

POURQUOI UTILISER DES MACHINES A VAPEUR DANS LES SCIERIES ?

par Alfred BECKER,
Ingénieur en chef, à Brême.

SUMMARY

STEAM ENGINES IN SAWMILLS

The authors examine the conditions under which wood wasted, always abundant in a sawmill, can be used to fire the boilers supplying the plant's energy requirements. He deals successively with the calorific properties of waste in terms of humidity, the quantity of steam produced, the electrical energy this steam can generate, and the quantity of heat available in the exhaust steam.

A comparison is then made, from the point of view of capital outlay, amortization and operation, with a firm whose energy is supplied by a Diesel engine.

RESUMEN

LAS MAQUINAS DE VAPOR EN LAS SERRERIAS

El autor examina las condiciones en que los residuos de la madera, siempre abundantes en una serrería, pueden ser utilizados para la alimentación de las calderas que, a su vez, proporcionen la energía necesaria para el funcionamiento del taller. Con este objeto, el autor estudia sucesivamente el poder calorífico de los residuos en función de la humedad, la cantidad de vapor que puede obtenerse, la energía eléctrica que puede derivarse, así como la cantidad de calor disponible en el vapor de escape.

El autor establece acto seguido una comparación desde el punto de vista experimental, amortización y funcionamiento con una empresa cuya energía sería obtenida por medio de un motor Diesel.

NOTE DE LA REVUE

Avant la dernière guerre, la quasi-totalité des scieries installées outre-mer était équipée de machines à vapeur et brûlait les déchets pour alimenter les chaudières. Cet état de choses subsista encore en grande partie une douzaine d'années mais, depuis un certain temps, une évolution s'est dessinée et la vapeur se trouve, le plus généralement, abandonnée.

Dans les villes où il existe un service de distribution d'énergie électrique, les scieries se sont équipées de moteurs électriques et s'alimentent sur le secteur ; en brousse la plupart des installations utilisent des moteurs Diésel. Cette évolution s'est faite naturellement devant les commodités présentées par le courant

électrique, lorsque l'usine peut être raccordée au réseau, ou par le gas-oil, lorsque le ravitaillement en est facilité par un bon réseau de voies de communication.

Dans les deux cas, il suffit d'appuyer sur un bouton et le moteur est en marche. En face de ces facilités la machine à vapeur présente bien des sujétions : allumer et entretenir le foyer, obtenir à l'heure de la mise en marche de la scierie la pression suffisante, veiller à la qualité de l'eau pour éviter les phénomènes de corrosion de la chaudière, etc...

Cette évolution est-elle irréversible, ou tout au moins doit-elle toujours se poursuivre dans le même sens ? On peut penser que non si l'on considère d'une part le prix de revient du combustible utilisé pour le fonctionnement d'une chaudière à vapeur et d'autre

part le prix du carburant Diesel. Les déchets de sciage utilisés par la machine à vapeur ont une valeur nulle ou même négative si l'on considère que la plupart des entreprises dépensent de l'argent pour s'en débarrasser, généralement en les brûlant en plein air avec les risques que cela comporte. Le prix du gas-oil au contraire, augmente à mesure que l'on s'éloigne de la côte vers l'intérieur avec l'allongement des voies de communication depuis les ports. Les chaudières modernes, enfin, présentent des facilités de conduite que les autres n'offraient pas.

