



# -G.mécanique-

# RAPPORT DE STAGE

Réalisé par :

Encadré par :

Lanait Abderrahim

M.ALAMI YOUNES

Mise à jour dossier machine de la chargeuse 994F et suivi  
des travaux MP

## Sommaire

I.	Présentation de l'entreprise et du contexte du projet .....	5
1.	Introduction .....	5
a.	Historique .....	5
b.	Caractère juridique de l'O.C. P.....	6
c.	Organisation de l'O.C. P .....	6
d.	Les missions de L'O.C. P .....	7
	.....	7
i.	Foration .....	7
ii.	Sautage .....	8
iii.	Décapage .....	8
iv.	Chargement et transport de phosphate .....	9
v.	Epierrage et criblage de phosphates.....	9
e.	Traitement du minerai de phosphate .....	9
i.	Traitement par voie sèche .....	9
ii.	Traitement par voie humide .....	10
f.	Broyage des phosphates.....	11
g.	Transport du phosphate après enrichissement.....	11
h.	La vente .....	12
II.	Présentation de BDM .....	13
1.	Aperçus généraux : .....	13
a.	Inspection : .....	13
i.	Création des Activités d'Inspection: .....	13
ii.	Paramétrage et Simulation: .....	13
iii.	Définition des Paramètres Qualité: .....	14
iv.	Calendrier d'Inspection: .....	14
b.	Préparation : .....	14
i.	Transformation de la DI en OT : .....	14
ii.	Priorisation de l'OT : .....	14
iii.	Estimation et vérification des ressources : .....	14
iv.	Réservation et identification des ressources : .....	14
v.	Transfert des éléments de préparation au planificateur : .....	15
✓	<b>Indicateurs de performance</b> .....	15
✓	<b>Documents et révision</b> .....	15
c.	Planification : .....	15

i.	Analyse de la nature de l'intervention : .....	15
ii.	Établissement des plannings : .....	16
iii.	Communication des plannings aux parties concernées : .....	16
iv.	Évaluation et Reporting de la réalisation des plannings : .....	16
III.	Présentation de la fonction maintenance .....	17
a.	Maintenance de 1er niveau : Maintenance de conduite et d'utilisation .....	17
b.	Maintenance de 2ème niveau : Activités des ateliers décentralisés .....	17
c.	Maintenance de 3ème niveau : Activités des ateliers centralisés .....	17
d.	Ateliers décentralisés de Gantour (Service mécanique) .....	18
1.	Maintenance professionnelle : .....	21
2.	Méthode Probabilité et Conséquence .....	23
a.	Étapes de la Méthode Probabilité et Conséquence .....	23
b.	Application de la Méthode à la Chargeuse 994F1 .....	24
IV.	Etude des chargeuses 994F .....	26
1.	Principe de fonctionnement des chargeuses 994F : .....	26
a.	INTRODUCTION : .....	26
b.	MOTEUR THERMIQUE DIESEL 3516B : .....	28
V.	Analyse et Explication du Système de Maintenance .....	33
1.	Description du Système de Maintenance .....	33
a.	Input : .....	33
b.	Méthodes et Exécution : .....	33
c.	Output : .....	33
2.	Matrice SWOT du Système de Maintenance .....	34
a.	Propositions d'Amélioration .....	35
i.	Optimisation des Processus .....	35
ii.	Adoption de la Maintenance Prédictive .....	35
iii.	Formation Continue .....	35
iv.	Amélioration de la Communication .....	35
v.	Flexibilité et Réactivité .....	36

## Remerciement

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos plus sincères remerciements à l'ingénieur responsable du bureau de méthode, M. Alami Younes, pour son encadrement exceptionnel et son soutien constant tout au long de ce travail. Sa disponibilité, ses conseils avisés et son expertise nous ont été d'une aide inestimable, nous permettant de mener à bien ce stage dans les meilleures conditions.

Nous exprimons également notre reconnaissance à M. El Hasnaoui Hamid, chef de section Dragline, pour son encadrement rigoureux, ses inspections précises, et les directives hautement instructives qu'il nous a prodiguées. Grâce à lui, nous avons pu tirer le meilleur profit de cette expérience, renforçant ainsi nos compétences techniques et professionnelles.

Nos remerciements vont également à l'ensemble du personnel du bureau de maintenance chez OCP Bengrir. Leur accueil chaleureux, leur disponibilité, et leur collaboration nous ont grandement facilité notre intégration au sein de l'équipe et ont contribué de manière significative à la réussite de notre stage.

Enfin, nous ne saurions conclure sans exprimer notre reconnaissance infinie à nos parents. Leur soutien indéfectible, leurs encouragements constants, et leur amour inconditionnel ont été pour nous une source de motivation et de force tout au long de cette aventure.

## Résumé

Dans le cadre du stage d'observation requis par l'École Mohammedia des Ingénieurs (EMI), nous avons eu l'opportunité enrichissante d'effectuer un stage au sein de l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) dans la région de Ben Guerir.

Le site OCP de Ben Guerir joue un rôle primordial dans l'extraction et la transformation des phosphates. Il vise à assurer une production durable et efficiente, contribuant à la sécurité alimentaire mondiale et au développement économique du Maroc. Par ses initiatives en matière de développement durable et d'innovation technologique, l'OCP Ben Guerir s'affirme comme un acteur clé de l'industrie minière et agricole.

Ce rapport exhaustif englobera une vue d'ensemble détaillée du groupe OCP, une introduction aux activités du bureau de maintenance et méthodes au sein de l'OCP Ben Guerir, ainsi que des exemples concrets de commandes exécutées au sein des ateliers. De plus, il abordera un sujet d'étude spécifique portant sur le fonctionnement des chargeuses 994F de la mine de Ben Guerir.

Nous commencerons par une description générale du principe de fonctionnement des chargeuses 994F. Ensuite, nous analyserons la situation actuelle du processus de maintenance planifiée de ces chargeuses. Enfin, nous mettrons en place un plan d'action visant à structurer et rentabiliser le processus de maintenance planifiée, en tenant compte de l'efficacité et de l'efficience.

En conclusion, ce rapport offrira une synthèse des points saillants abordés et des enseignements tirés de cette immersion au sein de l'OCP Ben Guerir.

## I. Présentation de l'entreprise et du contexte du projet

### 1. Introduction

Ce chapitre est une brève présentation de l'Organisme d'Accueil où j'ai effectué mon stage ainsi que les différentes missions définies par le groupe OCP : l'extraction, le transport, le traitement et enfin la vente, et ce afin de situer le projet dans son contexte général.

#### a. Historique

Le groupe office chérifien des phosphates (O.C.P) fût créé par le Dahir de statut du 7 août 1920 qui réservait à l'état marocain les droits de recherche, d'exploitation, et de commercialisation des phosphates pour éviter que les richesses des phosphates ne tombent en main d'organisme privés.

La prospection géologique qui a commencé vers 1908 a relevé les premiers indices de phosphate au Maroc en 1921 dans les régions de OULED ABDOUN à 120 km de la mer, mais il a fallu attendre la fin de la première guerre mondiale 1919 pour réaliser une étude profonde des gisements en vue de leur mise en exploitation.

L'exploitation effective du phosphate marocain fut entreprise à partir de février 1921 dans la région d'OUED ZEM sur le gisement d'OULED ABDOUN.

Le premier mars de la même année, l'ouverture de la recette I de BOUJNIBA a eu lieu, et le premier train des phosphates a pris son chemin vers Casablanca le 30 juin sur voie large de 1.60 mètres.

Depuis ce temps l'OCP n'a cessé de grandir. En effet, le phosphate a une teneur de 75% BPL (Bon Phosphate of Lime), cela a permis à l'industrie des engrais d'atteindre les possibilités à 18% au lieu de 16%. Ce qui a conduit à une forte demande pour le phosphate marocain.

La mise en exploitation d'un nouveau gisement à Youssoufia dans la région de GANTOUR à 80 km de Safi, bien que la teneur du phosphate de ce gisement n'est que de (70%), et donc inférieure à celle du phosphate de Khouribga elle reste supérieure à celle des gisements exploités dans les autres pays (USA, ALGERIE, TUNISIE...).

En 1929, la demande du phosphate marocain connaît un brusque abaissement à cause de la crise économique qui va demeurer jusqu'à la seconde guerre mondiale.

En 1939, la guerre éclate et les relations commerciales avec un grand nombre de pays sont rompus (en 1940 l'O.C. P n'a pu exploiter que 714,290 tonnes).

