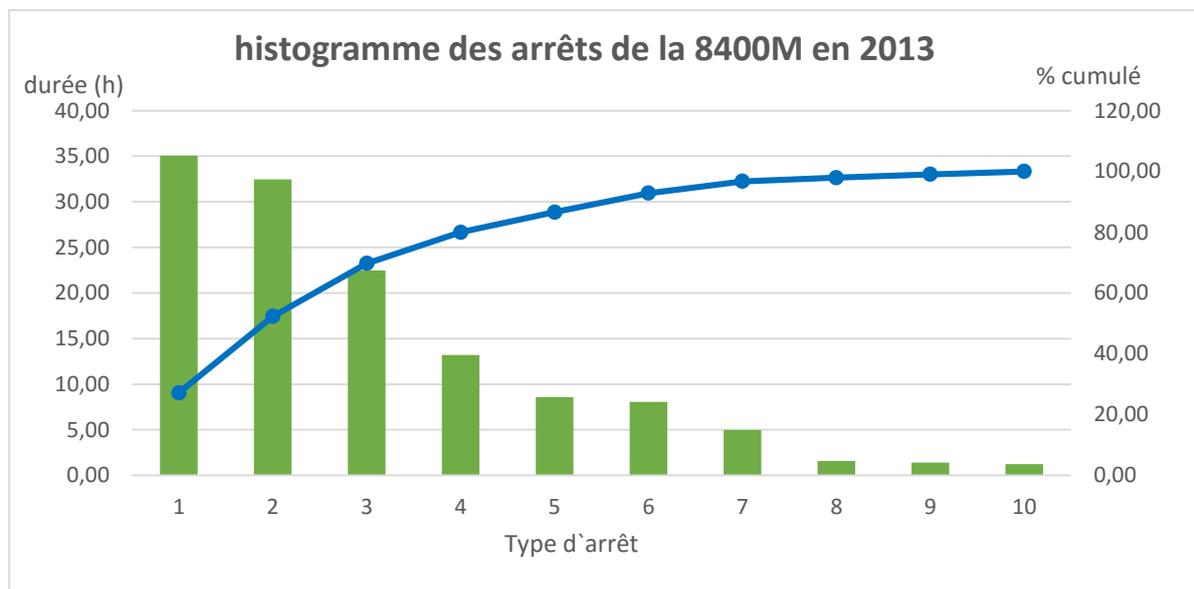


Figure 26: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2013

Nous constatons que les travaux liés au changement des câbles de levage et de drague, godet et accessoires et travaux divers représentent 79.95% des arrêts de la 8400M

Année 2014

N°	Type d'arrêt	Fréquence	Temps d'arrêt(h)	Temps d'arrêt annuel(h)	Pourcentage	Fréquence cumulé
1	Changement de câble de levage	5	5,47	31,85	24,34	24,34
2	Changement de câble de drague	6	5,19	30,43	23,26	47,60
3	Godet & accessoires	10	2,10	21	16,05	63,65
4	Travaux divers	6	2,50	15	11,47	75,12
5	Orientation	3	3,20	9,6	7,34	82,45
6	Flèche et chevalet	3	2,30	6,9	5,27	87,73
7	Dévrillage câble de drague	4	1,65	6,6	5,04	92,77
8	Changement de câble de bascule	3	1,45	4,35	3,32	96,10
9	Translation	2	1,30	2,6	1,99	98,08
10	Graissage	2	1,25	2,5	1,91	100,00

Tableau 7 : Historique des arrêts de la 8400M en 2014

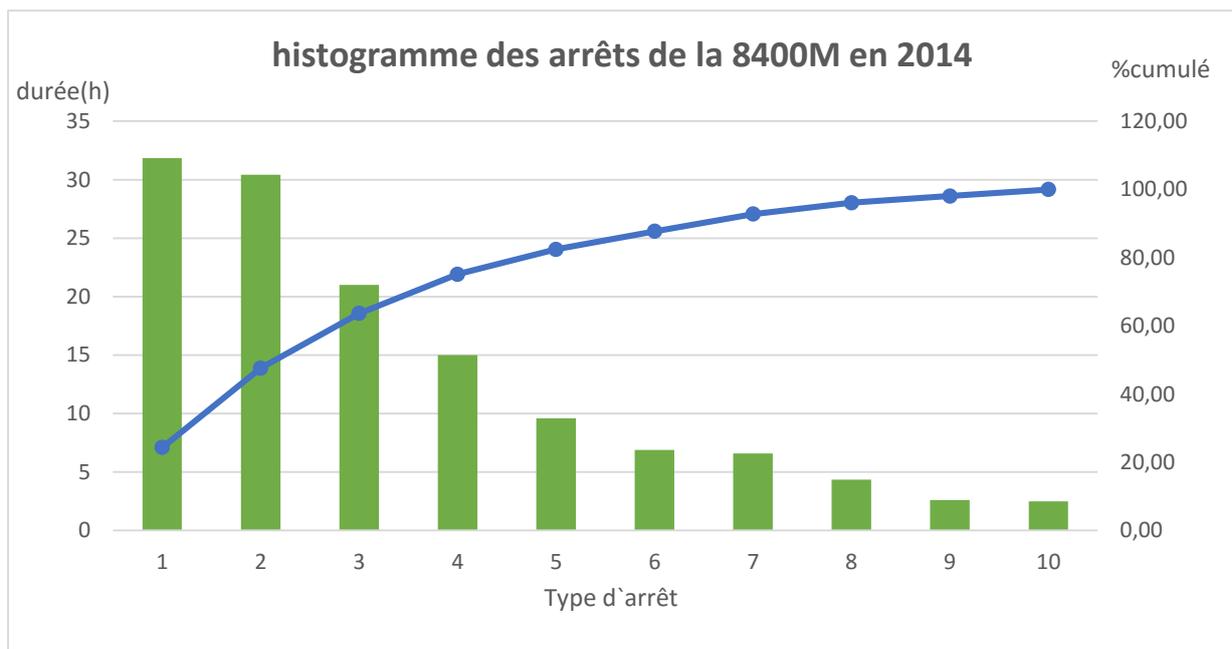


Figure 27: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2014

Nous constatons que les travaux liés au changement des câbles de levage et de drague, godet et accessoires, travaux divers représentent 75.12% des arrêts de la 8400M

Année 2015

N°	Type d'arrêt	Fréquence	Temps d'arrêt(h)	Temps d'arrêt annuel(h)	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	Changement de câble de levage	5	5,87	26,85	23,29	23,29
2	Changement de câble de drague	6	5,19	25,95	22,51	45,81
3	Travaux divers	7	2,78	19,46	16,88	62,69
4	Godet & accessoires	6	2,15	12,9	11,19	73,88
5	Changement de câble de bascule	4	2,30	9,2	7,98	81,86
6	Orientation	3	2,17	6,51	5,65	87,51
7	Flèche et chevalet	4	1,45	5,8	5,03	92,54
8	Dévrillage câble du drague	3	1,20	3,6	3,12	95,66
9	Graissage	4	0,65	2,6	2,26	97,92
10	Translation	1	2,4	2,4	2,08	100,00

Tableau 8 : Historique des arrêts de la 8400M en 2015

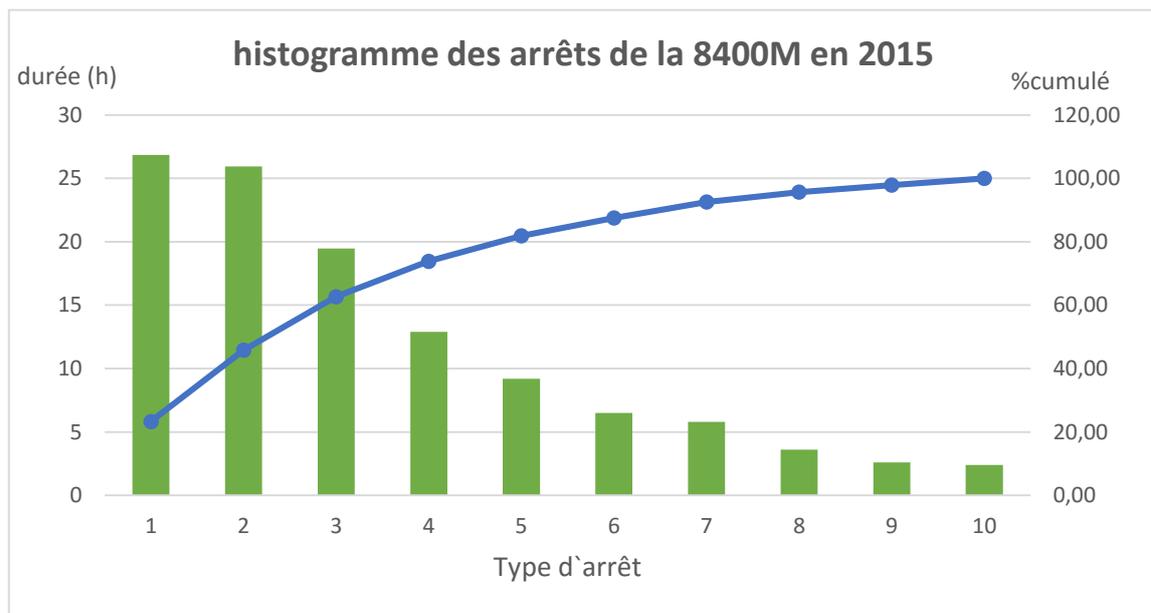


Figure 28: Histogramme des arrêts de la 8400M en 2015

Nous constatons que les travaux liés au changement des câbles de levage et de drague, travaux divers et godet et accessoires représentent 73.88% des arrêts de la 8400M

Conclusion

D'après cette étude nous pouvons constater que les arrêts « godet & accessoires » « changement de câble de levage » « changement de câble de drague » et « travaux divers » représentent presque 80 % de la durée globale des arrêts de la 8400M.

Donc il est nécessaire de réagir sur ces quatre arrêts pour diminuer le temps d'arrêt de la machine, et puisque les deux arrêts « godet & accessoires » et « travaux divers » contiennent lui-même des sous arrêts qui nécessitent une autre étude, nous n'allons traiter que les deux arrêts : « changement câble de levage » et « changement câble de drague » car une diminution de la durée d'intervention annuel de ces derniers va diminuer de façon considérable le temps d'arrêt de la machine.

IV. Historique d'intervention de changement des câbles de levage et de drague

1. Suivi des Câbles de levage et de drague

Après avoir étudié l'importance de la diminution de temps d'arrêt annuel de l'intervention de changement des câbles de drague et de levage, nous allons étudier l'historique de la durée d'intervention annuelle et les heures de marche des câbles à partir de 2011 jusqu'à 2015, afin de trouver la meilleure solution pour la diminuer.

Année	N° de câble	Heures de marche	Durée de changement des câbles de levage (h)	Cumulé annuel
2011	1	1260	8,12	37,65
	2	1214	7,23	
	3	1343	7,60	
	4	901	7,50	
	5	1332	7,20	
2012	1	1641	7,50	36,58
	2	570	6,83	
	3	985	7,75	
	4	1417	7,00	
	5	1607	7,50	
2013	1	1372	7,15	35,03
	2	1100	6,63	
	3	1080	7,50	
	4	897	7,00	
	5	1228	6,75	
2014	1	1241	6,50	31,85
	2	1192	5,87	
	3	1148	6,33	
	4	1212	6,65	
	5	1457	6,50	
2015	1	1355	5,63	26,85
	2	1273	5,52	
	3	1050	5,50	
	4	1596	5,00	
	5	1836	5,20	

Tableau 9 : suivi de câble de levage

Année	N° de câble	Heures de marche	Durée de changement des câbles de drague (h)	Cumulé annuel
2011	1	1067	6,30	36,15
	2	1213	6,75	
	3	1115	6,00	
	4	1032	5,63	
	5	1357	5,87	
	6	662	5,60	
2012	1	1027	6,00	34,37
	2	1540	6,45	
	3	1113	5,50	
	4	1263	5,42	
	5	1139	5,25	
	6	1177	5,75	
2013	1	1404	6,30	32,17
	2	1284	5,00	
	3	629	5,50	
	4	1154	5,17	
	5	791	5,20	
	6	989	5,00	
2014	1	1140	5,33	30,43
	2	1021	5,00	
	3	1301	5,25	
	4	1191	5,15	
	5	902	5,00	
	6	1053	4,70	
2015	1	1516	5,00	27,04
	2	1424	4,50	
	3	841	4,00	
	4	1352	4,20	
	5	1296	4,90	
	6	1313	4,44	

Tableau 10 : suivi de câble de drague

Nous constatons d'après les deux tableaux que la fréquence d'intervention de changement de câble de levage et de drague n'a pas changé depuis 2011 jusqu'à 2015 (5 fois par an pour le câble de levage et 6 fois par an pour le câble de drague).