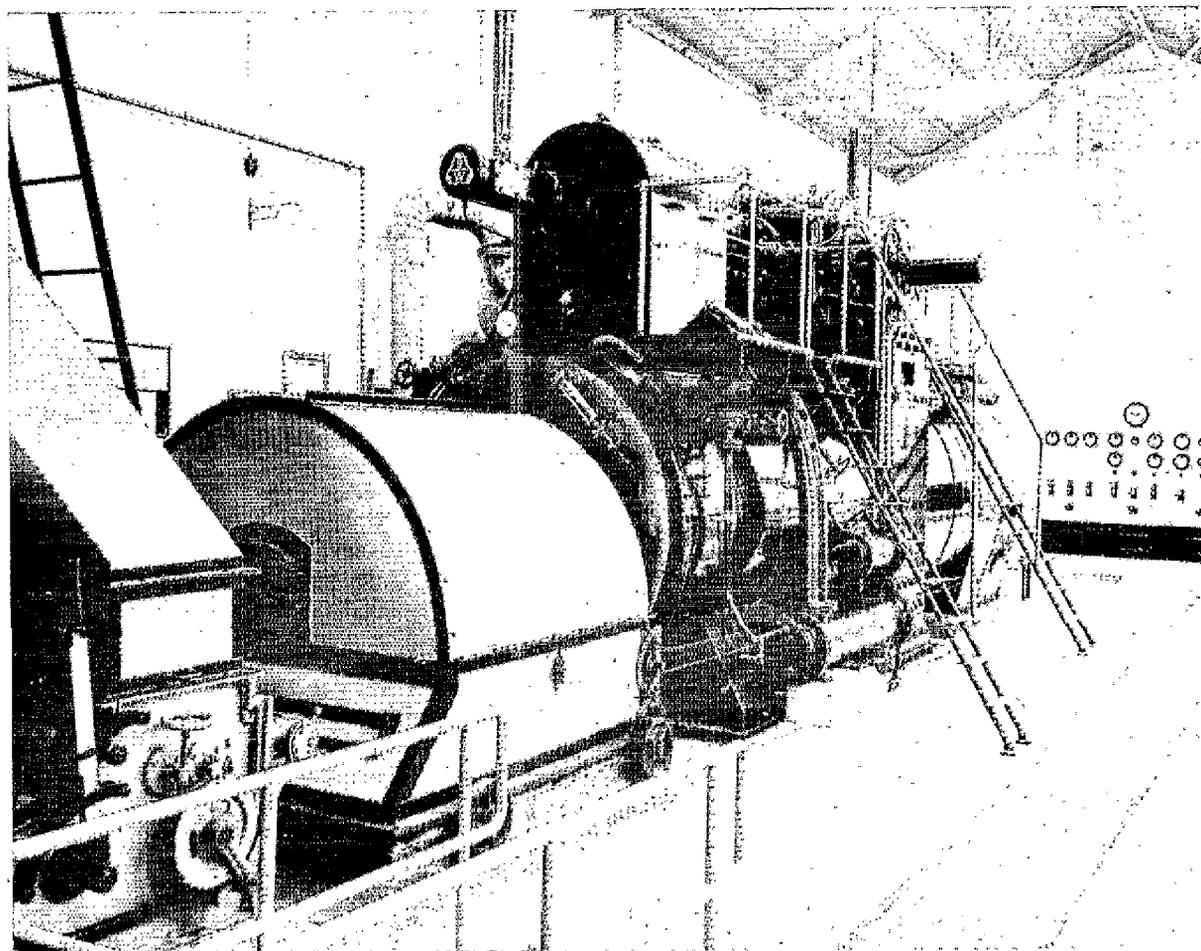
Nous publions ci-dessous un article de M. Alfred Becker, Ingénieur à Brême (République Fédérale Allemande) qui fait une étude comparée de l'utilisation du moteur Diesel et de la machine à vapeur pour le fonctionnement des scieries.