Après la guerre (1944-1945), la restriction du secteur agricole des pays européens a exigé des qualités croissantes d'engrais et les exploitations de l'O.C. P repartent en flèche



### b. Caractère juridique de l'O.C. P

L'O.C. P a été constitué sous forme d'un organisme d'état, mais étant donné le caractère de ses activités commerciales et industrielles, le législateur a tenu à la doter d'une organisation, en lui permettant d'agir avec la même dynamique et la même souplesse que les grandes entreprises privées avec lesquelles il se trouve en concurrence.

L'O.C. P fonctionne ainsi comme une société dont le seul actionnaire est l'état marocain et est dirigé par un directeur général nommé par Dahir. Le contrôle est exercé par un conseil d'administration qui représente les intérêts de la nation et de l'état.

En ce qui concerne la gestion financière, elle est entièrement séparée de celle de l'état. Et tous les ans l'O.C. P établit son bilan et son compte d'exploitation de ses prix de revient comme toute entreprise privée.

L'O.C. P est inscrit au registre de commerce et soumis sur le plan fiscal aux mêmes obligations que n'importe quelle entreprise privée (patente, taxes à l'exploitation, impôts sur les salaires, impôts sur les bénéfices...). Chaque année l'O.C. P participe au budget de l'état par le versement de ses dividendes.

Son personnel est régi par un « statut du mineur du premier juillet 1964 ». ce statut a été élaboré en conformité avec le Dahir 60-007 du 24 décembre 1960, portant statut du personnel des entreprises minières dernièrement refondu.

Les ingénieurs et assimilés (hors cadres) sont également régis par un statut particulier, récemment refondu, les structures actuelles ont été définies par l'OS (organisation sociale) n°716 du premier janvier 1971.

### c. Organisation de l'O.C. P

Depuis 2003, le Groupe O.C.P vit au rythme de sa nouvelle organisation dont l'objectif principal est de mobiliser, responsabiliser et capitaliser plus fortement sur les ressources de l'entreprise pour lui assurer un développement rentable et durable.

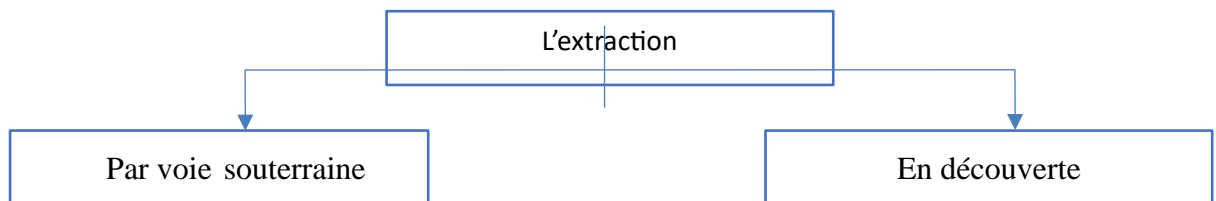
Pour faire face aux évolutions accélérées d'un marché de plus en plus concurrentiel et aux nouveaux enjeux en termes de gestion des ressources humaines avec des départs massifs à la retraite, la Direction Générale entend donner plus de responsabilités aux structures managériales. Elle souhaite également renforcer l'adhésion aux valeurs du Groupe et favoriser l'épanouissement individuel par la valorisation des compétences.

Cette réorganisation passe par une approche de contractualisation entre les entités du groupe à travers le développement de relations client-fournisseur. Sur le terrain, elle s'est traduite par la mise en place d'une logique de gestion en « Business Unit » à travers l'insaturation de trois Pôles d'activités (Mines, Chimie, Finance et support logistique) à côté d'autres directions (ressources humaines, recherche et innovation, stratégie et développement, commercial...).

#### d. Les missions de L'O.C. P

Les missions assignées à l'O.C. P sont :

Extraction du minerai de phosphate :



Actuellement, toutes les mines du groupe OCP, sont exploitées en découverte. La fermeture de la dernière mine souterraine à Youssoufia date du mois de juin 2005.

L'avantage majeur de l'exploitation en découverte est de pouvoir exploiter simultanément plusieurs couches minéralisées en mettant de côté les niveaux stériles intercalaires.

Les étapes d'extraction du minerai de phosphate dans les mines de l'OCP :

La chaîne d'extraction dans les mines à ciel ouvert de l'OCP se compose de cinq principaux stades opératoires :

- La foration
- Le sautage
- Le décapage (enlèvement du stérile)
- Le chargement (défruitage) et le transport du phosphate
- L'épierrage - criblage du phosphate

#### i. Foration

Réalisation de trous de mines, généralement verticaux. Le diamètre de la maille tient compte des caractéristiques :

De la roche, de la nature de l'explosif et de la fragmentation désirée.





Figure 1: image illustrant la foration

*ii. Sautage*

Il s'agit de loger une quantité d'explosif dans les trous de mines afin de fragmenter le terrain et faciliter son enlèvement par les machines.



Figure 2: L'explosif

*iii. Décapage*

C'est l'opération d'enlèvement des « morts terrains » (stériles) qui recouvrent le premier niveau phosphaté exploitable. Cette opération est réalisée soit par bulldozer soit par dragline.



Figure 4: Décapage par bulls D11



Figure 3: Décapage par dragline

*iv. Chargement et transport de phosphate*

Le transport du phosphate ou du stérile vers la trémie ou vers les décharges se fait grâce à des camions-bennes de grande capacité (110 et 170 tonnes). La liaison entre ces différents points est assurée par un réseau de pistes



Figure 5: Transport de phosphate par camions

*v. Epierrage et criblage de phosphates*

Les camions de chantier sont déchargés dans des trémies de réception alimentant 2 épierreurs destinés à éliminer les gros blocs stériles. Ces derniers sont évacués vers des mises à terril après avoir subi un «re-criblage » de récupération et une fragmentation dans un concasseur à mâchoires. Les phosphates épierrés sont acheminés vers un parc de stockage.



Figure 6: Criblage du phosphate

**e. Traitement du minerai de phosphate**

Le traitement du minerai de phosphate a pour principal objectif de hausser son titre en BPL jusqu'à atteindre des teneurs BPL d'une qualité marchande, généralement, supérieure ou égale à 68%.

*i. Traitement par voie sèche*

❖ **Calcination**

C'est un procédé d'enrichissement du minerai de phosphate par voie sèche, ayant pour but principal d'assurer la décomposition des carbonates contenus dans le minerai et l'élimination des matières organiques.

La calcination du minerai de phosphate est obtenue en portant le minerai de phosphate à une température suffisamment élevée (850 à 900°C) dans un réacteur à lit fluidisé.

Le traitement par calcination se fait en 3 phases :

- Phase de séchage,
- Phase de calcination
- Phase de refroidissement.

#### ❖ Séchage

Le principe du procédé séchage du minerai de phosphate est basé sur la réduction de sa teneur en eau.

Elle est assurée par une masse gazeuse chaude à 950°C, produite, généralement, par la combustion du fuel, permettant la vaporisation de l'eau provenant de l'humidité du phosphate.

L'air nécessaire à la combustion est fourni par des ventilateurs.

Les gaz résultants de la combustion, sont refroidis à 850°C par l'air de dilution puis à 100°C à la fin de l'opération de séchage.

Le procédé de séchage comprend, généralement, les étapes suivantes :

- L'alimentation de l'unité en minerai de phosphate,
- L'opération de séchage,
- Le criblage à la maille de 6\*6 mm du produit séché,
- Le dépoussiérage et mise à terril des produits stériles,
- Le stockage et chargement du produit sec et marchand.

#### ii. *Traitement par voie humide*

#### ❖ Lavage

Le lavage du minerai de phosphate est un traitement physique par voie humide qui consiste à éliminer :

- Les grosses particules (STERILES) par l'opération de criblage L
- Les fines particules inférieures à 40 microns (BOUES) par l'opération de classification hydraulique.

Les différentes phases du secteur de lavage sont :

- Débourbage,
- Criblage,
- Classification par hydrocyclone,
- Décantation.

#### ❖ Flottation

La flottation est la technique de séparation utilisée pour enrichir les minerais très pauvres.

Le principe de séparation solide/solide est basé sur la différence des propriétés des interfaces solide-solution aqueuses et l'air.

Cette séparation est basée sur les propriétés d'**HYDROPHOBIE** et d'**HYDROPHILIE** des phases minérales et a lieu dans une cellule et/ou colonne de flottation.

Des réactifs chimiques (**collecteurs et déprimants de flottation**) sont ajoutés à la pulpe pour obtenir des interfaces hydrophobes qui flottent et des interfaces hydrophiles qui restent déprimées.