D'après les deux tableaux ci-dessus nous pouvons tracer les histogrammes suivants :

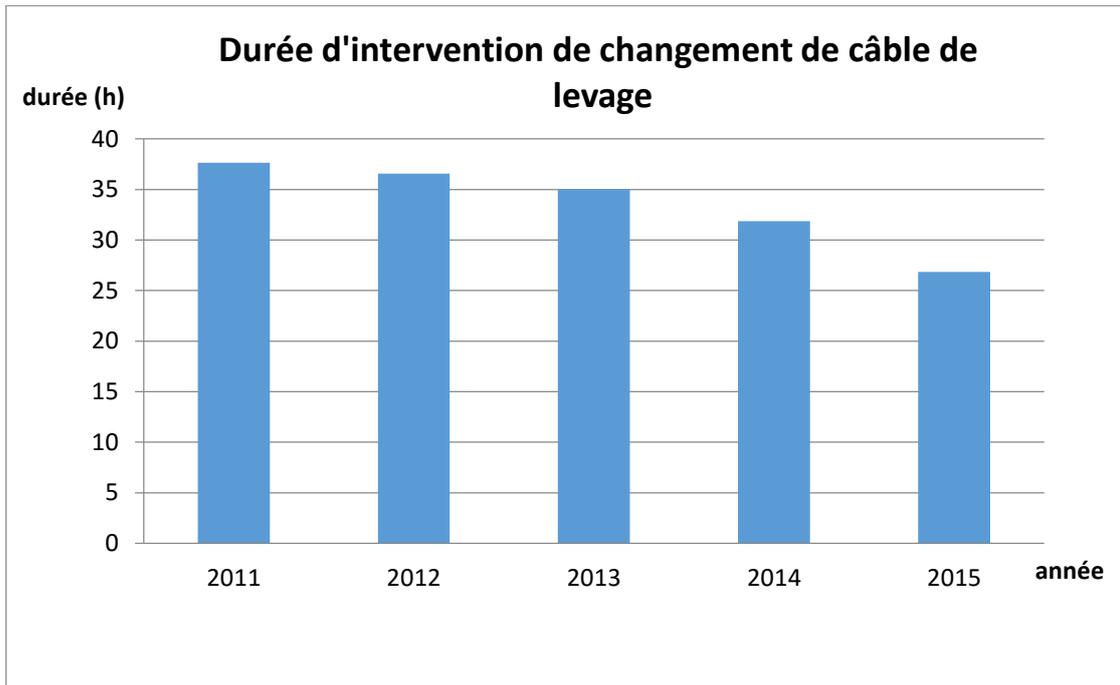


Figure 29: Durée d'intervention de changement de câble de levage

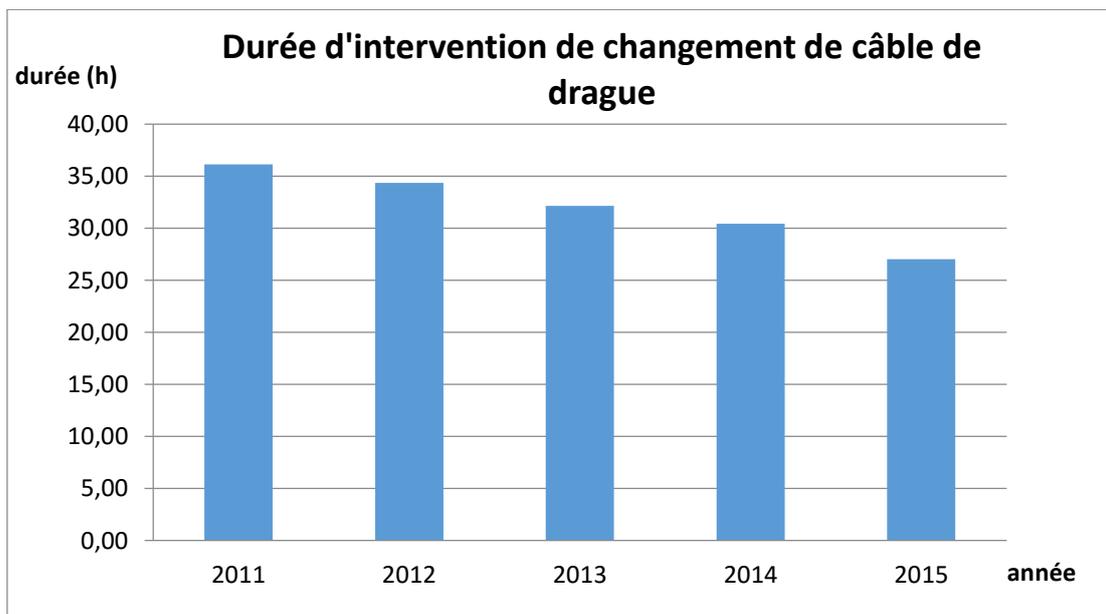


Figure 30: Durée d'intervention de changement de câble de drague

D'après ces graphes nous constatons que la durée d'intervention de changement de câble de levage et de drague a diminué depuis 2011 jusqu'à 2015 et elle atteint une valeur optimale en 2015.

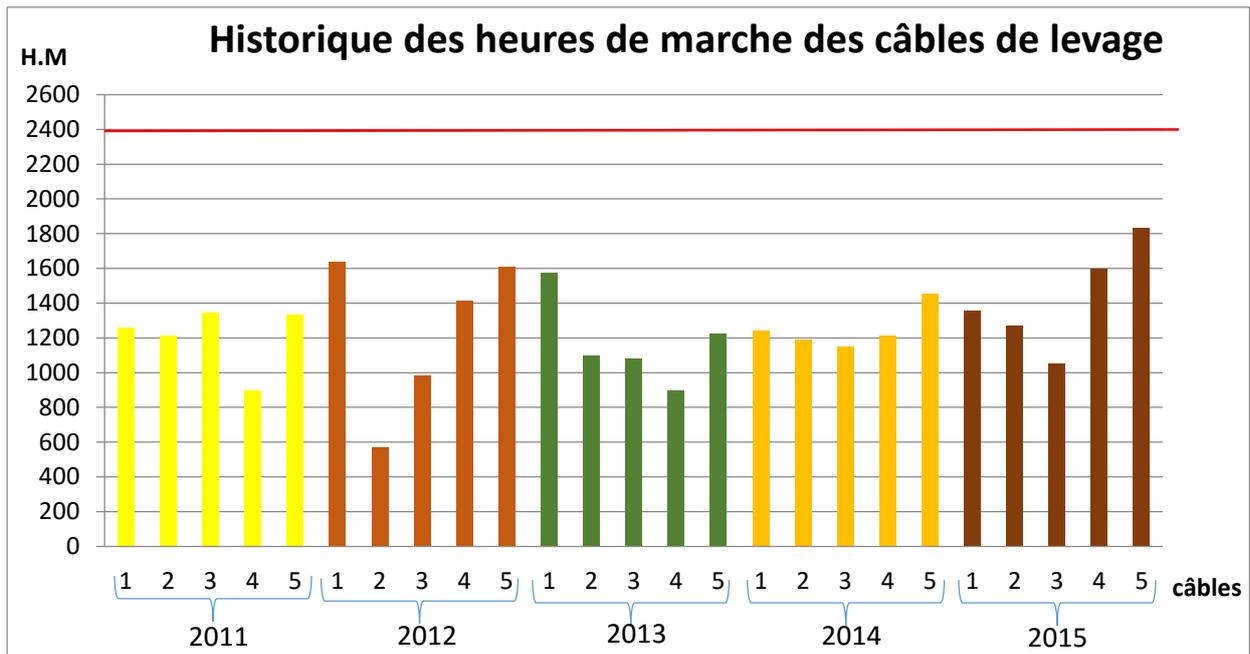


Figure 31: Histogramme des heures de marche des câbles de levage

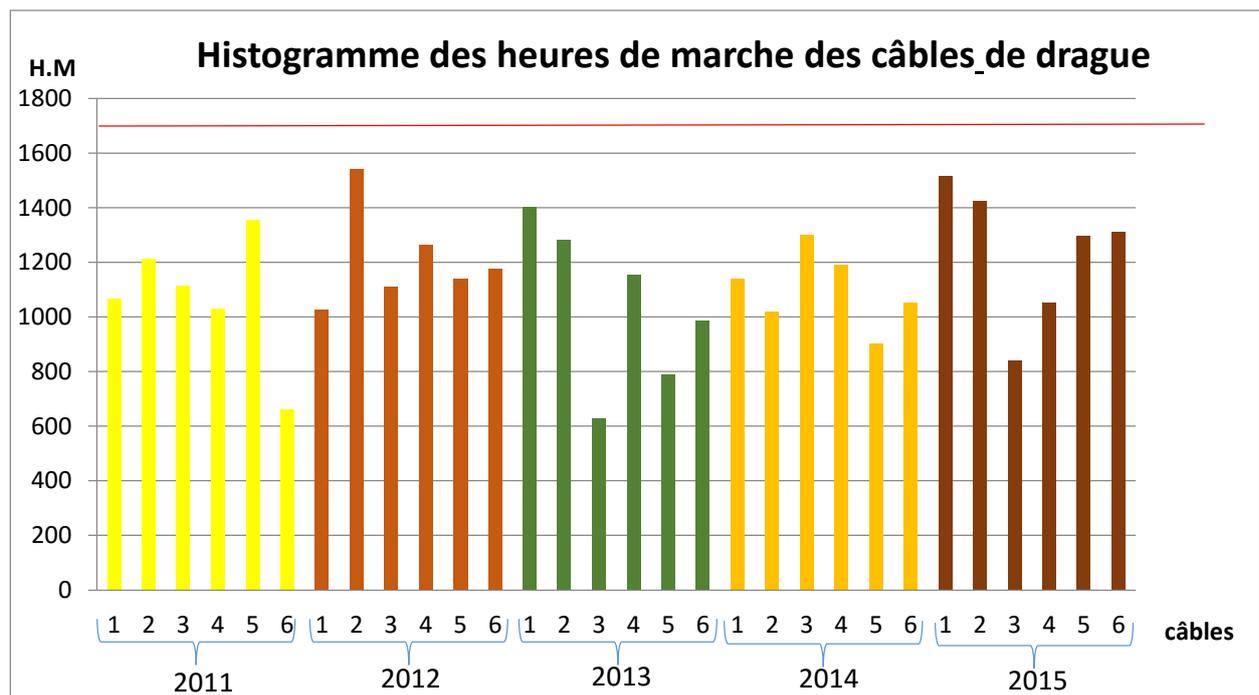


Figure 32: Histogramme des heures de marche des câbles de drague

D'après les deux histogrammes nous constatons que la fréquence de l'intervention de changement des câbles est restée stable durant les cinq dernières années, ainsi que les câbles métalliques n'arrivent pas à atteindre la performance normale.

Conclusion

Le temps d'arrêt annuel de changement des câbles de drague et de levage a connu une diminution grâce à des actions d'amélioration entamé par l'équipe de maintenance dragline depuis 2012, cette amélioration a permis de passer de 37.65 heures d'arrêt en 2011 à 26.85 heures d'arrêt en 2015 pour les câbles de levage et de passer de 36,15 heures d'arrêt en 2011 à 27.04 heures d'arrêt en 2015 pour les câbles de drague. Cette diminution ne vient que de l'amélioration de la durée d'intervention, pourtant la fréquence de changement des câbles n'a pas connu aucune amélioration dans cette période (5 fois par an pour le câble de levage et 6 fois par an pour le câble de drague), donc une amélioration s'impose dans ce domaine.

Pour mieux comprendre l'influence de la fréquence de changements des câbles sur le temps d'arrêts annuel et le coût de la maintenance nous allons l'analyser en terme de coût.

2. Analyse des Coûts

Coût de la maintenance	Coût direct + Coûts indirect
Coût direct	Coût de MO + Coût des câbles + Coût des équipements
Coût indirect	Pertes de production

2.1 Coût direct

Coût de la main d'œuvre :

L'intervention de changement de câble de levage et de drague nécessite le même nombre d'agents :

	Taux horaire
7 mécaniciens	→ 125 DH/h
2 soudeurs	→ 130 DH/h
2 chefs d'équipe	→ 125 DH/h
1 grutier	→ 120 DH/h

Coût MO = ((Temps d'intervention*TH mécanicien * Nb des mécanicien) + (Temps d'intervention *TH soudeur * Nb des soudeurs) + (Temps d'intervention *TH chefs d'équipe * Nb des chefs d'équipe) + (Temps d'intervention*TH grutier* Nb des grutiers))

Coût des câbles :

Coût de câble non plastifié : 499 Dh /mètre

Coût de câble plastifié : 869 Dh/mètre

La longueur du câble de levage est 213 mètres et pour le câble de drague 130 mètres

Calcul de Coût des câbles :

Câbles de Drague :

Coût de pièce de rechange = $(213 * 2 * \text{Coût de câble NP} * \text{fréquence de changement annuel de câble NP}) + (213 * 2 * \text{Coût de câble plastifié} * \text{fréquence de changement annuel de câble P})$

Câbles de Levage :

Coût de pièce de rechange = $(130 * 2 * \text{Coût de câble NP} * \text{fréquence de changement annuel de câble NP}) + (130 * 2 * \text{Coût de câble P} * \text{fréquence de changement annuel de câble P})$

NB : l'atelier dragline et sondeuse a utilisé le câble plastifié juste pour l'année 2015 pour l'essai.