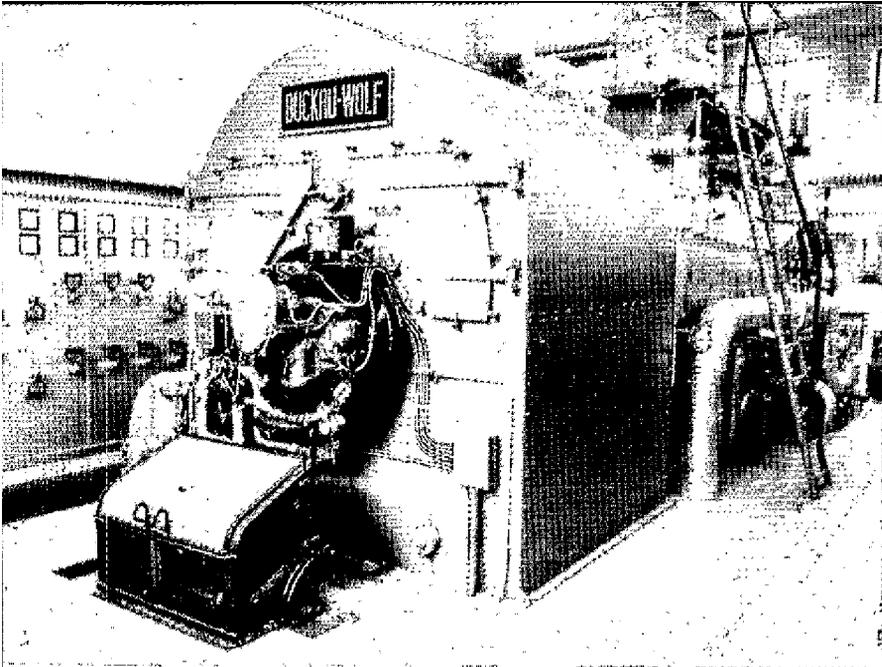
Cette étude qui, pensons-nous, intéressera nos lecteurs n'a pas été faite dans l'optique d'une scierie tropicale, c'est pourquoi, certains points demandent à être précisés.

L'auteur attache en particulier une certaine importance à l'utilisation des sciures, or dans les scieries

tropicales, l'arrosage des lames de scies est souvent une nécessité technique, en conséquence les sciures sont imprégnées d'eau et ne peuvent pas être transportées par des moyens pneumatiques. Le fait est d'ailleurs sans importance pratique car les autres déchets de bois (dosses et délignures) suffisent très largement pour assurer la production de force motrice. On estime en effet, généralement en Afrique que le rendement grumes/sciages est en gros de 50 % et souvent inférieur. Parmi les 50 % de déchets on a 8 à 10 % de sciures ; il reste donc environ 40 % de dosses et délignures. Pour un m³ de bois en grumes passé en scierie on aura ainsi, dans le cas d'un bois ayant une densité de 0,70 à 40 % d'humidité, 280 kg de déchets utilisables, ce qui est amplement suffisant, comme le montre l'un des exemples traités par M. Becker dans lequel une scierie fonctionne avec 75 kg de déchets (sciures) par mètre-cube de bois consommé. Ceci est également confirmé par l'expérience, qui a montré qu'en Afrique les scieries fonctionnant au bois ont toujours eu suffisamment de déchets pour les alimenter.

Chaudière semi-fixe Buckau - - Wolf NES 10 —
180 CV, 315 t/min, à foyer à gradins en sous-sol, avec transport du combustible.





Chaudière Buckau Wolf H D K 32, à triple parcours, pour vapeur surchauffée, 3,2 l/h, 25 kg/cm², 400° C, à foyer à gradins en sous-sol, pour chargement manuel, installation de transport pneumatique des copeaux et foyer à mazout additionnel.

$$P_{ci} = (88 - H) \times 50 \quad (\text{kcal/kg})$$

Dans les scieries, on n'a le plus souvent aucune possibilité d'employer les déchets de bois, tels que l'aubier, l'écorce et la sciure de bois, etc... pour une fabrication quelconque. La sciure de bois est considérée encore aujourd'hui le plus souvent comme un déchet invendable. Même dans les pays où le bois est rare, les frais de transport élevés empêchent la vente

de la sciure de bois à d'autres branches de l'industrie qui pourraient l'utiliser.

Mais si l'on réfléchit qu'en débitant par exemple 1.000 m³ de troncs et de rondins des qualités les plus basses, les déchets formés par l'écorce représentent à eux seuls environ 150 m³, soit près de 90 t, et que l'on produit en plus une quantité de sciure de bois de près de 70 t, on peut se poser la question de savoir si cette quantité importante de combustible ne pourrait pas être récupérée pour la production d'énergie dans la scierie même.