Dans une cellule ou colonne de flottation, la pulpe minérale est mise en agitation par un arbre qui va aussi servir à injecter l'air à l'origine de la formation de bulles. Les mousses ainsi formées, qui sont chargées en particules minérales, sont récupérées par débordement ou par un système d'**écumoire**.

Les principales étapes de la technique de flottation sont données ci-après :

Les particules solides à séparer sont, tout d'abord, préparées mécaniquement pour améliorer la libération des particules utiles. Cette opération est réalisée soit par broyage soit par attrition.

Le maximum de fines stériles est séparé puis éliminé par la technique d'hydrocyclonage.

Les particules à séparer par flottation sont mises en suspension dans l'eau pour obtenir une pulpe.

La pulpe est traitée avec des additifs chimiques (ce qui constitue la phase de conditionnement), dont le rôle est de rendre la surface, de certaines particules solides, hydrophobe, de manière à ce qu'elle ait une plus grande affinité pour l'air que pour l'eau.

La pulpe conditionnée est ensuite transférée dans la machine de flottation (cellules ou colonne) pour subir une flottation.

#### f. Broyage des phosphates

C'est le concassage fin qui permet de réduire le minerai en poudre.

Il constitue :

- Une des étapes de traitement du minerai de phosphate, le broyage du minerai de phosphate lavé est réalisé pour obtenir des tranches granulométriques requises pour certaines opérations de traitement telle que la flottation.
- Une des étapes du procédé de fabrication d'acide phosphorique, le broyage du minerai de phosphate brut est utilisé pour augmenter la surface lors de l'attaque du minerai par l'acide sulfurique.

➤ Le broyage a pour but l'augmentation de la surface d'attaque du minerai, la réaction chimique est d'autant plus facile que la surface offerte aux réactifs est plus grande, le broyage est donc une opération indispensable.

#### g. Transport du phosphate après enrichissement

- Par camions : le minerai de phosphate brut une fois extrait de la mine est transporté vers les installations d'épierrement (camions de capacité de 110 et 170 tonnes).
- Par convoyeurs à bande : le minerai de phosphate est transporté de la mine vers les installations de traitement (on dit aussi transporteur à courroie ou tapis, ou convoyeur à

courroie).

- Par conduites et par convoyeurs à bande : le minerai de phosphate sous forme de pulpe au sein des installations de traitement (produit enrichi au niveau des laveries).
- Par pipeline : le minerai de phosphate une fois enrichi au niveau d'une laverie est transporté vers la station de tête du pipeline.
- Par trains ou par pipeline : le minerai de phosphate en dehors du site minier est transporté vers les installations chimiques ou vers les ports, par trains ou par pipeline (Khouribga – Jorf Lasfar).

#### h. La vente

Vu la faiblesse des besoins du Maroc en phosphates, une grande partie est exportée vers l'extérieur. Et de fait, la vente du phosphate représente une importante source de revenus pour le Maroc.

## II. Présentation de BDM

### 1. Aperçus généraux :

Le bureau de méthode et maintenance de l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) à Ben guérir joue un rôle essentiel dans l'optimisation des opérations et la prolongation de la durée de vie des équipements. Ses missions principales comprennent l'inspection, la préparation, la planification et la correction des interventions de maintenance.

Tout d'abord, l'inspection régulière des installations permet de détecter les anomalies et les dysfonctionnements avant qu'ils ne causent des interruptions de service. Ensuite, la préparation méticuleuse des interventions de maintenance assure que toutes les ressources nécessaires, y compris les pièces de rechange et les outils, sont disponibles et en bon état. La planification rigoureuse des travaux de maintenance, qu'ils soient préventifs ou correctifs, permet d'optimiser l'utilisation des ressources et de minimiser les temps d'arrêt. Enfin, la correction rapide et efficace des problèmes identifiés garantit que les équipements fonctionnent de manière optimale et que les interruptions imprévues sont réduites au minimum.

Le bureau de méthode et maintenance de l'OCP Ben guérir est donc un pilier central pour maintenir la continuité des opérations industrielles et assurer la fiabilité et la durabilité des installations. Par une gestion proactive et rigoureuse de la maintenance, ce département contribue de manière significative à la performance globale du site et à la réalisation des objectifs de production.

#### a. Inspection :

L'objectif principal de cette étape est de préparer et de définir les programmes d'inspection basés sur les fréquences et la nature des inspections définies par le fiabiliste dans les plans de maintenance. Ces plans sont élaborés en fonction de la criticité des équipements.

##### i. *Création des Activités d'Inspection:*

- L'inspecteur, en concertation avec le référent GMAO, crée les activités d'inspection en utilisant un canevas GMAO défini, incluant les opérations et les ressources nécessaires pour les inspections.
- Les canevas créés sont transmis au référent GMAO pour le paramétrage des programmes d'inspection.

##### ii. *Paramétrage et Simulation:*

- Le référent GMAO procède au paramétrage des programmes d'inspection et à la simulation du lancement des Ordres de Travail (OT) systématiques.

*iii. Définition des Paramètres Qualité:*

- L'inspecteur définit, en concertation avec le fiabiliste, les paramètres qualité à suivre pour chaque équipement.
- Ces paramètres sont ensuite transmis au référent GMAO pour intégration dans le système Oracle.

*iv. Calendrier d'Inspection:*

- Basé sur le programme d'inspection, l'inspecteur peut établir un calendrier d'inspection mensuel ou annuel si nécessaire.

**Résultats Attendus:**

- Un ensemble structuré et paramétré de programmes d'inspection prêts à être lancés, garantissant ainsi que toutes les inspections nécessaires sont planifiées et que les ressources nécessaires sont identifiées et assignées.
- Une intégration des paramètres qualité dans le système Oracle pour un suivi continu et une analyse des tendances des équipements inspectés.

Ce résumé peut être intégré dans le rapport pour décrire la première étape du processus global de DM, illustrant comment les inspections sont préparées et paramétrées pour assurer une maintenance efficace et continue.

**b. Préparation :**

**Étapes de préparation des demandes d'intervention :**

*i. Transformation de la DI en OT :*

- La demande d'intervention (DI) est transformée en ordre de travail (OT) pour formaliser la tâche.

*ii. Priorisation de l'OT :*

- Les OT sont priorisés en concertation avec les corps de métiers concernés pour déterminer l'ordre d'exécution des tâches.

*iii. Estimation et vérification des ressources :*

- Les ressources nécessaires à la réalisation des OT sont estimées et vérifiées pour assurer la disponibilité des équipements et du personnel requis.

*iv. Réservation et identification des ressources :*

- Les ressources nécessaires sont réservées et identifiées pour garantir leur disponibilité au moment de l'exécution des OT.



*v. Transfert des éléments de préparation au planificateur :*

- Les éléments préparés sont transférés au planificateur pour l'organisation et la planification des interventions.

**Étapes de préparation des ordres de travail systématiques**

La préparation des OT systématiques inclut l'identification et la planification des interventions récurrentes pour maintenir la fiabilité des équipements.

**✓ Indicateurs de performance**

Les indicateurs de performance permettent de suivre et d'évaluer l'efficacité et l'efficience des interventions de maintenance préparées.

**✓ Documents et révision**

Le document est sujet à des modifications, révisions et approbations régulières pour s'assurer qu'il reste pertinent et à jour.

**c. Planification :**

- Planification des OT (Ordres de Travail) systématiques, conditionnels et curatifs planifiés.
- Coordination et pilotage des interventions lors des arrêts des installations et engins.
- Ordonnancement à l'échelle de la semaine, du mois et de l'année des interventions de maintenance.
- Planification des travaux de maintenance et des moyens logistiques avec les services supports.
- Pilotage et reporting de l'activité maintenance planifiée.
- Optimisation des ressources humaines et logistiques disponibles.

*i. Analyse de la nature de l'intervention :*

- Identifier les interventions nécessitant un arrêt de révision, un arrêt périodique, ou sans arrêt de production.
- Décider de la nature de l'intervention en fonction des critères spécifiques.

*ii. Établissement des plannings :*

- Créer des plannings initiaux pour les interventions nécessitant des arrêts de révision, périodiques ou non périodiques.
- Organiser des réunions d'ajustement du planning avec les différents acteurs impliqués.
- Mettre à jour et diffuser les plannings.

*iii. Communication des plannings aux parties concernées :*

- Mettre à jour et communiquer les plannings à l'ensemble des intervenants.