Exemple

Pour l'année 2011 le câble non plastifié est changé 5 fois donc :

Coût de pièce de rechange = $213 * 2 * 499 * 5 = 1\ 062\ 870,00$ Dh

2.2 Coût indirect

Le coût indirect représente les pertes de la production due à l'arrêt de la machine, estimé de 5886 DH/heure

Année	Fréquence de changement de câble de levage	Durée d'intervention par heure	Coût M.O (DH)	Coût de câble (DH)	Coût d'arrêt de la machine	Coût des équipements	Coût Total
<u>2011</u>	6 NP	37,65	56 211	1 062 870	219 842	20 857	1 359 781
<u>2012</u>	6 NP	36,58	55 052	1 062 870	215 309	20 511	1 353 744
<u>2013</u>	6 NP	35,03	52 720	1 062 870	206 186	19 813	1 341 590
<u>2014</u>	6 NP	31,85	47 527	1 062 870	185 879	18 261	1 314 539
<u>2015</u>	4NP + 2P	26,85	40 409	1 378 110	158 039	16 132	1 592 691

Tableau 11 : Les différents coûts d'intervention de changement de câble de levage

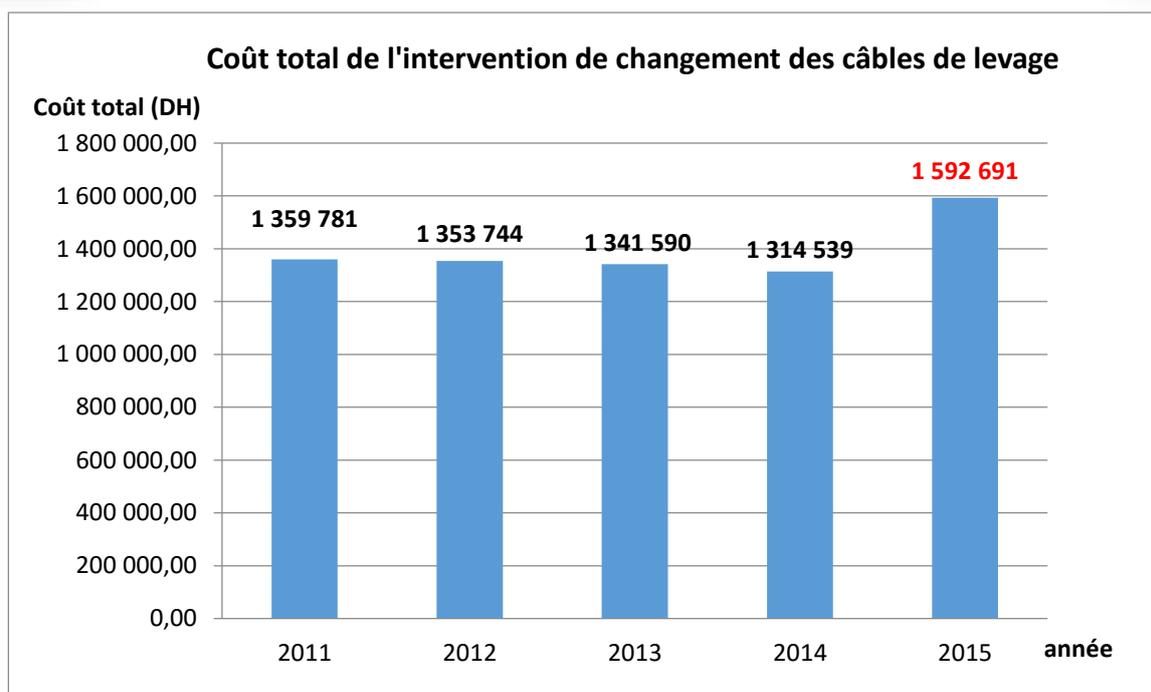


Figure 33: Histogramme du coût total de changement des câbles de levage

Année	Fréquence de changement de câble de drague	Durée d'intervention Par heure	Coût M.O (DH)	Le coût de câble	Coût d'arrêt de la machine	Coût des équipements	Coût Total
<u>2011</u>	5 NP	36,15	54 405	784 428	212 778	21 127	1 072 776
<u>2012</u>	5 NP	34,37	51 726	784 428	202 301	20 326	1 058 817
<u>2013</u>	5 NP	32,17	48 415	784 428	189 352	19 336	1 041 565
<u>2014</u>	5 NP	30,43	45 797	784 428	179 110	18 553	1 027 920
<u>2015</u>	4NP + 2P	27,04	40 695	978 308	159 157	17 028	1 195 216

Tableau 12 : Les différents coûts d'intervention de changement de câble de drague

NP : non-plastifié

P : plastifié

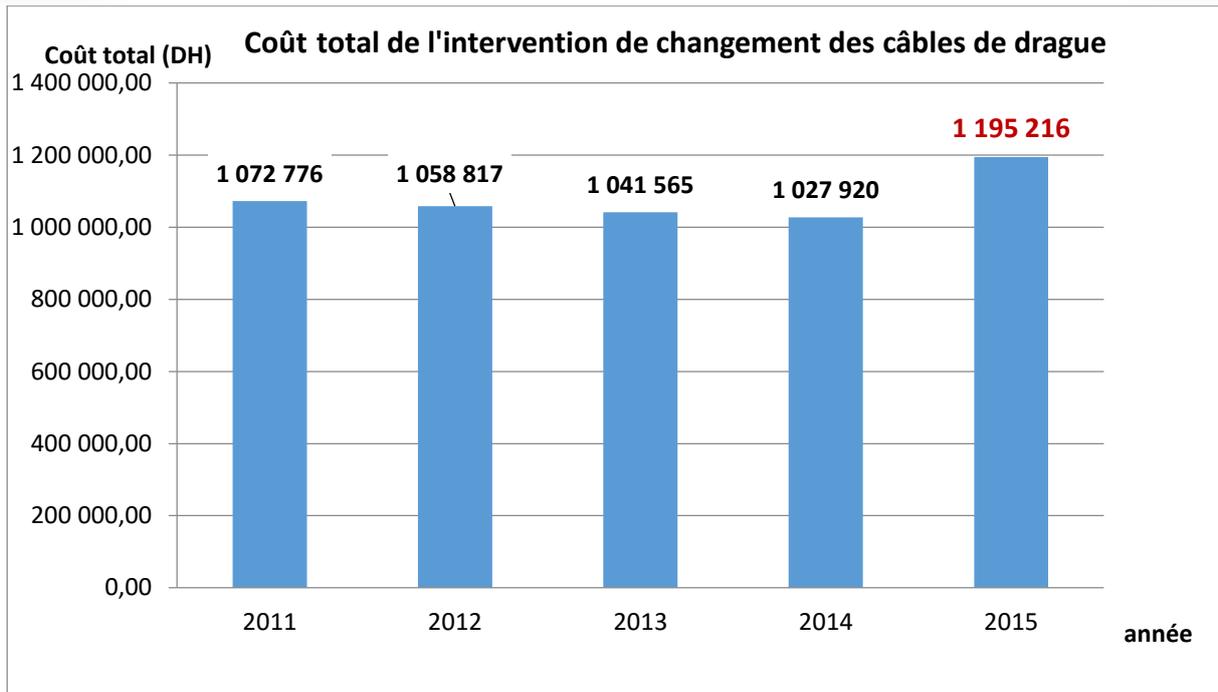


Figure 34: Histogramme du coût total de changement des câbles de drague

Conclusion

D'après les figures ci-dessus nous pouvons constater :

- La diminution du coût d'intervention de changement des câbles métalliques dans la période entre 2011 et 2014
- L'augmentation du coût d'intervention de changement des câbles métallique en 2015

Pour le premier point la diminution de coût total revient de l'amélioration de la durée d'intervention mais cette diminution n'était pas à la hauteur. C'est pour cela en 2015 le groupe OCP a pensé d'utiliser les câbles plastifiés au lieu des câbles non-plastifié pour améliorer la fréquence de changement des câbles métalliques et au même temps diminuer le coût annuel d'intervention mais cet investissement a donné des résultats contre-productifs, la chose qui nous a poussé à étudier les systèmes de levage et de drague pour savoir les causes de la faible performance des câbles.

Chapitre III

Méthode de Résolution des Problèmes

M . R . P



I. Méthode de résolution de problèmes

La méthode de résolution de problèmes est un standard de groupe OCP utilisé dans tous les secteurs de la société, a pour objectif la résolution d'un problème chronique et complexe de manière efficiente en mettant en exergue les causes racines et non pas les symptômes du phénomène avec le moins de ressources et du temps possible, tout en respectant une démarche logique et structurée composée de 7 étapes qui sont :

- Etape 1 : Identification du problème ;
- Etape 2 : comprendre le Fonctionnement normal de système ;
- Etape 3 : Fixation des objectifs;
- Etape 4 : Analyse des causes racines ;
- Etape 5 : Actions et contre-mesures;
- Etape 6 : Vérification des résultats;
- Etape 7 : Verrouillage et Généralisation

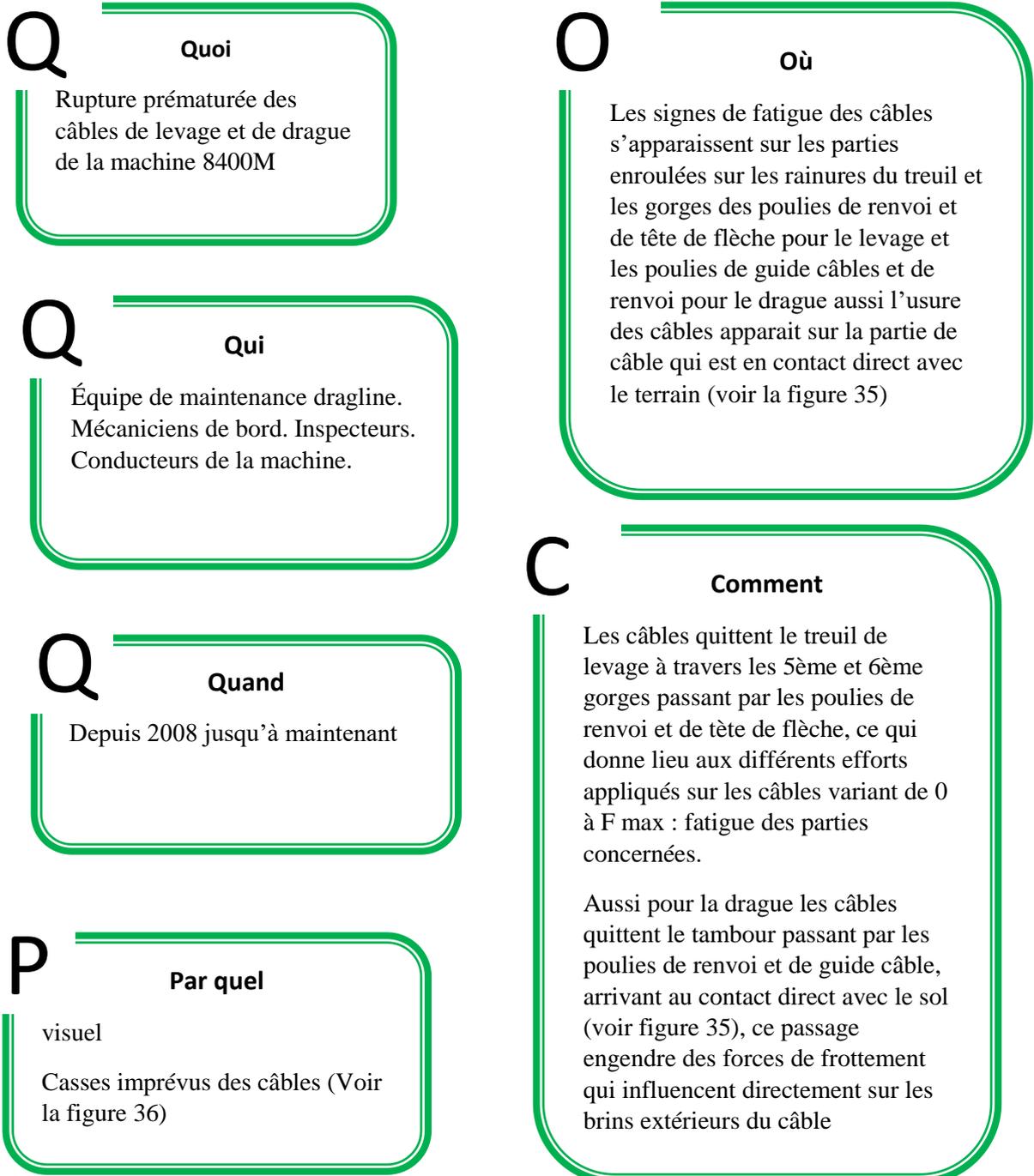
Pour notre étude nous allons nous intéressés aux 5 premières étapes puisque les deux dernières étapes ne peuvent être entamées que seulement si les solutions sont mises en œuvre.