Toute scierie a besoin de force motrice et parfois de chaleur et ces besoins en force motrice et en chaleur peuvent être couverts, en ce qui concerne les combustibles, par les moyens propres de la scierie.

En transformant la chaleur que peut fournir le bois utilisé comme combustible, il est tout à fait possible de faire fonctionner des chaudières à vapeur équipées de foyers appropriés et de produire avec ces chaudières l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de la scierie.

Afin de pouvoir brûler les déchets de bois, les foyers sont réalisés en général sous forme de foyers alimentés par l'avant avec une grille à gradins qui brûlent des morceaux de bois chargés sur la grille et des produits à grains fins injectés avec un courant d'air et qui donnent une combustion d'un bon rendement économique.

Pour transporter la sciure de bois et les poussières de bois, on utilise de l'air comprimé. Cet air comprimé sert à injecter tous les déchets en grains fins à travers des tuyères dans le foyer du générateur de vapeur.

Si l'on a un bois avec une humidité de 40 %, on a alors

$$P_{ci} = (88 - 40) \times 50 = 2.400 \quad (\text{kcal/kg})$$

L'erreur par rapport à l'application de la formule

Du point de vue de la technique de la combustion, cette injection pneumatique présente l'avantage que les particules minuscules offrent une grande surface à l'action de l'air et qu'elles réagissent rapidement étant donné qu'elles sont intimement mélangées avec l'air servant à assurer leur transport. Cet avantage résultant des grandes surfaces d'échange entre le combustible et l'air peut d'ailleurs être encore poussé en déchiquetant les déchets plus massifs dans une déchiqueteuse rotative, donnant des produits suffisamment fins pour qu'ils puissent être entraînés par l'air dans les tuyères de combustion.

Evidemment, le déchiquetage des écorces et des autres déchets consomme de la force motrice. Une déchiqueteuse rotative de puissance moyenne donnant environ 600 kg/h de produits déchiquetés exige une puissance d'environ 14 kWh.

Cette injection pneumatique des déchets présente d'ailleurs un autre avantage indiscutable dans les régions où l'on mène une lutte active contre la pollution de l'air. En effet, avec ce dispositif, on peut renoncer à un dépoussiérage des fumées et même à une séparation à flux partiel.

Mais avant d'étudier le problème de la récupération des déchets, nous voulons donner réponse à un certain nombre de questions :

a) Quel est le pouvoir calorifique (il s'agit ici du pouvoir calorifique inférieur) des déchets de bois en fonction de leur teneur en eau ?

La formule ci-après donne le pouvoir calorifique inférieur P_{ci} en kcal/kg pour un degré d'humidité H quelconque indiqué en %.

$$P_{ci} = \frac{(87,75 - H) \times 1.000}{19,75} \quad (\text{kcal/kg})$$

Si l'on se contente d'une précision de 1 %, on peut alors appliquer la formule empirique simplifiée suivante :

exacte ne dépasse pas 0,75 %. La formule simplifiée suffit largement pour le calcul du taux de vaporisation.

Pour les bois résineux, les formules indiquées ci-dessus ne sont évidemment pas applicables étant donné que le pouvoir calorifique varie très fortement et dépend de la teneur en résine. Pour du bois de pin présentant une humidité de 10 %, par exemple, on a pu obtenir un pouvoir calorifique inférieur dépassant de 70 % les valeurs données par la formule.

Si l'on brûle beaucoup d'écorce, il faut alors compter sur un pouvoir calorifique inférieur moins élevé.

L'auteur a mis au point d'autres règles empiriques pour des combustibles dans lesquels le pouvoir calorifique dépend en principe du degré d'humidité.

Fibres de sisal : $P_{ci} = (86 - H) \cdot 42 \times$ (kcal/kg)
 Déchets de sisal : $P_{ci} = (80 - H) \cdot 50 \times$ (kcal/kg)
 Sarments de vigne : $P_{ci} = (89 - H) \cdot 56 \times$ (kcal/kg)

b) Combien de kg de vapeur peut-on obtenir à partir d'une certaine quantité de bois ?