*iv. Évaluation et Reporting de la réalisation des plannings :*

- Suivre la réalisation des travaux basés sur les données saisies sur GMAO et le feedback des intervenants.
- Reporter les travaux réalisés suivant la fréquence adéquate.
- Piloter les réunions d'évaluation lors des arrêts de révision.

### III. Présentation de la fonction maintenance

En fonction de la nature de l'activité et de sa dispersion géographique, la politique de maintenance à la direction de production GANTOUR est organisée selon trois niveaux :

- Les 1er et 2ème niveaux sont décentralisés au niveau des secteurs et concernent les activités de dépannage et des entretiens planifiés.
- Le 3ème niveau est centralisé et concerne les grosses réparations, les révisions des sous-ensembles et des engins.

#### a. Maintenance de 1er niveau : Maintenance de conduite et d'utilisation

Elle est assurée par les opérateurs de la production sur site et s'appelle maintenance de conduite et d'utilisation, dont les tâches principales sont :

- Le contrôle des niveaux d'huile moteur et du réservoir hydraulique à chaque début de poste ;
- Le contrôle du niveau d'eau dans le radiateur ;
- Le contrôle de l'état de fonctionnement des indicateurs du tableau de bord ;
- La vérification des fuites apparentes ;
- La déclaration des anomalies et des pannes ayant un effet apparent sur le fonctionnement de la chargeuse 994F.

#### b. Maintenance de 2ème niveau : Activités des ateliers décentralisés

Ce niveau de maintenance intervient quotidiennement, 24h/24, pour le dépannage sur chantier et assure la mise à disposition des engins au profit de l'exploitation dans les meilleurs délais. Ses principales activités sont :

- Le ravitaillement des engins en carburant, huile et eau ;
- L'assurance des entretiens systématiques ;
- Le dépannage aux chantiers ;
- L'échange standard des sous-ensembles ;
- La révision partielle.

#### c. Maintenance de 3ème niveau : Activités des ateliers centralisés

Les ateliers centralisés assurent les activités de maintenance qui s'articulent autour des points suivants :

- Interventions importantes de diagnostic et de réparation nécessitant une expertise avancée ;
- Révisions de sous-ensembles d'engins ;
- Préparation et gestion des sous-ensembles de réserve.

#### d. Ateliers décentralisés de Gantour (Service mécanique)

Le service mécanique de Gantour a pour mission principale d'assurer une meilleure disponibilité des engins de production. L'organisation du service maintenance est donnée par l'organigramme ci-dessous :

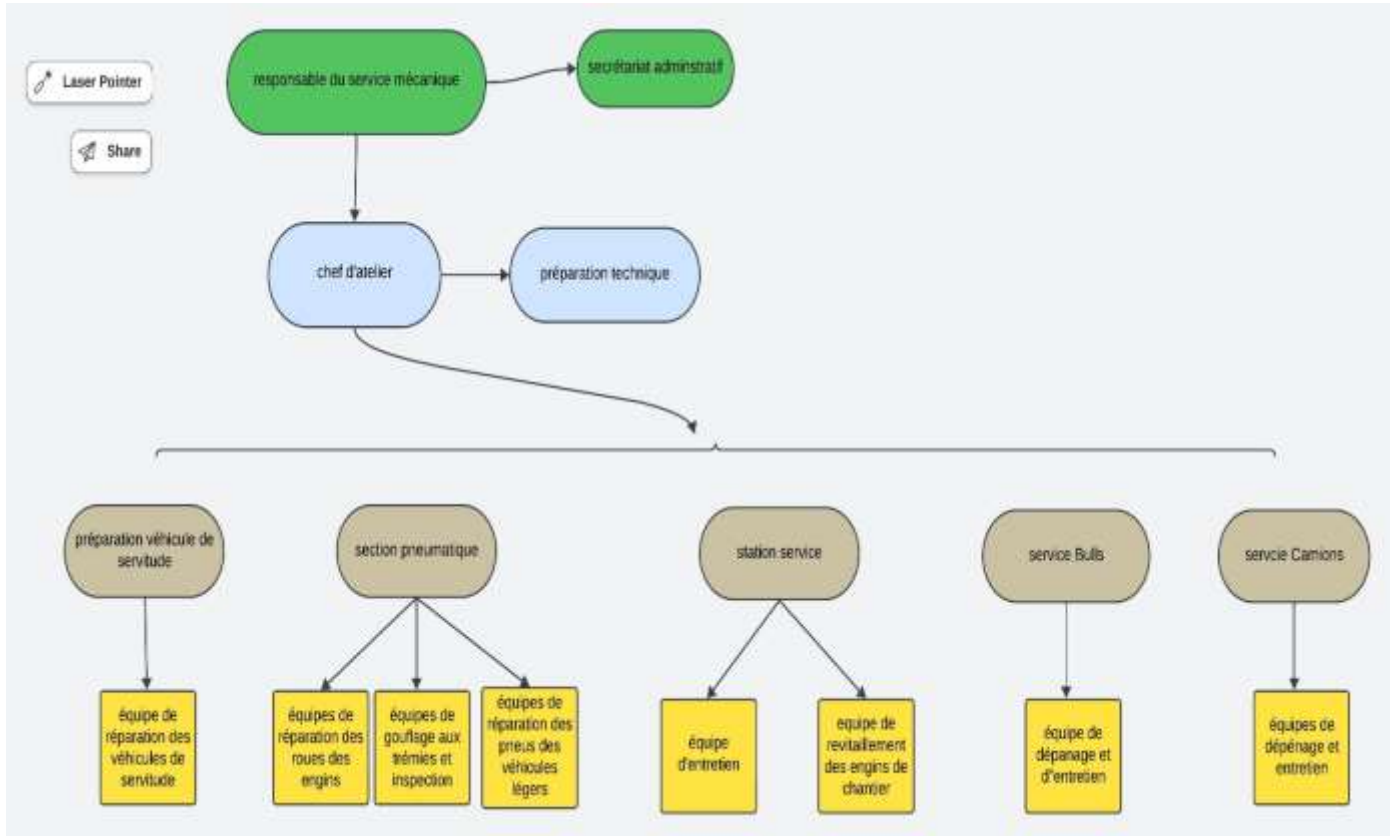


Figure 9 - Organigramme du service

Les différents travaux assurés par le service 335 sont décrits ci-dessous :

#### A. Dépannage

Chaque section assure le dépannage au chantier des engins qui lui sont rattachés, tout au long de la journée, moyennant des équipes qui se déplacent au chantier pour remettre en état les engins à l'arrêt.

#### B. Entretien systématique

Les entretiens systématiques consistent à réaliser les opérations suivantes :

- Lavage des engins ;
- Vidange ;
- Inspection de l'état du matériel ;
- Échange des pièces systématiques selon des périodicités déterminées ;
- Graissage ;

- Réparation des anomalies enregistrées.

### C. Travaux d'inspection

L'inspection a pour rôle la détermination de toutes les anomalies présentes sur les engins de chantier, permettant de contrôler régulièrement leur état pour corriger les avaries qui risquent de causer des pannes.

### D. Ravitaillement

En plus de l'entretien systématique, la station-service s'occupe du ravitaillement des engins et des machines diesel en gasoil, huiles, et eau au chantier et aux trémies.

### E. Échange des pneus

La section pneumatique assure l'échange et le suivi des réparations des pneus de véhicules de servitude, en plus du contrôle des pressions des pneus au niveau des trémies et le suivi de leur état d'usure.

### Parc matériel à GANTOUR



Figure 10 :parc matériel gantour

---

## *CONCLUSION*

---

Après la présentation du contexte général du projet dans ce chapitre, nous avons donc une idée concise sur l'environnement de l'étude, ainsi qu'une idée globale sur l'objet et l'objectif du projet. Ceci permettra d'entamer les caractéristiques de la chargeuse sur pneus 994F Caterpillar, ceci fera l'objet du deuxième chapitre.