II. Etape1 : identification du problème

1. La méthode QOOQCP

Pour bien clarifier le problème nous avons utilisé la méthode QOOQCP qui est considérée parmi les meilleures méthodes de ce type.

Elle permet d'avoir sur toutes les dimensions du problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels, et adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnement systématique.



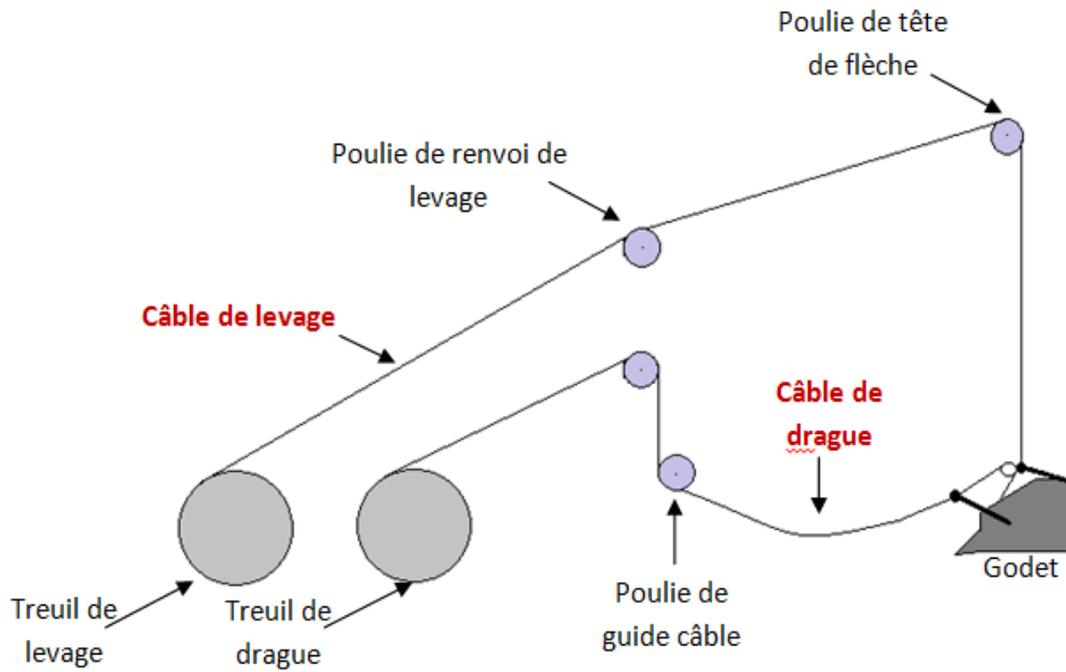


Figure 35: Chemins de câble de levage et de drague



Figure 36: Différents types de casse des brins



2. Analyse des risques

Avant d'aborder l'analyse de problème il est primordial d'identifier et analyser les risques liés à ce problème.

La casse des câbles de drague ou de levage peuvent provoquer des dégâts matériels et humains estimés très dangereux :

Humains :

A cette éventualité la machine perdrait sa stabilité et pourrait mettre en danger la vie de toutes les personnes à l'intérieur et à l'extérieur de la machine existant sur un rayon de 50m.

Matériels :

- Projection des câbles à l'intérieur de la machine, ce qui peut causer l'endommagement des composants de la machine (Moteur, réducteur...)
- Chute libre du godet
- Fort balancement de la flèche
- Casse des haubans

Pour les risques liés aux interventions de ces câbles l'OCP a développé un standard d'analyse des risques liés au poste de travail (ADRPT)

Dans le cadre de l'objectif « Zéro incident », ce standard “**ADRPT**” permet de définir la méthodologie à suivre afin de maîtriser les risques liés aux postes de travail, à travers leurs identification, leur évaluation et leur mitigation. Il constitue une donnée d'entrée pour l'établissement et/ou la mise à jour des instructions de travail et des modes opératoires.

Pour notre cas nous allons étudier les risques liés à l'opération de changement de câble de drague et de levage (voir l'annexe2).

III. Etape2 : Comprendre le fonctionnement normal du système

1. Principe de fonctionnement

La Machine 8400M assure sa fonction par le biais d'un godet qui est entraîné par deux paires de câbles pour assurer les mouvements de Levage et de Drague.

Système de levage

Dans les draglines, les câbles de levage sont utilisés pour manœuvrer le godet pendant le processus d'excavation et de remplissage et d'aider à soulever le godet du point d'excavation au point de bascule.

Suite au mouvement de rotation de treuil de levage, les câbles s'enroulent ou se déroulent sur les gorges de tambour, en passant par les poulies de renvoi et les poulies de tête de flèche pour assurer le levage et la descente de godet.

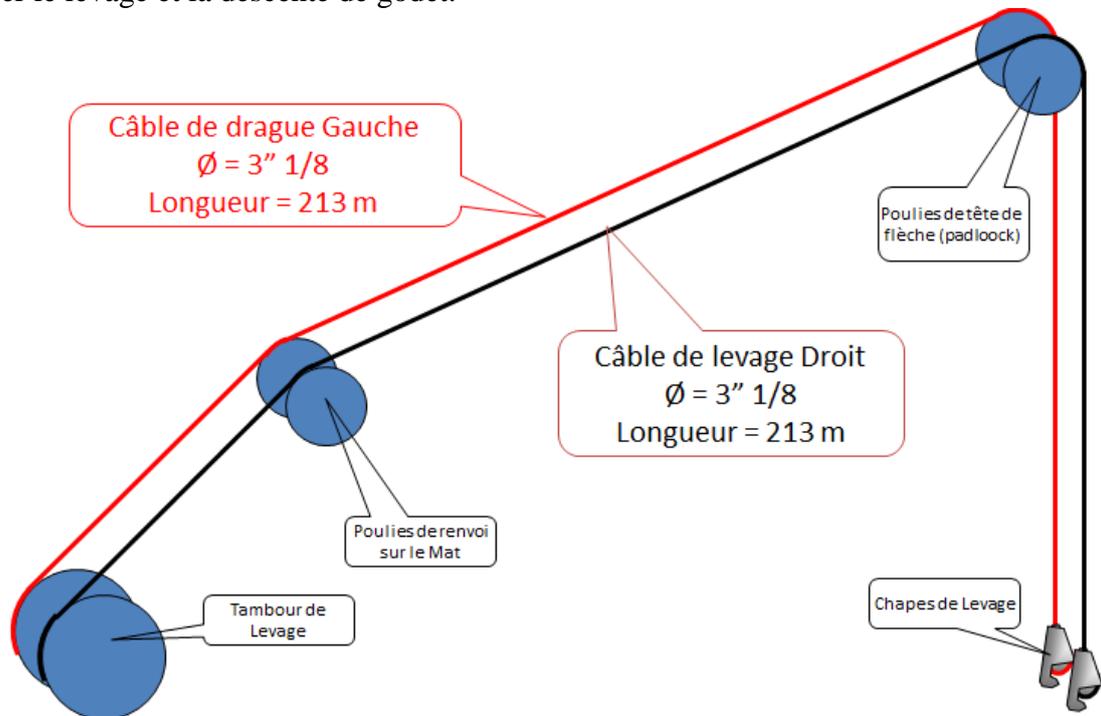


Figure 37: Schéma simplifié de système de levage

Système de drague

Les câbles de drague fonctionnent conjointement avec les câbles de levage pour remplir le godet pendant l'opération d'excavation.

Suite au mouvement de rotation de treuil de drague, les câbles s'enroulent ou se déroulent sur les gorges de tambour, en passant par les poulies de renvoi et les poulies des guides câbles pour assurer le remplissage de godet.

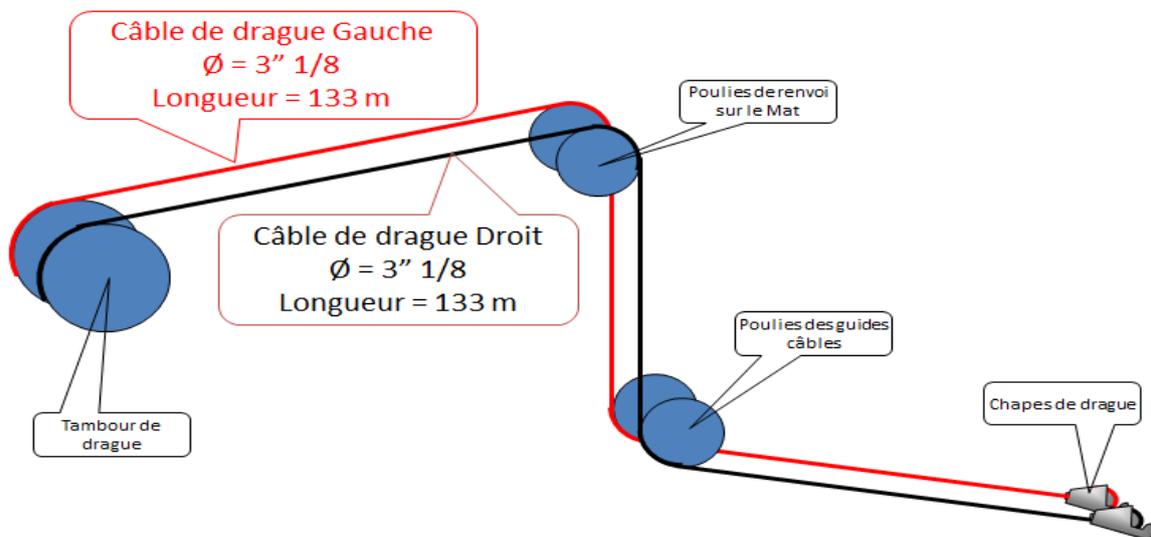


Figure 38: Schéma simplifié de système de drague

2. Composants et fonctionnement

Pour mieux comprendre le fonctionnement des composants de système de levage et de dragage nous avons tracé le tableau suivant qui représente la fonction de chaque composant et le mode de défaillance approprié et leurs effets.

Composants	Fonction	Mode de défaillance	Conséquences
Câble métallique 	Levage et dragage du godet	-usure des brins -casse des brins -abrasion des brins extérieure -corrosion -fatigue	-rupture de câble
Tambour 	Enroulement et déroulement des câbles	-usure des gorges -faux rond -arrêtes saillante des gorges	-usure prématurée de câbles
Serres câbles de fixation 	Fixation des câbles sur le tambour	-usure des filetages -endommagement des filetages	-risque de défixation des câbles -durée de serrage et desserrage est longue
Poulies de renvoi 	Guidage et renvoi des câbles	-gorge trop étroite -gorge trop large -usure de gorge	-déformation et usure de câble -aplanissement du câble -usure prématurée de câbles

<p>Poulies de tête de flèche</p> 	<p>Guidage et renvoi des câbles de levage</p>	<p>-gorge trop étroite -gorge trop large -usure de gorge</p>	<p>-déformation et usure de câble -aplanissement du câble</p>
<p>Poulies de guide câble</p> 	<p>Guidage et renvoi des câbles de drague</p>	<p>-gorge trop étroite -gorge trop large -usure de gorge</p>	<p>-déformation et usure de câble -aplanissement du câble</p>
<p>Chapes</p> 	<p>Liaison entre câbles et chaînes de godet</p>	<p>-usure des chapes et des cœurs - apparition des angles vifs</p>	<p>-Risque de déformation de câble - Brins cassé</p>

Tableau 13: Composants de système de levage et de drague et leurs modes de défaillance

3. Paramètres de fonctionnement

Après avoir compris le fonctionnement de chaque composant, nous allons comparer l'état toléré des composants qui assure le bon fonctionnement du système avec leur état actuel afin de déterminer les composants critiques.