Supposons qu'une scierie débite par an 10.000 m³ de bois. Nous supposons que les sciures de bois correspondantes sont brûlées pendant une durée de fonctionnement de 1.800 heures par an.

1 m³ de bois constitue une masse de bois, sans aucun vide, de 1 m³. Mais dans les scieries, on peut souvent mesurer les bois débités, en stères, c'est-à-dire une masse de bois brut empilée dans un cube de 1 m de côté, qui correspond à environ 0,7 à 0,8 m³ de bois.

$$1 \text{ m}^3 = 1,25 \text{ à } 1,43 \text{ stère}$$

Pour 1 m³ de rondins, on peut admettre qu'il faut jusqu'à 1,65 stère, tandis que pour 1 m³ de bois de charpente écorcé, on peut compter en moyenne 1,15 stère.

Admettons pour notre exemple qu'en débitant 1 m³ de bois on obtienne 75 kg de sciure de bois. Cela donne, pour un débit annuel de 10.000 m³ pour chaque heure de fonctionnement :

$$\frac{10.000 \times 75}{1.800} = 417 \quad (\text{kg/h}) \text{ de sciure.}$$

La quantité de sciure dépend évidemment de l'épaisseur des lames de scies utilisées, mais elle dépend aussi très fortement de l'humidité, c'est-à-dire du poids à l'état humide des bois débités.

Pour pouvoir déterminer la quantité de vapeur que l'on peut produire, il nous

manque encore un chiffre que nous désignerons sous le nom de coefficient de vaporisation et qui indique combien de kg de vapeur on peut tirer d'1 kg de combustible.

En admettant que l'eau d'alimentation soit fournie à la chaudière à une température de 75 °C — qu'il s'agisse d'une chaudière à vapeur saturée ou d'une chaudière à vapeur surchauffée — on peut calculer ce coefficient de vaporisation pour les tailles de chaudières que l'on trouve normalement dans les scieries à l'aide des formules empiriques suivantes :

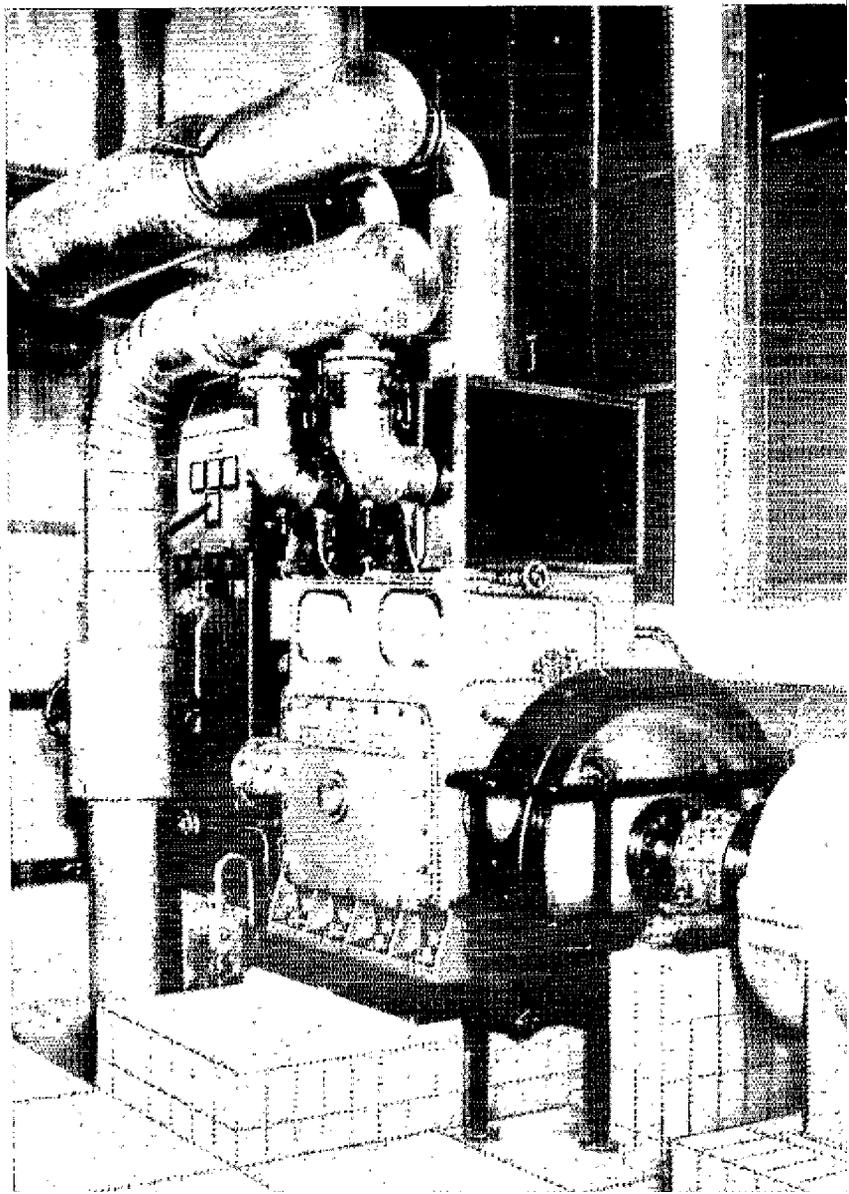
Chaudière à vapeur saturée :