## 1. Maintenance professionnelle :

Passer d'une maintenance de réparation, agissant en pompier à un métier de préventeurs, d'experts pour obtenir 0 panne, c'est un changement culturel pour:

- le management:
  - reconnaître ce qui ne se voit pas: le préventif,
  - plutôt que ce qui se voit: les dépannages
- le responsable de maintenance: un autre challenge
- les techniciens de maintenance: un autre métier

### ↳ Les objectifs de la maintenance professionnelle:

- **Maximiser la fiabilité des équipements pour un coût économique en améliorant la fiabilité, la sécurité et la qualité produit seront également améliorées**
- **Éliminer les activités de maintenance non planifiées, improvisées**
- **Utiliser les méthodes de maintenance (périodiques, conditionnelles, autonome, ...) en fonction de la criticité des machines pour un meilleur coût**
- **Développer les compétences des personnels de maintenance et des opérateurs pour supporter la stratégie de maintenance professionnelle.**
- **Créer une culture zéro défaillance**
- **Planifier les activités pour réduire au maximum les arrêts de production.**

« De faire le minimum de travail nécessaire à l'élimination des pannes et à l'utilisation maximum des équipements »

### Les 8 fondations d'un service de maintenance:

1. Établir la classification des équipements AA, A, B et C
2. Définir les flux d'informations et de pièces (work flow management)
3. Développer les dossiers machines: compétences équipements
4. Gestion des pièces de rechange, magasin
5. Ressources de Maintenance: 5S à l'atelier de maintenance, gestion des sous-traitants, compétences des techniciens de maintenance
6. Gestion de la lubrification
7. Gestion des pannes, recueil des informations, analyse
8. Établissement et suivi d'indicateurs clés



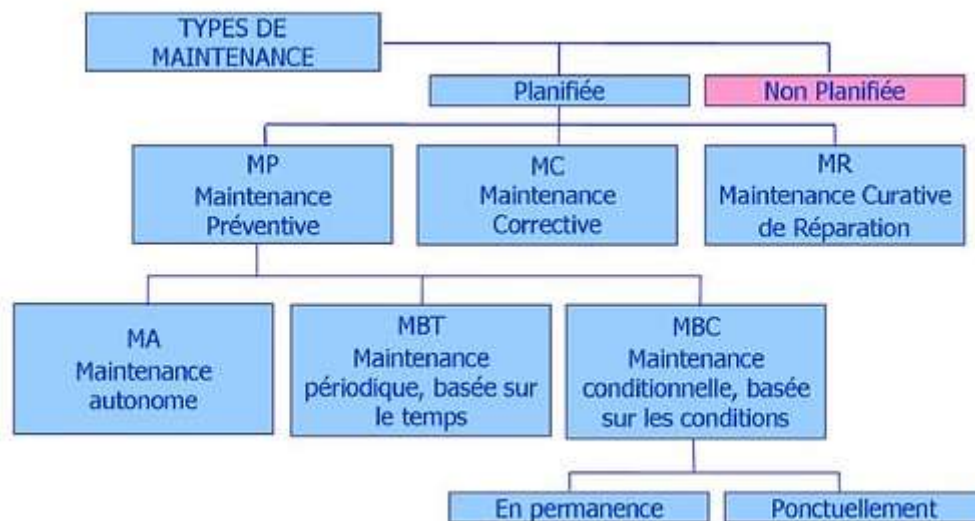
Les indicateurs de maintenance:

- MTBF Mean Time Between Failure: le temps moyen entre 2 pannes mesure la fiabilité des équipements, l'efficacité du service de maintenance à éviter les pannes.
- MTTR Mean Time To Repair: le temps moyen de réparation mesure l'efficacité du service de maintenance à réparer.

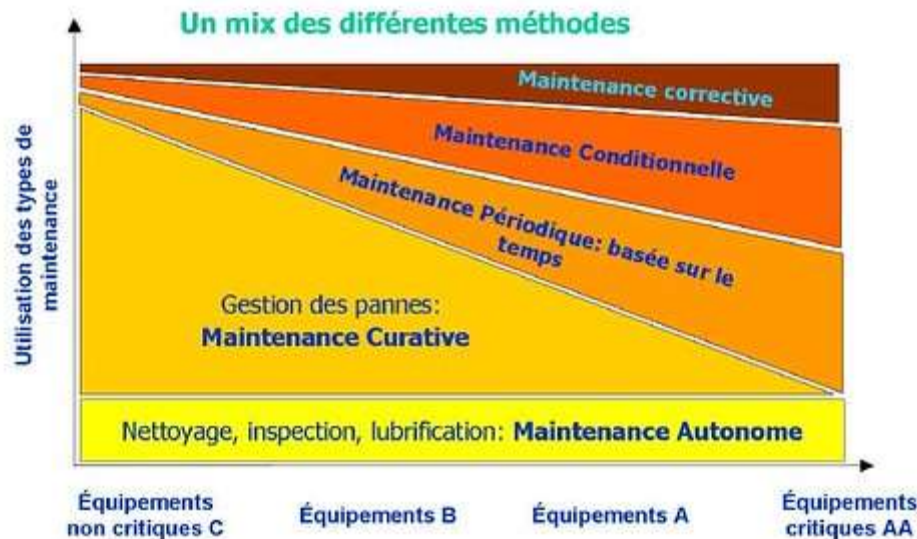
2 indicateurs majeurs permettent de piloter l'activité de maintenance.

MTBF	MTTR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintien des conditions de base avec la maintenance autonome (Nettoyage, Inspection, Lubrification et Boulonnerie)</li> <li>• Remise en état des composants détériorés: maintenance curative à conditionnelles...</li> <li>• Utilisation correcte de l'équipement</li> <li>• Maintenance corrective sur les problèmes récurrents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Améliorer les compétences du service de maintenance</li> <li>• Améliorer la gestion des pièces de rechange</li> <li>• Supprimer les zones difficiles d'accès (maintenance corrective)</li> <li>• Améliorer l'efficacité de l'atelier de maintenance 5S</li> </ul>

Les différents types de maintenance:



Et l'utilisation des types de maintenance en fonction de la criticité des équipements: Nous ne déploieront pas les mêmes ressources pour un équipement critique AA et un autre qui ne l'est pas du tout!!



## 2. Méthode Probabilité et Conséquence

La méthode "Probabilité et Conséquence" est une approche d'évaluation des risques utilisée pour identifier, analyser et gérer les risques associés à l'utilisation d'équipements ou de processus industriels. Cette méthode repose sur deux paramètres clés :

1. **Probabilité** : La fréquence ou la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable (panne, dysfonctionnement, etc.).
2. **Conséquence** : L'impact ou les effets potentiels de cet événement sur les opérations, la sécurité, l'environnement, ou les coûts.

L'application de cette méthode consiste à évaluer chaque risque potentiel en fonction de ces deux critères, puis à classer les risques pour prioriser les actions de maintenance et de prévention.

### a. Étapes de la Méthode Probabilité et Conséquence

1. **Identification des Risques** :
  - Recenser tous les événements potentiels qui pourraient affecter le fonctionnement de la chargeuse 994F.
  - Utiliser des historiques de panne, des rapports de maintenance, et des connaissances d'experts.
2. **Évaluation de la Probabilité** :
  - Estimer la fréquence probable de chaque événement identifié.
  - Utiliser des données historiques pour déterminer la probabilité. Par exemple, si une panne spécifique se produit en moyenne une fois par an, sa probabilité sera classée comme élevée.
3. **Évaluation de la Conséquence** :
  - Déterminer l'impact potentiel de chaque événement en termes de coûts de réparation, temps d'arrêt, impact sur la production, sécurité et environnement.

- Classer les conséquences en catégories (mineures, modérées, majeures, catastrophiques).
- 4. Matrice de Risque :**
  - Utiliser une matrice de risque pour combiner les scores de probabilité et de conséquence, et ainsi déterminer le niveau de risque global.
  - Les risques peuvent être classés en niveaux (faible, modéré, élevé, critique) en fonction de leur score.
- 5. Plan d'Action :**
  - Développer des stratégies de maintenance préventive et corrective en fonction des niveaux de risque.
  - Prioriser les actions sur les risques élevés et critiques pour minimiser les probabilités et/ou les conséquences.

#### b. Application de la Méthode à la Chargeuse 994F1

Pour appliquer la méthode "Probabilité et Conséquence" à la chargeuse 994F, nous suivrons les étapes ci-dessus :

- 1. Identification des Risques :**
  - Pannes moteur
  - Fuites hydrauliques
  - Problèmes électriques
  - Usure des pneus
  - Défaillance du système de transmission
- 2. Évaluation de la Probabilité :**
  - Analyser les données de maintenance et les historiques de panne pour chaque composant.
  - Par exemple, si les pannes moteur surviennent deux fois par an, la probabilité est élevée.
- 3. Évaluation de la Conséquence :**
  - Évaluer l'impact de chaque type de panne.
  - Une panne moteur pourrait entraîner un arrêt prolongé de la machine et des coûts élevés de réparation, classée comme une conséquence majeure.
- 4. Matrice de Risque :**
  - Créer une matrice pour combiner les scores de probabilité et de conséquence.
  - Par exemple, une panne moteur avec une probabilité élevée et une conséquence majeure sera classée comme un risque critique.
- 5. Plan d'Action :**
  - Développer des mesures de maintenance préventive pour les risques critiques.
  - Pour les pannes moteur, cela pourrait inclure des inspections régulières, des remplacements anticipés de pièces, et une formation des opérateurs sur les signes de défaillance imminente.