Systeme de levage

N	Désignation	États tolérés	États actuels	Evaluation
1 2	Câble de levage droit Câble de levage gauche	Suivant la fiche de câbles (Voir l'annexe 3)	Analyse au laboratoire OCP (Voir l'annexe 3)	✓
3	Tambour de levage	- gorges non usées - pas de faux rond - arrêtes des gorges normales	-gorges trop usées -pas de faux rond - arrêtes trop aigues	✗ ✓ ✗
4	Serres câbles de fixation	-filetage en bon état	-bon état	✓
5	Poulies de renvoi	- gorges non usées - pas de faux rond	-gorges non usées - pas de faux rond	✓ ✓
6	Poulies de tête de flèche	- gorges non usées - pas de faux rond	-gorges non usées - pas de faux rond	✓ ✓
7	Chapes de levage	-pas d'usure sur chapes ou cœurs -pas de déformation	-pas d'usure - pas de déformation	✓ ✓

Tableau 14: Paramètres de fonctionnement de système de levage

Systeme de drague

N	Désignation	États tolérés	États actuels	évaluation
1 2	Câble de drague droit Câble de drague gauche	suivant la fiche de câbles	Analyse au laboratoire OCP	✓
3	Tambour de drague	- gorges non usées -pas de faux rond - arrêtes des gorges normales	-gorges non usées -pas de faux rond - arrêtes des gorges normales	✓ ✓ ✓
4	Serres câbles de fixation	- filetage en bon état	-bon état	✓
5	Poulies de renvoi	- gorges non usées - pas de faux rond	-gorges usées - pas de faux rond	✗ ✓
6	Poulies de guide câble	- gorges non usées - pas de faux rond	-gorges non usées - pas de faux rond	✓ ✓
7	Chapes de drague	- pas d'usure sur les chapes ou les cœurs	-déformation des chapes -déformation des cœurs	✗ ✗

Tableau 15: Paramètres de fonctionnement de système de drague

✓ : Oui

✗ : Non

4. Diagramme d'Ishikawa

Nous avons procédé à la méthode des 5M qui nous a donné une idée globale sur tous les facteurs qui peuvent influencer sur notre système.

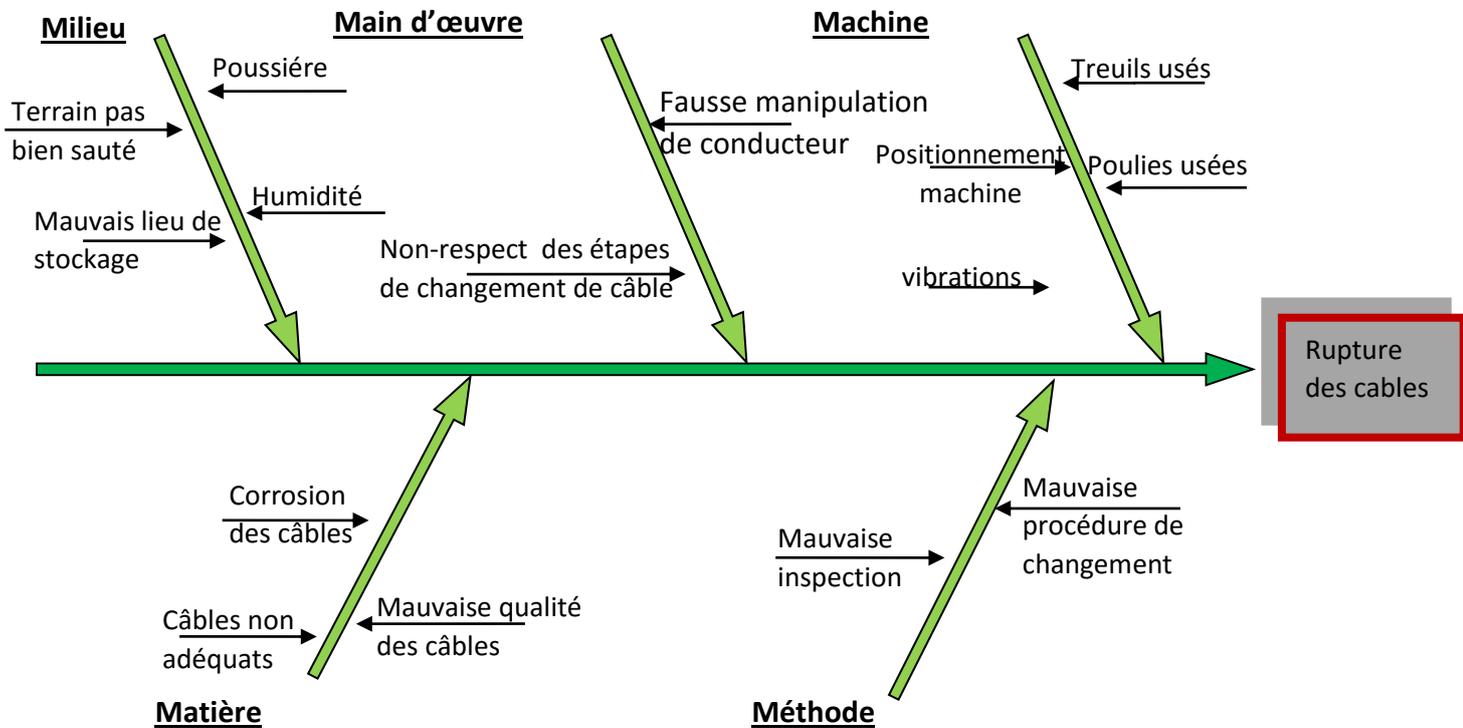


Figure 39: Diagramme 5M du phénomène

Avant de rentrer dans les détails des causes racines provenant de ce diagramme, nous allons fixer les objectifs dans l'étape suivante pour passer aux détails des causes, leurs vérifications et les contres mesures.



IV. Etape 3 : fixation des objectifs

D'après l'analyse des historiques des arrêts de la 8400M et les historiques des heures de marche des câbles de levage et de drague nous avons fixé comme objectifs :

- ✓ La diminution de la fréquence d'intervention de changement des câbles de levage de **5 changement /an** à **3 changement/an**.

Pour atteindre cet objectif on doit augmenter les heures de marche des câbles de levage à **2400 heures** de marche.

- ✓ La diminution de la fréquence d'intervention de changement des câbles de drague de **6 changement /an** à **4 changement/an**

Pour atteindre cet objectif on doit augmenter les heures de marche des câbles de drague à **1700 heures** de marche.

V. Etape 4 : analyse des causes racines

Après l'analyse du fonctionnement de chaque composant pour les systèmes de drague et de levage dans la deuxième étape, nous allons nous intéresser dans la quatrième étape à étudier les causes qui influencent directement sur la performance des câbles.

1. La méthode des 5 Pourquoi

Nous sommes basés sur la méthode des 5 pourquoi pour bien clarifier les causes racines de problème, Il s'agit de poser la question pertinente commençant par un pourquoi afin de trouver la source.

1.1 Système de levage

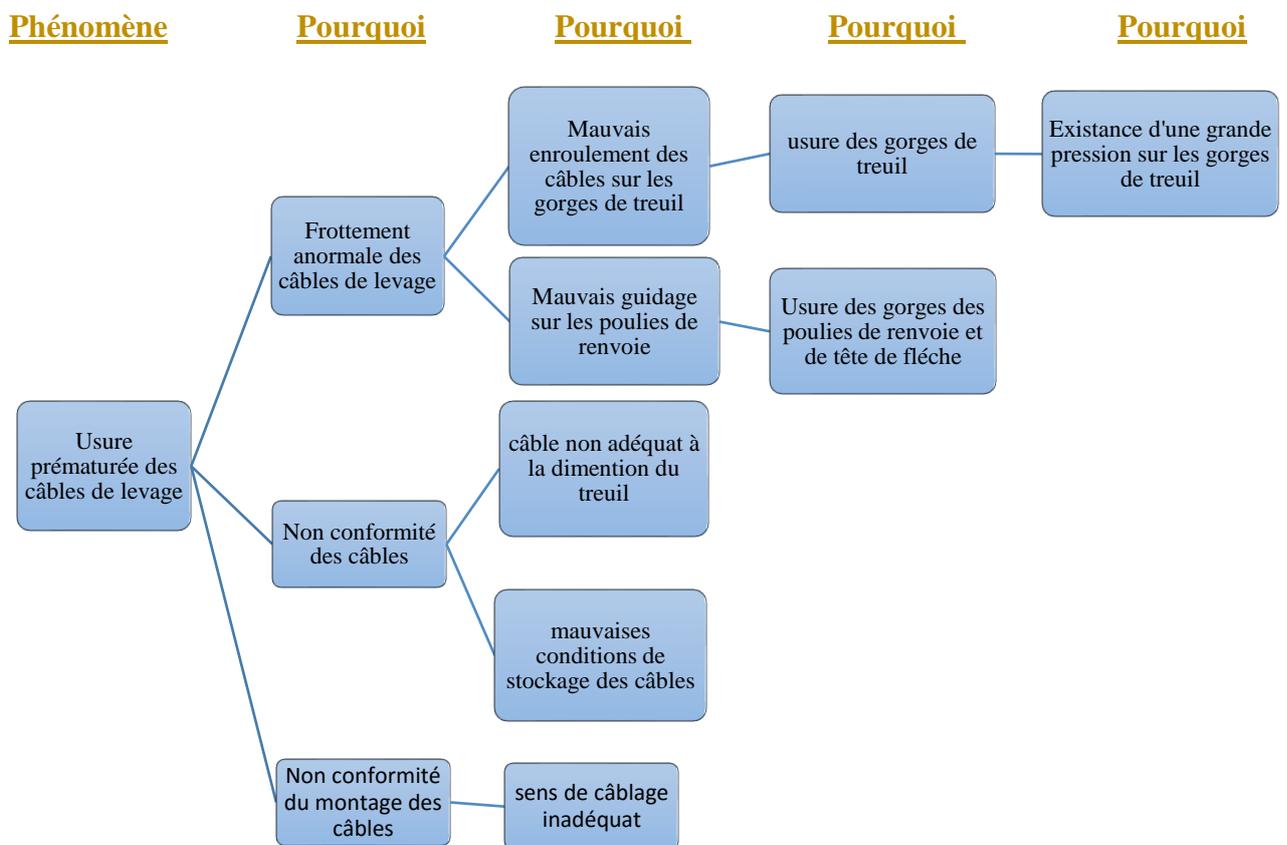


Figure 40 : La méthode des 5 pourquoi pour le câble de levage

1.2 Système de drague

Phénomène

Pourquoi

Pourquoi

Pourquoi

Pourquoi

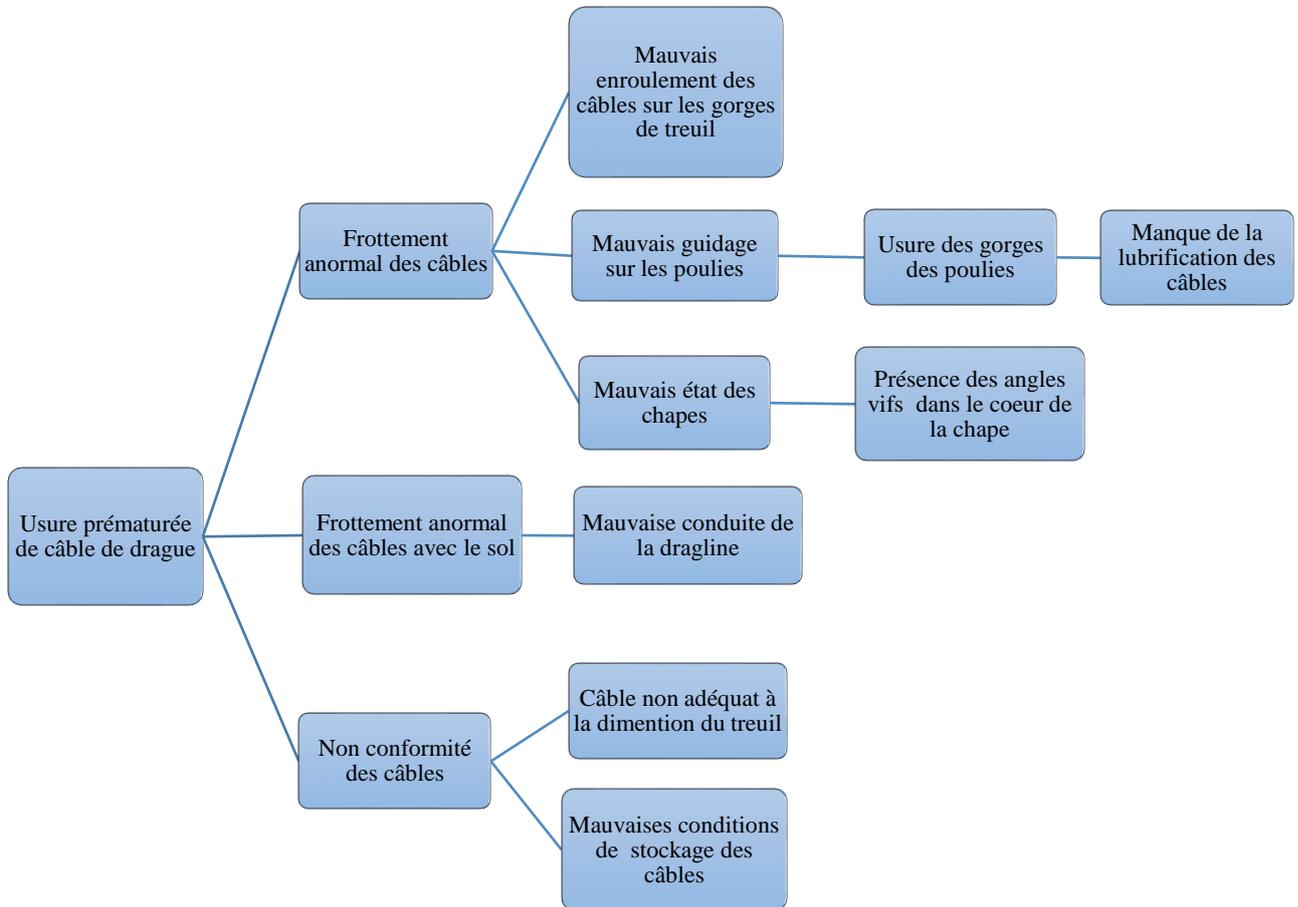


Figure 41: La méthode des 5 pourquoi pour le câble de drague

2. Conclusion

Après la construction des 5 pourquoi nous pouvons conclure que les causes principales de l'usure prématurée des câbles sont :

- **Système de levage :**
 - Usure des gorges de treuil
 - Sens de câblage inadéquat
 - Mauvaises conditions de stockage des câbles
- **Système de drague :**
 - Manque de la lubrification de câble
 - Présence des angles vifs dans les chapes
 - Mauvaise conduite de la dragline
 - Mauvaises conditions de stockage des câbles

3. Description des causes racines

3.1 Système de levage

a. Treuil de levage

Le mouvement relatif entre le câble et le treuil génère des phénomènes d'usure des chemins d'enroulement des câbles métalliques ce qui rend nécessaire une inspection bien détaillée des spires de tambour, une observation visuelle des gorges nous a montrée l'état de dégradation et d'usure des 5ème et 6ème spires, comme le montré sur les figures 42 et 43.