$$x_{st} = 12,2 P_{ci}/10.000$$

Chaudière à vapeur surchauffée :

$$x_{so} = 10,7 P_{ci}/10.000$$

Ce coefficient que l'on désigne également sous le nom de coefficient brut de vaporisation se rapporte à l'ensemble du générateur de vapeur, y compris le foyer, et tient compte des conditions de fonctionnement.



Machine à vapeur verticale Buckau-Halberg à deux cylindres à contre-pression, 2 C, 440 C.V., 1.000 l/min.

Dans la formule donnée ci-dessus pour la chaudière à vapeur saturée, on a admis que la chaleur totale de la vapeur était de 750 kcal/kg.

Pour un pouvoir calorifique inférieur de 2.400 kcal/kg, on obtient alors comme coefficient de vaporisation :

pour une chaudière à vapeur saturée :

$$x_{st} = 12,2 \times 2.400/10.000 = 2,93$$

pour une chaudière à vapeur surchauffée :

$$x_{sc} = 10,7 \times 2.400/10.000 = 2,57$$

La quantité de vapeur que l'on peut donc obtenir par heure dans notre exemple numérique s'élève à :

chaudière à vapeur saturée :

$$D_{st} = 417 \times 2,93 = 1.220 \text{ kg/h}$$

chaudière à vapeur surchauffée :

$$D_{sc} = 417 \times 2,57 = 1.065 \text{ kg/h}$$

Une chaudière à vapeur saturée fournit donc 1.220 — 1.065 = 155 kg/h de vapeur de plus qu'une chaudière à vapeur surchauffée consommant la même quantité de combustible.

Cela nous indique en même temps que la machine à vapeur qui fournit une puissance que nous déterminerons plus loin, consomme 155 kg de vapeur.

c) Quelle est l'énergie électrique exprimée en kWh que l'on peut tirer de la quantité de combustible de 417 kg que l'on vient de déterminer ?

Nous renoncerons ici aux calculs quelque peu compliqués et inutiles pour cet article de la consommation spécifique de vapeur de la machine à vapeur.

Pour les besoins d'exploitation d'une scierie, on utilise en général dans la canalisation d'échappement de vapeur de la machine à vapeur une pression de 1,2 à 1,4 kg/cm² abs. Si l'on dispose de suffisamment de déchets combustibles, il n'est pas nécessaire de calculer la chaudière pour une pression de service supérieure à 16 kg/cm² abs. Si l'on tient compte du fait que l'eau d'alimentation est réchauffée à 75 °C, on voit que 1 kWh mesuré au tableau de distribution consomme en gros 12 kg de vapeur.