## RESULTAS

Unité	Sous-unité	CAPITAL	Equipement	Probabilité	Conséquences	Classe
Défruitage & Transport	Chargeuses	994 F1	994 F1	17	34	AA
Défruitage & Transport	Chargeuses	994 F2	994 F2	27	34	AA
Défruitage & Transport	Chargeuses	992K1	992K1	17	32	B

Identification				Probabilité				Conséquence					Classe
Unité	Sous-unité	CAPITAL	Désignation	Fréquence de défaut	Complexité	Charge	Valeur totale	Sécurité & Environnement	Perte Production	Coût Réparation	Durée d'Arrêt (Historique)	Valeur totale	
Défruitage & Transport	Chargeuses	994 F1	994 F1	10	7	5	17	7	10	7	10	34	AA
	Chargeuses	994 F2	994 F2	10	7	10	27	7	10	7	10	34	AA
	Chargeuses	992K1	992K1	10	6	5	17	10	7	6	7	32	B

## CONCLUSION :

L'application de la méthode "Probabilité et Conséquence" à la chargeuse 994F a permis d'identifier, d'analyser et de classer les risques potentiels associés à son fonctionnement. À travers une évaluation rigoureuse des données historiques de maintenance et une analyse détaillée des impacts potentiels, nous avons pu établir une matrice de risque précise. Cette analyse a révélé que la chargeuse 994F est classée AA, indiquant un niveau de risque faible à modéré pour la majorité des composants évalués.

Cette classification AA reflète une machine bien entretenue, avec une probabilité d'occurrence de pannes relativement basse et des conséquences généralement gérables. Les mesures préventives en place semblent adéquates pour maintenir un haut niveau de disponibilité et de performance. Toutefois, des efforts continus en matière de maintenance préventive et d'amélioration des procédures de diagnostic sont essentiels pour maintenir et améliorer cette classification.

## IV. Etude des chargeuses 994F

### 1. Principe de fonctionnement des chargeuses 994F :

#### a. INTRODUCTION :

Le service MB est équipé par **La chargeuse 994F** qu' est un équipement de grande capacité. Conçue pour accomplir la mission de DEFRUITAGE, qui consiste à procéder au chargement du phosphate, elle se distingue par sa robustesse et son efficacité. Dotée de technologies avancées, la 994F offre une puissance impressionnante, permettant le chargement rapide et efficace du phosphate. Son design ergonomique assure une utilisation confortable et sécurisée pour l'opérateur, tandis que ses systèmes de contrôle optimisés contribuent à une productivité accrue sur le terrain.

La chargeuse 994F est la plus grande chargeuse sur roue de la gamme de produits Caterpillar, il peut être équipé d'un godet à charbon de 35,9 m<sup>3</sup>, son poids de fonctionnement est 160200Kg .

#### Chaine cinématique :

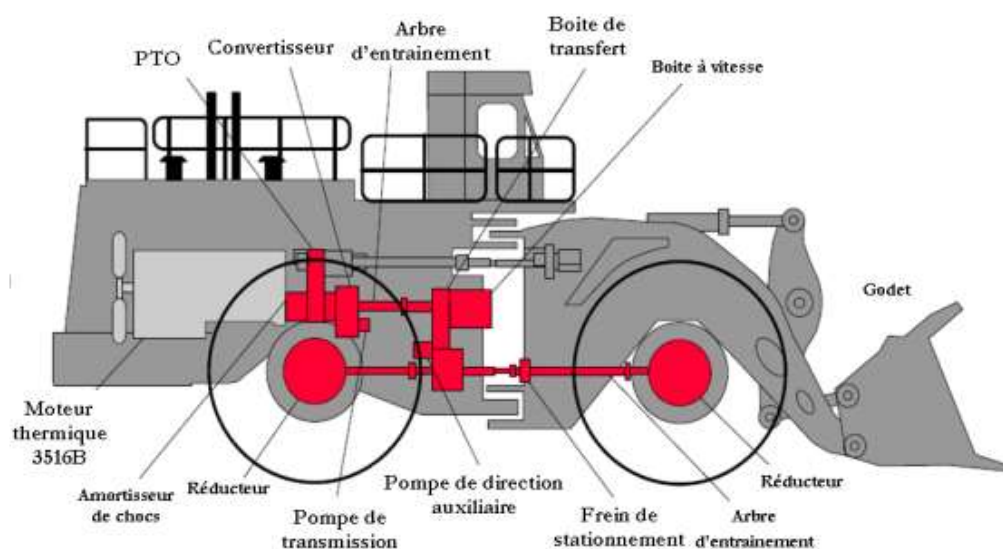


FIGURE : CHAÎNE CINÉMATIQUE DE LA CHARGEUSE SUR PNEUS 994F.

↳ Les principaux éléments constituant de la chargeuse 994F sont :

- Moteur thermique diesel et ses accessoires.
- système de translation de mouvement.
- système de transmission de mouvement.
- les systèmes hydrauliques et le godet.
- Le système VIMS

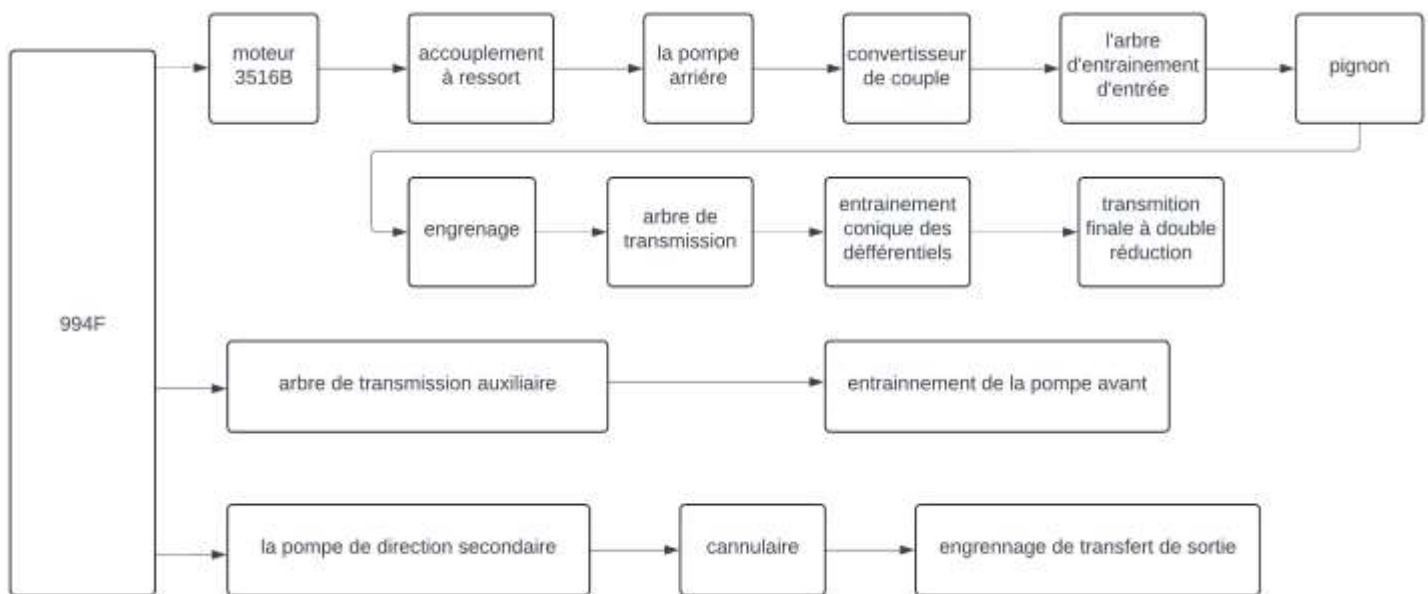


Figure : schéma de flux de puissance

### b. MOTEUR THERMIQUE DIESEL 3516B :

La chargeuse 994F de Caterpillar est dotée d'une motorisation puissante et robuste, adaptée aux exigences des travaux miniers et industriels lourds.