Figure 42: L'usure sur les gorges de treuil



Figure 43: Arrêtes mince de treuil

Pour savoir l'impact de l'usure des gorges sur la durée de vie de câble nous allons étudier la géométrie de treuil.

Géométrie normalisée de treuil

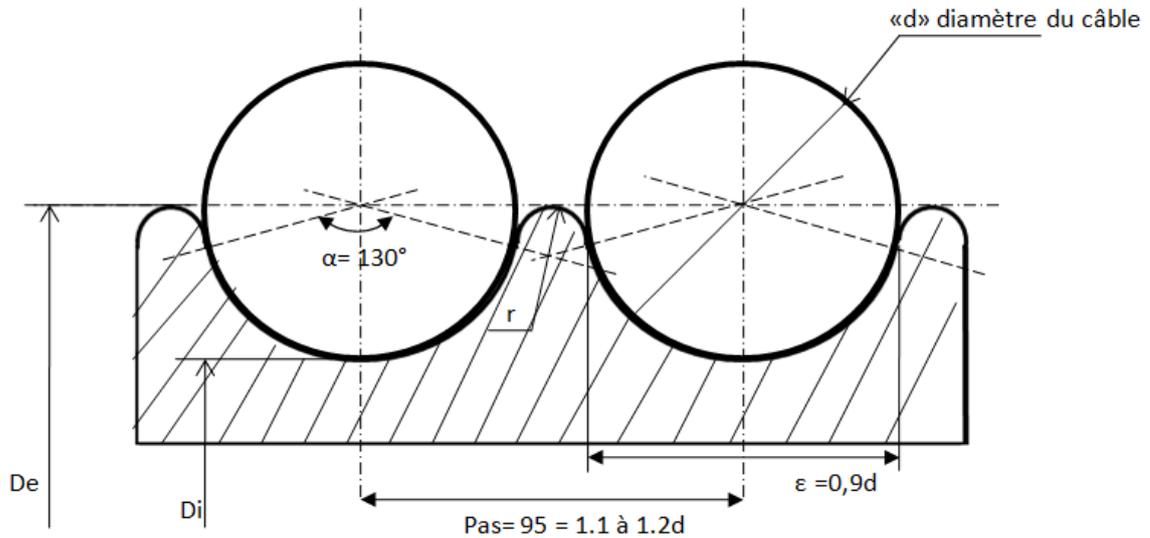


Figure 44: coupe transversale de treuil et câble

Les dimensions normales du treuil de levage :

d (mm)	De (mm)	Di (mm)	Pas de spire (mm)	Nombre de spires	Rayon r (mm)
79.38	2800	2743.6	95	12×2	15.8

Tableau 16: Géométrie normalisée de treuil

L'expression de la pression entre câble et treuil est définie par : $P \text{ (N/mm}^2\text{)} = \frac{2T}{Di \times \epsilon}$ (*)

Ou T = Tension dans le câble en Newton(N)

Di = Diamètre d'enroulement du câble (diamètre du fond de la gorge du treuil)

ϵ = la projection de l'arc intercepté par l'angle α sur le plan horizontal en mm

$\epsilon = d \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = d \cdot \sin 65^\circ$ avec d = diamètre du câble

Si l'un des paramètres : Di, α ou ϵ diminue, la pression augmente considérablement et par conséquent les fils extérieurs constituant le câble subissent des contraintes localisées qui dépassent les limites admissibles du matériau du câble et du treuil, ce qui entraîne la détérioration des câbles.

En effet, l'angle, les rayons de courbure des gorges, le pas, le diamètre Di et l'effort de traction T dans le câble ont une grande influence sur la vitesse de dégradation des câbles et sur leur durée de vie.

(*) : *Hoisting ropes for drum winders--The mechanics of degradation, Mining Technology, pp 213-219*

Pour les mesures qu'on a effectué sur le tambour on a trouvé que :

9^{ème} spire : largeur = 82 mm profondeur = 28.50 mm

6^{ème} spire : largeur = 84.5 mm profondeur = 34.00 mm

5^{ème} spire : largeur = 85 mm profondeur = 34.00 mm

Nous avons observé que la profondeur de 5^{ème} et 6^{ème} spire plus grande que les autres gorges de treuil ce qui donne une diminution de D_i , et par conséquent l'augmentation de la pression entre le câble et le treuil.

Nous avons remarqué aussi que les arrêtes des gorges sont devenues très mince la chose qui dégrade de façon intensive les brins qui entre en contact direct avec ces arrêtes.

b. Stockage des câbles

Après une visite au magasin des pièces de rechanges nous avons observés que les câbles sont stockés en plein air, posés directement sur le sol sous l'influence de la température, l'humidité et la pluie.

Cette manière de stockage des câbles actuelles présente un grand risque sur la qualité des câbles, car avec ces condition climatique les câbles peuvent connus des transformations de la matière, donc la diminution des heures de marches des câbles avant même qu'ils soient monter sur la machine, alors une amélioration nécessaire se présente à ce stade-là.



Figure 45: Dépôt des câbles de levage

3.2 Système de drague

a. Les poulies

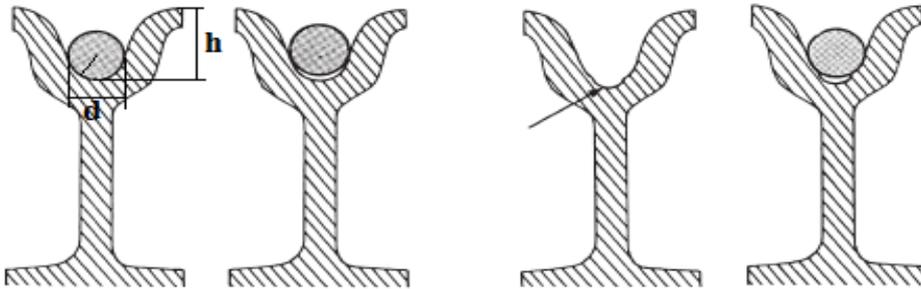


Figure 46: Différents états des gorges

Parmi les causes de la diminution de la durée de vie des câbles de drague il y a les poulies, qui jouent un rôle très important au niveau de guidage ou dans le renvoi de câble, donc le contrôle continue de l'état des poulies est incontournable au niveau de la dragline.

La chose la plus importante à contrôler dans les poulies c'est l'usure de gorge. La gorge de la poulie se caractérise par sa profondeur et son diamètre par rapport au diamètre de câble. Voir la figure c'est dessus.

Pour notre cas nous avons deux types des poulies, les poulies de renvoi et les poulies de guide câble.



Figure 47: Usure de la poulie de renvoi

Pour la poulie de renvoi (figure 47) l'usure de la gorge est très claire dans la poulie, les lignes jaunes représentent l'angle de contact original et les lignes rouges représentent l'angle de contact actuel. Cette différence entre ces deux angles due au manque de la lubrification des câbles.



Figure 48: Poulie de guide câble

Pour la poulie de guide câble la force exercée par le câble sur la gorge est moins que la poulie de renvoi mais la lubrification est très importante pour augmenter la durée de vie de la poulie et du câble.

Pour savoir l'impact de l'usure des gorges sur la durée de vie de câble nous allons fait une étude sur la géométrie des poulies.

Les valeurs recommandées

Les valeurs recommandées pour les poulies selon le constructeur sont les suivantes :

Rayon des gorges :

Minimum de 0.53 à 0.535 x d \longrightarrow 42.07 mm à 42.46 mm

Maximum 0.55 x d \longrightarrow 43.66 mm

Profondeur des gorges :

Recommandé : 1.5 x d \longrightarrow 119.07 mm

Les valeurs mesurées

Poulies de renvoi		Poulies de guide câble	
Rayon (mm)	Profondeur (mm)	Rayon (mm)	Profondeur (mm)
40.50	130.00	44.00	120.05

Tableau 17: état actuel des gorges des poulies de renvoi et de guide câble

L'expression de la pression entre le câble et la poulie est définie par : $P \text{ (N/mm}^2\text{)} = \frac{2T}{D \times \varepsilon}$

Ou' T = Tension dans le câble en Newton (N)

D = Diamètre d'enroulement du câble (diamètre intérieur de la poulie)

ε = la projection de l'arc intercepté par l'angle α sur le plan horizontal en mm

$\varepsilon = d \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = d \cdot \sin 65^\circ$ avec d = diamètre du câble

D'après les mesures que nous avons fait nous avons constaté que les profondeurs des gorges des poulies sont augmentées la chose qui diminue le diamètre intérieur de la poulie et l'angle de contact entre le câble et la gorge et par conséquent l'augmentation de la pression entre le câble et la poulie.

b. Les chapes



Figure 49: Cœur usé de la chape de draque

Le problème que nous avons remarqué au niveau de la chape c'est la présence des angles vifs à l'extrémité de cœur qui casse les brins extérieure entrant en contact direct avec elles.

La méthode d'extraction de cœur qui consiste a frappée l'extrémité de cœur pour libérer le câble est la cause principale de la déformation de la chape.

Avec un grand marteau ou par une bielle en acier suspendu par une grue les mécaniciens essayent de frapper le cœur jusqu'à libéré le câble de la chape.



Figure 50: Procédé d'extraction des cœurs actuel

VI. Etape 5 : Actions et contre-mesures

Quelle sont les contres mesures pour traiter les causes qui sont à l'origine du problème ?
Après l'analyse des causes racines qui influence directement sur la performance des câbles on va s'intéressé dans cette étape à établir les solutions.

1. Tambours de levage

Solution 1

D'après l'étape 4 la cause principale de dégradation des câbles de levage est l'usure au niveau des spires de tambour.



Figure 51: treuil neuf

La première solution est l'acquisition de treuil neuf pour remplacement de celle actuellement en service. Pour cela, nous avons adressé des demandes de prix aux différents constructeurs des machines et fournisseurs de la pièce de rechange, le prix reçu est de l'ordre de 5,2 millions de dirhams avec un temps d'arrêt de 20 jours.

Solution 2



Figure 52: Réparation des treuils

La deuxième solution consiste à recharger et usiner les gorges de treuil sur machine en exploitant leur mouvement de rotation, cette solution est déjà réalisée par les moyennes de l'atelier mais n'a pas connus un succès, c'est pour ça nous avons contacté des entreprises spécialisées dans ce domaine pour effectuer cette opération.

Les entreprises qui nous ont répondu :

SOMEXAP de Kenitra

ACMD de Mohammedia

DANTON MECANIQUE de Casablanca

Le coût proposé par les 3 entreprises est de l'ordre de 364 000 DH avec un délai de 10 jours

Solution 3 :

Consiste à démonter le treuil et l'envoyer à l'extérieur pour la réparation. Les mêmes sociétés citées précédemment nous ont données des informations sur le coût et le délai de réparation.

Le coût est de l'ordre de 310 000 DH avec un délai de 35 jours.

Choix de la solution optimale :

On arrive maintenant à l'état comparatif des trois solutions.

Le tableau ci-dessous (tableau 18) nous permet de décider sur la solution la plus économique.