417 kg/h de sciure de bois permettent d'obtenir une puissance de :

$$P_e = 1.065/12 = 89 \quad (\text{kWh})$$

En b) on a vu que la consommation supplémentaire pour la production de force motrice exigeait une quantité de vapeur de 155 kg/h. La vapeur consommée par kWh est donc :

$$155/89 = 174 \quad (\text{kg/kWh})$$

Cela signifie, compte tenu du coefficient de vaporisation, que la consommation de déchets combustibles par kWh ne dépasse pas :

$$1,74/2,57 = 0,68 \quad (\text{kg})$$

d) Quelle est la quantité de chaleur utile contenue dans la vapeur après fourniture de la puissance mécanique ?

La vapeur d'échappement de la machine à vapeur fournie par exemple à 1,2 kg/cm² abs. contient encore, si l'on déduit les pertes de chaleur dans le condenseur, une quantité de chaleur s'élevant en gros à 560 kcal/kg. La totalité de la chaleur disponible pour la consommation s'élève donc à :

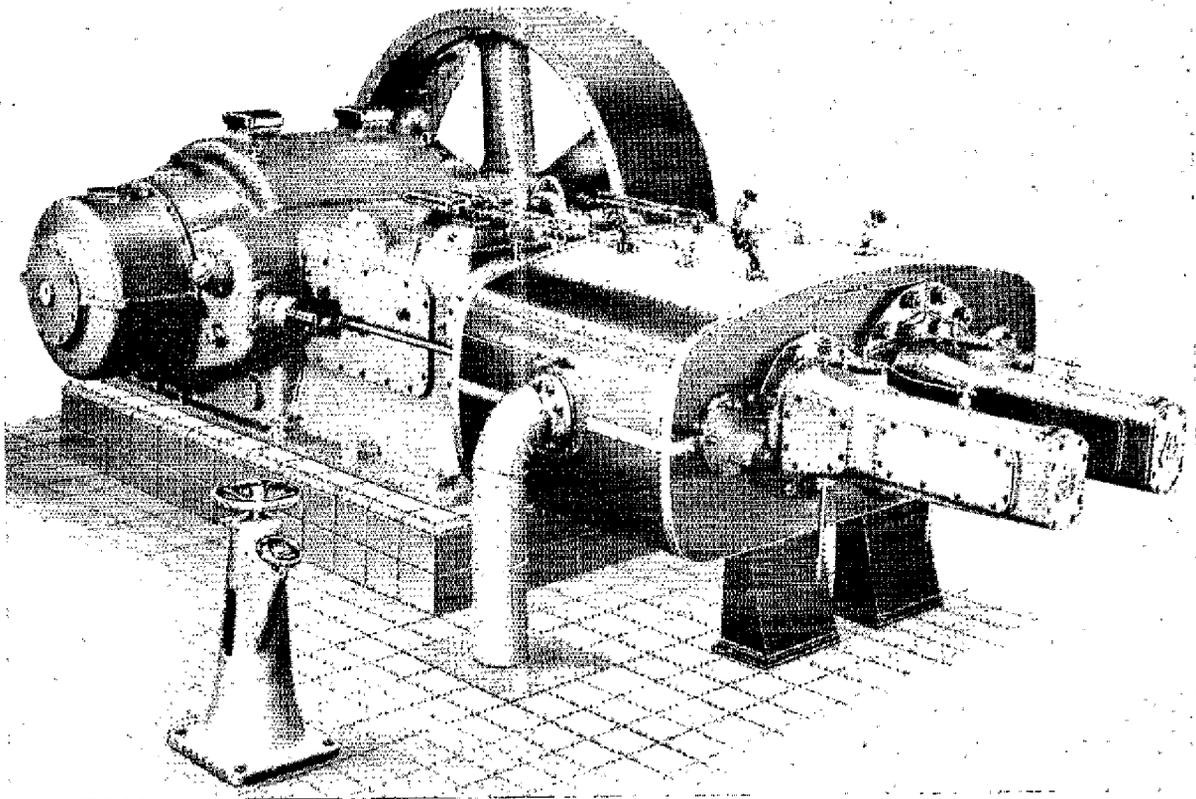
$$Q = 1.065 \times 560 = 595.000 \quad (\text{kcal})$$