#### Moteur

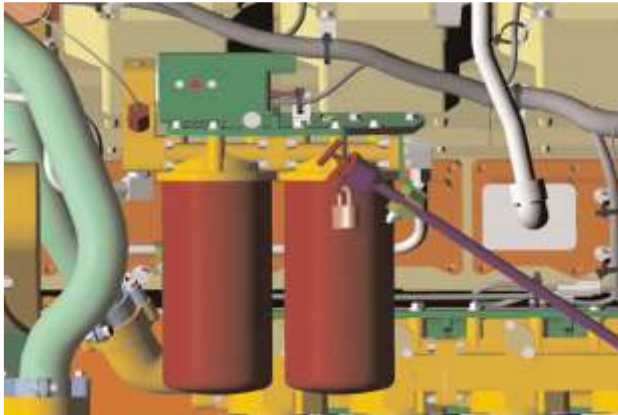


<u>Type de Moteur</u>	La 994F est équipé e d'un moteur diesel Caterpillar.
<u>Modèle du Moteur</u>	3516B (HD).
<u>Cylindrée</u>	V16 à quatre temps .
<u>Puissance :</u>	Jusqu'à 1463 kW (1962 hp) à 1750 tr/min.
<u>Couple :</u>	9613 Nm (7086 lb-pi) à 1400 tr/min.

TABLEAU 3:CARACTERISTIQUE DU MOTEUR THERMIQUE 3516B



### **Système de Gestion Électronique :**



Le moteur 3516B est équipé d'un module de commande électronique (ECM) qui optimise les performances et l'efficacité du moteur en contrôlant plusieurs paramètres en temps réel :

**Injection Électronique :** Le système d'injection unitaire électronique (EUI) contrôle précisément la quantité de carburant injectée dans chaque cylindre.

**Capteurs Multiples :** Des capteurs surveillent des paramètres clés comme la vitesse de rotation, la température de l'eau de

refroidissement, la pression de l'huile, la température des gaz d'échappement, et la pression d'air d'admission.

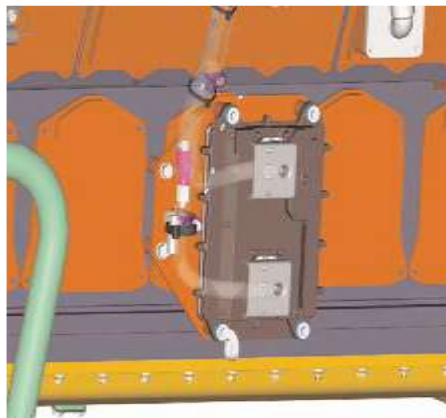
### **Système de Refroidissement :**

Inclut des ventilateurs proportionnels pour contrôler la température du moteur en fonction des besoins de refroidissement déterminés par l'ECM.

### **Système d'Alimentation en Carburant**

**Pompe de Prémontée Électrique :** Facilite le démarrage en fournissant du carburant sous pression aux injecteurs avant le démarrage du moteur.

**Filtre à Carburant avec Indicateur Différentiel :** Signale les obstructions dans les filtres à carburant pour prévenir les interruptions de l'alimentation en carburant.



### Système de Refroidissement

Le système de refroidissement du moteur comprend un radiateur pour le groupe turbo, un refroidisseur d'air de suralimentation, et des ventilateurs à embrayage variable contrôlés par l'ECM pour maintenir la température de fonctionnement optimale du moteur.

### Démarrage et Arrêt

Système de Démarrage à l'Air : Utilisé pour le démarrage du moteur à l'aide d'un compresseur d'air et d'un réservoir d'air. Le système de démarrage comprend un sécheur d'air pour éviter la condensation dans les conduites d'air.

### Système de translation :

C'est un système qui assure la translation de l'engin et comprend :

- ✓ Les roues qui supportent la totalité du poids de l'engin
- ✓ L'arbre moteur (axe moteur) qui est gouvernée au moyen du moteur thermique et du système de transmission.
- ✓ Le pont avant et le pont arrière (cardans) : ils transmettent le couple moteur de l'axe aux deux axes concourants qui portent les roues.
- ✓ Les joints de cardans qui servent à compenser les défauts d'alignement entre la sortie de la boîte à vitesse et l'axe moteur.
- ✓ Les différentiels, les réducteurs finaux et les supports des roues.

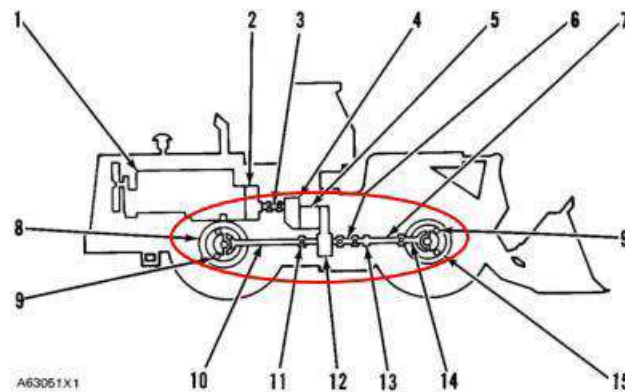


FIGURE :SYSTÈME DE TRANSLATION

1. Moteur diesel	9. Equipements planétaires pour les supports des roues
2. Convertisseur du moment de rotation	10. Soutien du pont arrière
3. Arbre de commande supérieur	11. Arbre de commande
4. Equipement de transfert de l'entrée	12. Equipement du transfert de la production
5. Transmission	13. Portant cage
6. Arbre de commande	14. Soutien du support de devant
7. Arbre de commande	15. support des roux
8. Elévateur des supports des roues	

### Système de transmission

La transmission de la chargeuse 994F est conçue pour transférer efficacement la puissance du moteur aux roues. Elle utilise une transmission automatique à plusieurs vitesses, permettant des changements fluides en fonction des conditions de charge. Le système comprend généralement :

1. **Convertisseur de couple** : Amplifie le couple moteur pour un démarrage en douceur.
2. **Embrayages** : Gèrent les changements de vitesse et assurent une transition fluide.
3. **Différentiels** : Distribuent la puissance de manière équilibrée aux roues, améliorant la traction.
4. **Arbres de transmission** : Transmettent la puissance entre le moteur, la transmission, et les roues.

Conçu pour résister aux environnements difficiles, ce système assure une performance fiable et durable, même sous charge maximale.

### Système Electrique

Le système électrique regroupe les ensembles (circuit démarreur, circuit de charge, circuit électrique...).

#### Circuit hydraulique

Le circuit hydraulique de la chargeuse 994F est essentiel pour ses fonctions de levage et d'inclinaison. Il utilise des pompes pour fournir la pression nécessaire aux vérins hydrauliques, permettant ainsi le mouvement des bras et du godet. Le système comprend :

- **Système Principal** : Gère le levage et l'inclinaison.
- **Système Pilote** : Contrôle les mouvements précis.
- **Système de Refroidissement** : Maintient la température de l'huile.

Les composants clés incluent les pompes, les valves et les vérins, qui assurent une performance fiable et efficace.

### Le système VIMS

Le **Système de Gestion des Informations Vitales (VIMS)** est intégré aux machines lourdes pour surveiller et gérer divers paramètres. Il traite les signaux des capteurs et interrupteurs, fournissant des codes d'événements et des informations de diagnostic aux opérateurs. Les principaux éléments incluent :

- **Composants d'Entrée** : Capteurs et interrupteurs pour surveiller la température, la pression et les niveaux dans les systèmes hydrauliques, les réservoirs de carburant et d'huile.
- **Composants de Sortie** : Voyants d'action, alarmes, et voyants de service pour avertir les opérateurs des problèmes.
- **Fonctionnalités de Diagnostic** : Enregistre et affiche les conditions de panne, accessibles via des outils de service.

Le VIMS facilite la communication rapide entre les systèmes de la machine grâce au lien de données CAT.

## V. Analyse et Explication du Système de Maintenance

### 1. Description du Système de Maintenance

Le système de maintenance décrit dans "Logigramme planification des interventions de la maintenance" (voir annexe ) se concentre sur la planification et l'exécution des interventions de maintenance. Voici les étapes clés et les éléments du système :

#### a. Input :

- Demandes d'intervention : Requêtes provenant des inspections, des travaux d'arrêt non planifiés, des travaux curatifs planifiés, et des travaux systématiques.
- Calendrier des arrêts périodiques : Planification des arrêts réguliers pour l'entretien.