Scenario 1 (Achat de treuil)		Scenario 2 (Sous-traitance à l'intérieure)		Scénario 3 (Sous-traitance à l'extérieure)	
Cout(MDH)	Temps d'arrêt (j)	Cout (DH)	Temps d'arrêt (j)	Cout (DH)	Temps d'arrêt (j)
5.2	20	364 000	10	310 000	35

Tableau 18: Scenarios possibles pour le treuil

Pour bien clarifier la meilleure solution on va traduire le temps d'arrêt de la 8400M par dhs :

Une heure d'arrêt \longrightarrow 5886 DH/h

Solution 1 :

$$20 \times 24 \times 5886 + 5\,200\,000 = 8\,025\,280 \text{ DH}$$

Solution 2 :

$$10 \times 24 \times 5886 + 364\,000 = 1\,776\,640 \text{ DH}$$

Solution 3 :

$$35 \times 24 \times 5886 + 310\,000 = 5\,254\,240 \text{ DH}$$

La solution la plus économique est la solution N° 2. Nous avons développé avec les agents de l'atelier un plan d'action pour réaliser cette solution

N°	Descriptif des activités	Coût	Travail			Arrêts des installations	
			durée	qui	date	Durée	Date
1	Dépose des câbles de levage	364 000 DH	2 JOURS	Equipe maintenance de la machine Service 337	A planifiée	10 JOURS	A planifiée
2	Nettoyage du treuil						
3	Protection de tous les organes de la machine						
4	Installation des outils de réparation		6 JOURS	L'entreprise sous-traitée			
5	Travaux de réparation du treuil						
6	Désinstallation des outils						
7	Nettoyage de la machine		2 JOURS	Equipe maintenance de la machine Service 337			
8	Montage des câbles						
9	Essai						

Tableau 19: Plan d'action pour la réalisation de la deuxième solution

2. Stockage des câbles

La norme 4309 3.1.2 Déchargement et stockage

« Pour éviter tout accident, les câbles doivent être déchargés avec soin. Les tourets ou bobines de câbles ne doivent pas chuter sur le sol. Les câbles ne doivent pas être mis en contact avec un crochet métallique ou une fourche d'un chariot élévateur.

Les câbles doivent être stockés dans un bâtiment frais et sec sans être posés sur le sol. Les câbles ne doivent jamais être stockés dans des lieux où ils risquent d'être en contact avec des émanations chimiques, de la vapeur ou autres agents corrosifs. Les câbles entreposés doivent faire l'objet d'un examen périodique et si nécessaire un traitement doit être appliqué. Lorsque les câbles doivent être stockés à l'extérieur, il convient de les couvrir pour éviter toute humidité susceptible de déclencher de la corrosion. »

D'après la visite que nous avons effectuée à la zone de stockage des câbles nous avons observé que le service magasin ne respecte pas les conditions de stockage recommandées par la norme des câbles 4309, telles que le stockage des câbles dans un bâtiment ou un abri et le recouvrement des câbles lors de la préparation à l'atelier pour qui ils soient montés sur la machine.

Donc une construction d'un bâtiment de stockage est une solution primordiale pour garder les câbles en bon état.



Figure 53 : Bâtiment de stockage

3. Sens de câblage

Le type de câblage utilisé dans les câbles de la 8400M est le Câblage Lang ce type de câblage dans lequel le sens de toronnage des fils dans les torons extérieurs est le même que celui du toronnage du câblage des torons extérieurs, l'avantage de ce type de câble est plus résistant à la fatigue et l'abrasion s'il est monté dans le bon sens, donc il faut toujours s'assurer d'utiliser le sens de câblage adapté au tambour.



Figure 54: Câblage lang

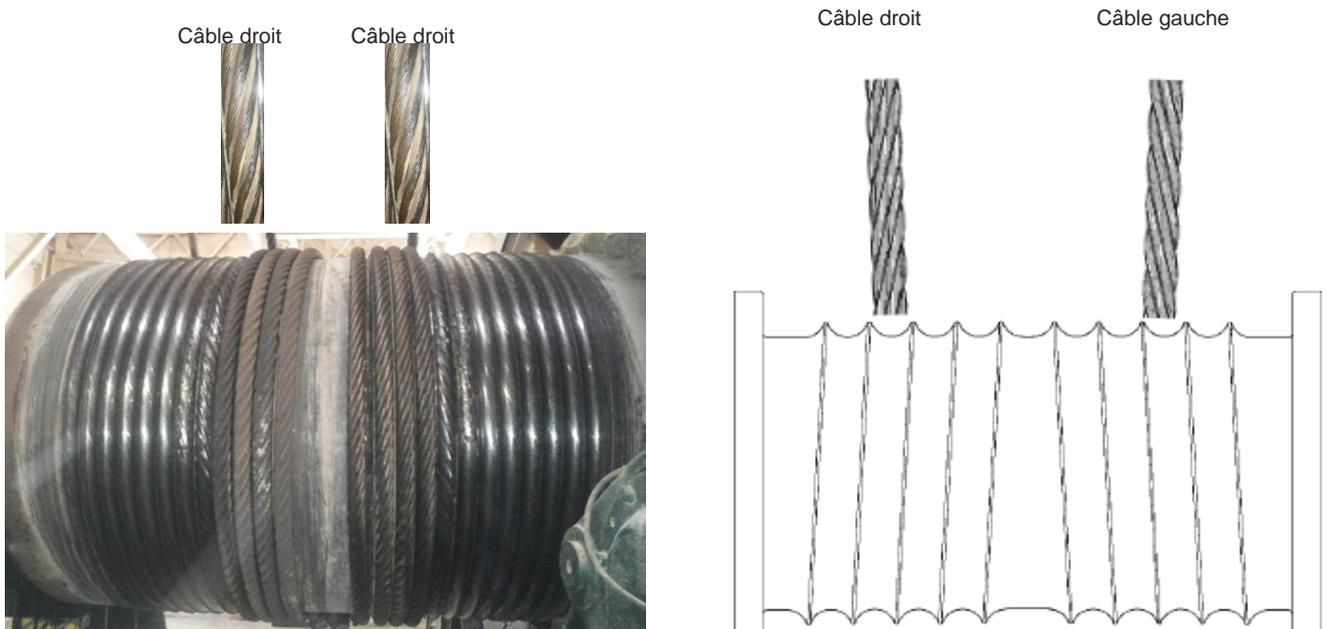


Figure 55: câblage actuel des câbles

Figure 56: câblage recommandé

Il faut demander au fournisseur de livrer les câbles de type Lang à droit et Lang à gauche.

Si le câble est identifié "Lang à Droite" les fils de chaque toron seront enroulés vers la droite. Inversement, si le câble est identifié "Lang à Gauche", les fils de chaque toron seront aussi enroulés vers la gauche.



Câble long à droite



Câble long à gauche

D'une autre part l'apparition d'un petit nombre des brins cassés dans le câble sans être coupé, peuvent diminuer la durée de vie de câble de façon intensive car lorsque cette partie du câble passe par les gorges des poulies ou de treuil les brins cassés seront pressés sur les autres brins qui peuvent conduire à l'abrasion des brins intacts (figure 57).



Figure 57: L'influence du brin cassé sur les autres brins

Ces brins cassés non coupés peuvent aussi dégrader les gorges de treuil comme montre la (figure 58), Donc la solution pour ce problème consiste à couper ces brins par un ciseau ou un autre outil à chaque inspection des câbles.

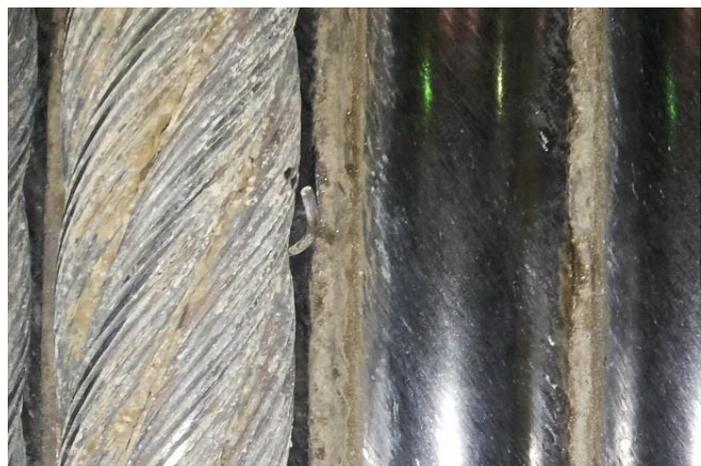


Figure 58 : La casse des brins apparait proche de la chape

4. Poulies

Solution

Pour les poulies de renvoie nous avons constaté qu'il y a de l'usure au niveau des gorges des poulies et par conséquent l'endommagement et la réduction de la durée de vie des câbles.

Pour résoudre ce problème nous avons proposé deux solutions :

- La première solution consiste à réparer les deux poulies par une société spécialisée.
- La deuxième solution est l'acquisition de deux poulies neuves.

Comparaison des deux solutions

Acquisition des deux poulies		Réparation des deux poulies	
Prix unitaire (DHs)	Temps d'arrêt	Prix unitaire (DHs)	Temps d'arrêt
221 355	2 JOURS	75 000	20 JOURS

Tableau 20: Comparaison des deux solutions

Pour bien clarifier la meilleure solution on va traduire le temps d'arrêt de la 8400M par dhs :

Une heure d'arrêt \longrightarrow 5886 DH

La solution 1 :

$$2 \times 24 \times 5886 + 2 \times 221\,353 = 725\,234 \text{ DH}$$

Solution 2 :

$$20 \times 24 \times 5886 + 2 \times 75\,000 = 2\,975\,280 \text{ DH}$$

Donc d'après les résultats obtenus nous pouvons conclure que la première solution qui consiste à acquérir deux nouvelles poulies est la moins coûteuse notamment que nous n'avons pas la possibilité de les réparer sur place, donc il est nécessaire de réaliser un cahier des charges pour lancer un marché le plus tôt possible.

5. Les chapes

Dévrillage

Le dévrillage est l'opération qui consiste à couper la partie de câble serré dans la chape et le montage d'une nouvelle partie du câble.

Le dévrillage de câble a pour objectif la distribution de la pression exercée sur le câble par la chape sur une grande partie de câble et d'éviter la rupture prématurée de câble.

Le dévrillage doit être à chaque 20% de la durée de vie restante de câble.

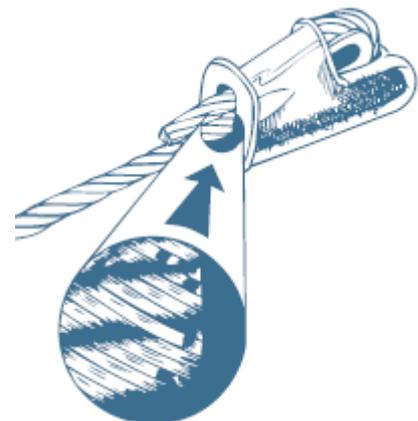


Figure 59: la casse des brins apparaît proche de la chape

En terme de sécurité lors de notre suivi de l'intervention de changement des câbles nous avons remarqué que la méthode suivie pour l'extraction de cœur de la chape est très pénible et risqué, et nécessite au moins 4 mécaniciens pour la faire,

D'après les recherches que nous avons faites pour améliorer cette méthode nous avons trouvé des sociétés qui travaillent dans le domaine de minerai utilisent un autre type de chapes qui utilise un vérin hydraulique pour extraire le cœur (figure ci-dessous),



Figure 60: Nouvelle méthode d'extraction de cœur de la chape

Les avantages de cette méthode sont la diminution :

- Du temps d'intervention
- Des risques liés à cette intervention
- Du nombre des mécaniciens chargés pour faire cette intervention

6. Conduite de la machine

La manière de draguer est très importante pour garder les câbles en bon état. On peut dire que le conducteur est le responsable dans ce niveau. Si par exemple le conducteur dépasse certaine limite de vitesse ou continue à décaper malgré il sent que le godet est fixé par le sol à cause de mauvais sautage, il peut y avoir une cassure brusque de câble de drague (dans la période de stage le câble de drague a cassé 3 fois de cette manière), la chose qui présente un grand risque sur les personnels et les organes de la machine.

En terme de sécurité nous avons conçu une porte de treuil pour protéger les composants et les personnels à l'intérieur de la machine (figure 61)

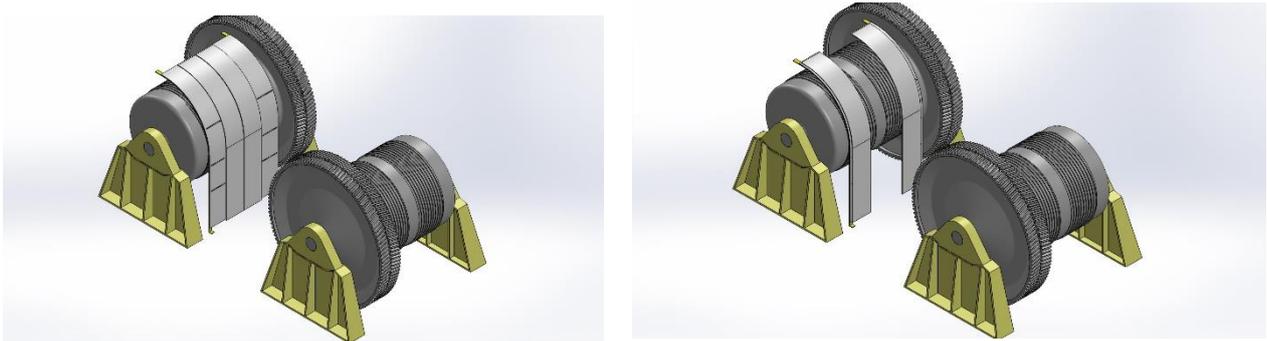


Figure 61: Porte de sécurité

Règles de constructeur pour conduire la dragline :

- Il faut placer le godet d'une façon alignée avec le pad-lock pour diminuer le poids exercé sur le câble de levage et de drague
- Il ne faut pas dépasser la longueur de deux godets lors de dragage.
- Ne pas lancer le godet, même si l'on n'obtient pas un remplissage complet dès le début du travail ; le lancer peut provoquer des déformations ou des ruptures de l'arche.
- Relever le godet aussitôt qu'il est rempli.
- Excaver plutôt en couche minces et uniformes qu'en sillon profonds.
- Eviter de laisser traîner le câble de dragage ou de lui faire couper le talus.