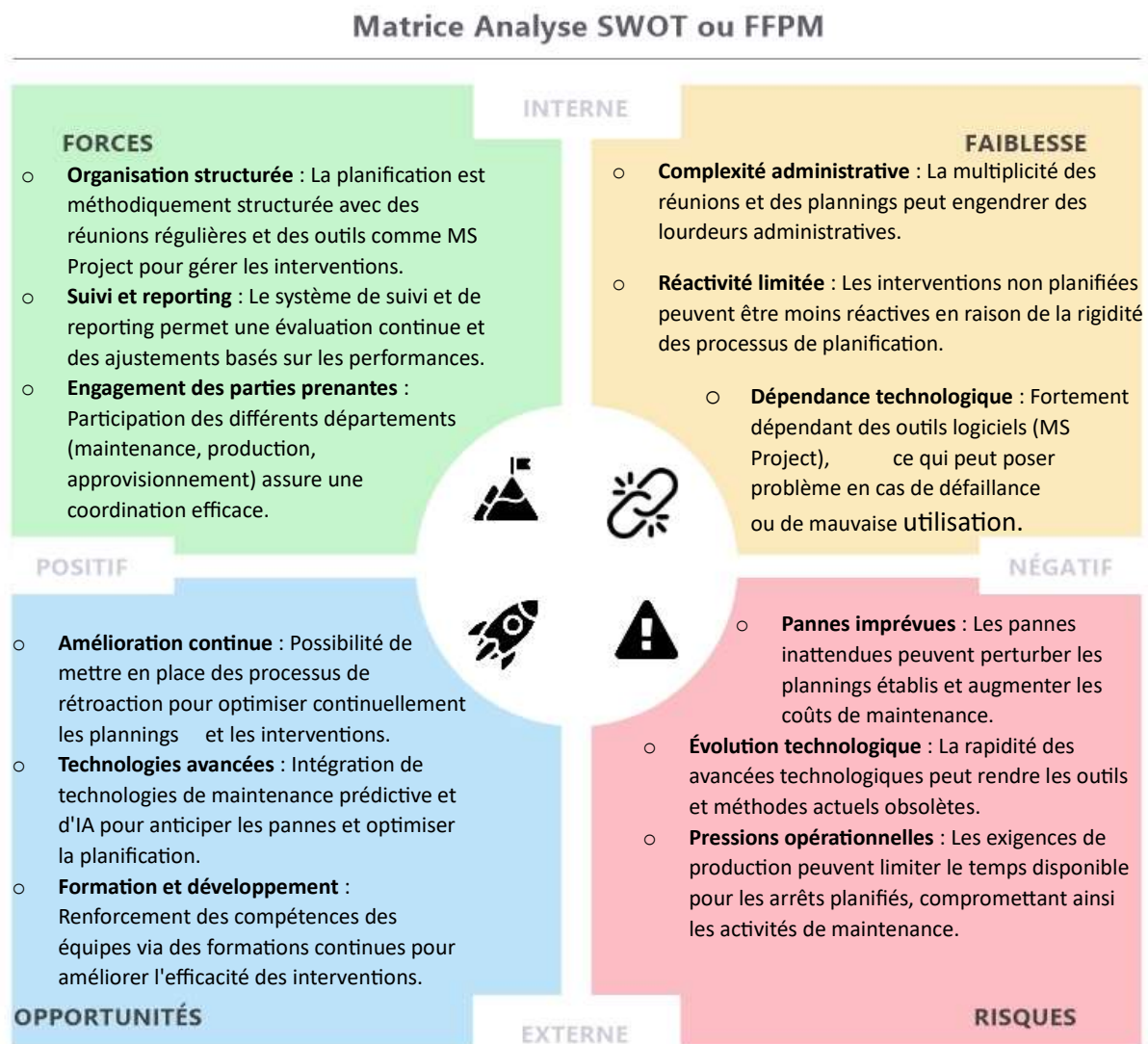
#### b. Méthodes et Exécution :

- Analyse des interventions : Les ordres de travail (OT) sont analysés pour planifier les interventions.
- Planification des arrêts : Élaboration des plannings initiaux pour les différents types d'arrêts (planifiés, révisions, périodiques).
- Réunions de planification : Sessions de planification mensuelles et hebdomadaires avec les différents intervenants (préparateur méthodes, maintenance opérationnelle, production, approvisionnement).
- Exécution des interventions : Réalisation des tâches planifiées.
- Reporting et évaluation : Suivi de la réalisation des plannings et édition des rapports journaliers et de révision.

#### c. Output :

- Plannings mis à jour : Mise à jour des plannings pour les arrêts PNP (Planification Non Périodique), révisions, et arrêts périodiques.
- Rapports : Édition des rapports journaliers et des révisions, ainsi que la liste des travaux non réalisés.

## 2. Matrice SWOT du Système de Maintenance



La maintenance des équipements industriels est un aspect crucial pour garantir la continuité et l'efficacité des opérations. Malgré un système de maintenance bien structuré, il est toujours possible de l'optimiser pour améliorer sa performance et sa réactivité. Les propositions d'amélioration suivantes visent à renforcer l'efficacité du système de maintenance actuel en exploitant les nouvelles technologies, en simplifiant les processus administratifs, et en augmentant les compétences des équipes.

## a. Propositions d'Amélioration

### i. *Optimisation des Processus*

La simplification des processus administratifs est essentielle pour éviter les lourdeurs qui peuvent retarder les interventions. Il est proposé de réduire le nombre de réunions nécessaires en centralisant la gestion de la planification. L'automatisation de certaines tâches administratives, comme la création de rapports et la mise à jour des plannings, permettra de libérer du temps pour les techniciens et les gestionnaires, augmentant ainsi leur disponibilité pour les tâches plus critiques.

### ii. *Adoption de la Maintenance Prédictive*

L'intégration de la maintenance prédictive est une avancée technologique qui peut transformer la manière dont les interventions de maintenance sont planifiées. En utilisant des capteurs et des technologies IoT pour surveiller en temps réel l'état des machines, il devient possible de prédire les pannes avant qu'elles ne surviennent. Les algorithmes d'IA peuvent analyser les données collectées pour identifier des schémas et des tendances indicatives de défaillances imminentes. Cette approche permet non seulement de prévenir les pannes, mais aussi de planifier les interventions de manière plus stratégique, réduisant ainsi les temps d'arrêt et les coûts de maintenance.

### iii. *Formation Continue*

Pour que les équipes de maintenance puissent tirer le meilleur parti des nouvelles technologies et des méthodes d'intervention, il est crucial de mettre en place des programmes de formation continue. Ces programmes doivent inclure des ateliers pratiques sur l'utilisation des nouveaux outils, des sessions de mise à jour sur les meilleures pratiques en matière de maintenance, et des certifications pour garantir un haut niveau de compétence. En investissant dans le développement des compétences des techniciens, l'organisation assure une meilleure performance et une adaptabilité accrue aux évolutions technologiques.

### iv. *Amélioration de la Communication*

Une communication fluide et efficace entre les différents départements est essentielle pour une coordination optimale des activités de maintenance. L'utilisation de plateformes collaboratives permet de partager en temps réel les plannings, les rapports et les informations critiques, facilitant ainsi la prise de décision rapide et informée. Une meilleure communication contribue également à une compréhension mutuelle des contraintes et des besoins de chaque département, favorisant une coopération harmonieuse et productive.



v. *Flexibilité et Réactivité*

La capacité à réagir rapidement aux pannes imprévues est un indicateur clé de l'efficacité d'un système de maintenance. Il est proposé de développer des procédures de gestion des urgences pour améliorer la réactivité aux incidents. Des équipes de maintenance polyvalentes, formées pour intervenir sur différents types de problèmes, peuvent être constituées pour assurer une réponse rapide et efficace. En augmentant la flexibilité des interventions, l'organisation peut minimiser les interruptions de production et maintenir un niveau élevé de performance opérationnelle.

---

### *Conclusion*

---

En mettant en œuvre ces propositions d'amélioration, le système de maintenance peut devenir plus efficace, réactif et performant, réduisant ainsi les temps d'arrêt imprévus et prolongeant la durée de vie des équipements. Ces initiatives contribuent à une meilleure gestion des ressources et à une optimisation globale des opérations de maintenance.

---

### *Ouverture :*

---

Pour aller plus loin dans l'amélioration des opérations industrielles, il serait pertinent d'explorer l'intégration de la gestion de l'énergie dans le processus de maintenance. En adoptant des stratégies de gestion énergétique, l'organisation pourrait non seulement optimiser les coûts de maintenance, mais aussi réduire l'empreinte carbone et améliorer la durabilité environnementale de ses opérations. Une étude approfondie sur l'impact de la gestion énergétique sur la maintenance des équipements pourrait offrir des insights précieux pour une optimisation encore plus poussée.