La figure suivante représente l'emplacement optimal de godet par rapport au pad-lock :

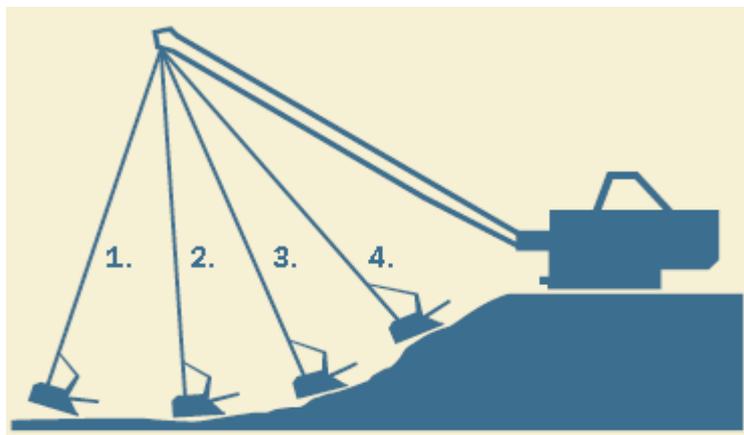


Figure 62: Position de godet par rapport au pad-lock

- 1- Position qui exerce une contrainte excessive et charge inégale sur le câble
- 2- Représente la meilleure position d'extraction : nécessite 3,5% plus de puissance que nécessaire pour soulever la même charge verticalement.
- 3- Bonne position d'extraction : nécessite 15 % plus de puissance que nécessaire.
- 4- Mauvaise position d'extraction : nécessite 42 % plus de puissance que nécessaire.

7. La lubrification

D'après les visites que nous avons effectuées à la 8400M nous avons remarqué que les câbles de drague ne sont pas lubrifiés la chose qui peut influencer sur la durée de vie de câble.

La lubrification permet de diminuer le frottement entre le câble, les poulies et le tambour afin de faciliter le glissement ou le roulement entre elles ainsi que d'éviter ou de minimiser l'usure et les échauffements.

Le problème du manque de la lubrification des câbles est justifié par les opérateurs que les câbles de drague lorsqu'ils frottent sur le sol il collecte de la poussière et il la transfère dans la machine donc il influence sur la propreté de la machine, la chose que nous avons mis en considération dans le choix d'un système de lubrification qui joue son rôle principal de la lubrification et en même temps il empêche la poussière d'entrer dans la machine.

Après quelques recherches dans le marché des systèmes de lubrification nous avons trouvé un système adéquat avec notre situation et répond aux différent exigences OCP.

7.1 Principe de fonctionnement

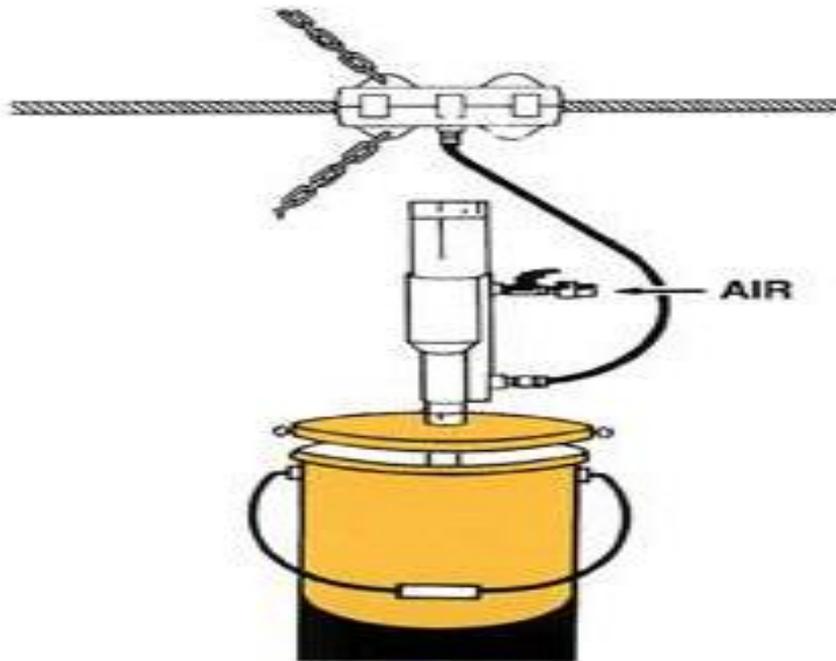


Figure 63: Système simplifié de la lubrification

- La graisse est délivrée au lubrificateur via la pompe à haute pression
- Système d'étanchéité rainuré pour le passage de la graisse sous pression.
- Grattoirs en bout de système pour enlever la poussière, corrosion et les impuretés avant le graissage
- Débit de graisse est ajusté par une vanne de régulation à haute pression à la sortie de la pompe de graissage.

- Tout excès de lubrifiant est collecté par les deux grattoirs



Figure 64: Image du système de lubrification

7.2 Avantages de ce système

- Fiabilité : Amélioration de la durée de vie des câbles avec un graissage sous pression et en continue sur toute la surface des câbles.
- Rapidité : Diminution du temps de graissage des câbles avec un système spécifique
- Sécurité : Amélioration de la sécurité lors de l'intervention de graissage sans contact manuel avec les câbles.

7.3 Emplacement du système sur la machine

Nous avons étudié plusieurs positions pour placer le lubrificateur sur les câbles de drague et nous avons trouvé que l'emplacement de 3 mètre avant les poulies de guide câble est la meilleure position pour nettoyer les câbles avant de passer par les gorges des poulies pour éviter l'usure de ces dernières et pour garder la propreté de la machine .



Figure 65: Emplacement de système de lubrification sur la machine

VII. Résultat des solutions

1. Coût de la réalisation des solutions:

Réparation de treuil de levage	:	364 000 DH
Achat de deux poulies de renvoi de drague	:	440 000 DH
Achat de deux Lubrificateur	:	170 000 DH
Construction d'un abri pour le stockage	:	120 000 DH
Total	:	1 094 000 DH

❖ Coût de main d'œuvre pour le Montage et le démontage des poulies

Le montage et le démontage des deux poulies de renvoi de système de drague nécessite une équipe composée de quatre mécaniciens, un grutier et un chef d'équipe travaillant deux jours sur deux postes c.-à-d. 16 heures de travail par jour

Le calcul de coût de main d'œuvre pour cette intervention est comme le suivant :

$$\text{Coût MO} = (\text{durée d'intervention} * \text{HT grutier}) + (\text{durée d'intervention} * 4 * \text{HT mécanicien}) + (\text{durée d'intervention} * \text{HT chef d'équipe})$$

HT Grutier	120 DH /h
HT mécanicien	125 DH /h
HT Chef d'équipe	125 DH /h

$$\text{Coût de MO} = (2 * 16 * 120) + (2 * 16 * 4 * 125) + (2 * 16 * 125) = 23\ 840 \text{ Dh}$$

❖ Coût de dépose des câbles

La réparation de treuil de levage et le montage des deux nouvelles poulies nécessite d'abord une dépose de câbles de drague et de levage c'est pour ça on va calculer le cout lié à ces interventions.

Pour réaliser cette intervention on a besoin de :

7 mécaniciens	125 DH/h
2 soudeurs	130 DH/h
2 chefs d'équipe	125 DH/h
1 grutier	120 DH/h

Avec une durée de 4,9 h

Coût dépose des câbles = (durée d'intervention* HT grutier) + (durée d'intervention * 7 * HT mécanicien) + (durée d'intervention *2*HT chef d'équipe) + (durée d'intervention *2*HT soudeurs)

$$\begin{aligned}\text{Coût dépose des câbles} &= 2 * (4.9*120) + (4.9*7*125) + (4.9*2*130) + (4.9*2*120) \\ &= 14\,651 \text{ DH}\end{aligned}$$

❖ Coût total de la réalisation des solutions :

$$1\,094\,000 \text{ DH} + 23\,840 \text{ DH} + 14\,651 \text{ DH} = 1\,263\,991 \text{ DH}$$

L'atelier dragline et sondeuses a planifié une révision de la 8400 le mois 9 pour le montage de pad-lock et la peinture de la machine cette révision qui va durer 30 jours sera une meilleure occasion pour réparer le treuil de levage et monter les deux poulies de renvoi de câble de drague

2. Gains escomptés

Nos solutions nous ont apporté deux types de gain :

- ✚ **Un gain majeur non chiffrable** : c'est la sécurité : qui se manifeste dans la diminution de fréquence de changement des câbles qui va diminuer le niveau d'exposition liée à cette intervention.

✚ **Un gain chiffrable :**

	intervention de changement des câbles avant les solutions		intervention de changement des câbles après les solutions	
	levage	drague	levage	drague
Fréquence	5 fois	6 fois	3 fois	4 fois
Coût de câble (DH)	1 378 110	978 308	637 722	522 952
Coût de MO (DH)	40 409	40 695	24 245	27 120
Coût des équipements	16 132	17 028	9 045	11 349
Coût d'arrêt de machine (DH)	158 039	159 157	86 524	106 065
Coût total	1 592 690	1 195 215	755 414	667 486
Total (DH)	2 787 906		1 433 957	
Gain (DH)	1 353 949			

Tableau 21: Résultat des solutions

Conclusion :

Après l'implantation de ces solutions on va bénéficier d'un gain annuel de 1 353 949 DH venu de la diminution de fréquence de changement des câbles qui va diminuer le temps d'intervention annuel et par conséquent la diminution de coût de main d'œuvre, coût des équipements et le coût d'arrêt de machine qui représente la perte de production (tableau 21) .

Conclusion générale

L'étude, qui a été mise en évidence, a traité les points suivants :

Etude critique des machines de service dragline et sondeuse pour identifier les machines les plus importantes dans ce service. Notre étude de classification des équipements a révélé que la machine 8400M est un équipement très critique dont la disponibilité, nous avons analysé les arrêts de la machine sur les cinq dernières années ce qui nous a permis d'identifier que le système de levage et le système de drague sont les plus vénérables de cette machine.

Une analyse globale des systèmes de levage et de drague suivant la méthodologie de résolution de problèmes nous a permis de spécifier les causes de la faible performance des câbles métalliques utilisés. Cette analyse a révélé que le treuil de levage et les poulies de renvoi sont usés et nécessitent une intervention.

Suivant la même méthode nous avons proposé des solutions que nous avons traitées en matière de coûts et de temps pour choisir la meilleure entre elles sans oublier ses influences au niveau sécuritaire.

Finalement nous avons fait un bilan global de l'ensemble des solutions proposées pour les deux systèmes afin de comparer les dépenses et les bénéfices.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Historiques des arrêts de parc matériel de service
- [2] Catalogues PDF de la 8400M
- [3] Le catalogue du dessin industriel de la 8400M
- [4] Report of Investigations 8859: Safer Procedures for Removing Dragline Wire Rope Terminations By G. K. Derby.
- [5] Hoisting ropes for drum winders--The mechanics of degradation, Mining Technology, pp 213-219
- [6] Draglines Wire Rope Reference Guide Wirco WorldGroup Brand
- [7] Asset Management Optimization
- [8] Michael "yankee" Yoakum for explanation of sheave groove wear modes and inspection
- [9] Dayawansa, D.; Kuruppu, M.; Mashiri, F.; and Bartosiewicz, H., "Wear of Dragline Wire Ropes" (2005). Underground Coal Operators' Conference. Paper 120.
- [10] NF ISO 16625: Cranes and hoists — Selection of wire ropes, drums and sheaves
- [11] Viper Wire Rope Lubricator Maxi MKII Data Sheet Jun14
- [12] Vereet, R. The inspection of steel wire ropes ,CASAR technical publication, january 2003
- [13] NF ISO 4309 : Appareils de levage à charge suspendue, Câbles, Entretien, maintenance, installation, examen et dépose.
- [14] standard d'analyse des risques liée au poste de travail (ADRPT)