La chaleur contenue dans la vapeur d'échappement dépend essentiellement de l'utilisation de la vapeur dans la machine à vapeur. Si la machine est de mauvaise qualité et si la vapeur est utilisée, la quantité de chaleur disponible dans la vapeur d'échappement sera élevée tandis que la puissance électrique fournie sera faible. Si l'on dispose d'une quantité très abondante de déchets combustibles et si la fourniture d'eau d'alimentation supplémentaire (lorsqu'on récupère les eaux condensées) ne pose pas de problème, le rendement de la machine à vapeur ainsi d'ailleurs que le rendement du combustible dans la chaudière présenteront une importance secondaire.

Toutefois si la vapeur est mal utilisée dans la machine, il ne faut pas oublier que la vapeur à l'échappement prend un volume plus grand ce qui, dans certaines circonstances, peut nécessiter l'emploi d'un réseau de canalisations plus grandes, ce qui augmente les investissements.

Ainsi par exemple, une vapeur sous une pression de 1,2 kg/cm² contenant une chaleur utile de 650 kg/kcal occupe un volume de 1,536 m³/kg. Si la quantité de chaleur utile contenue dans la vapeur d'échappement est 3 % plus élevée, le volume de vapeur passe à 1,702 m³/kg. On voit que le volume de vapeur augmente de 10,8 %. Mais puisque la puissance de la machine à vapeur diminue par suite de la mauvaise utilisation de la vapeur et tombe de 89 à 72 kWh, on voit que la perte de puissance mécanique est également importante. Si l'on a effectivement besoin de 89 kW, il faut porter la quantité de vapeur fournie de 1.065 à 1.320 kg/h. On voit que pour la même puissance mécanique et pour une augmentation de 3 % de la quantité de chaleur utile dans la vapeur d'échappement, le volume de vapeur nécessaire a augmenté de 37 %. Simultanément, la consommation de combustible a augmenté d'environ 100 kg/h, ce qui toutefois est secondaire si l'on dispose de suffisamment de déchets. Pour compléter, rappelons encore qu'il ne faut en aucun cas envoyer de la vapeur trop fortement surchauffée aux appareils destinés à faire sécher des produits sensibles à la chaleur.

Par contre, si la quantité de déchets combustibles disponibles est juste suffisante, il faudra que l'ingénieur thermicien fournisse une installation donnant le meilleur rendement économique possible. Dans ce cas, on cherchera à ce que le débit de vapeur traversant la machine corresponde exacte-



Machine à vapeur compound horizontale Buckau-Wolf à 2 cylindres, N D V 62, 620 CV, 275 t/min.

ment au débit de vapeur consommé pour le chauffage.

Dans l'ensemble de ces considérations, on a admis implicitement que toutes les machines de la scierie étaient entraînées par des moteurs électriques. Tout le monde sait évidemment que la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique entraîne des pertes qui, en cas de charge partielle, sont plus grandes que lorsque l'énergie mécanique est transmise directement par une transmission. Mais les avantages de la transmission électrique de l'énergie sont tels que personne ne veut plus y renoncer, de sorte que les transmissions mécaniques n'ont plus leur place dans les scieries modernes.

Pour compléter cette étude, nous voulons envisager une entreprise dans laquelle la totalité de la force électrique est fournie par un moteur Diésel, tandis que les besoins en chaleur sont couverts par une chaudière à vapeur saturée.

Nous savons, d'après le paragraphe b), que le débit de vapeur fourni par une chaudière à vapeur saturée peut être obtenu avec 15 % de combustible en moins que dans le cas d'une chaudière à vapeur surchauffée. Une chaudière à vapeur saturée

n'a même pas besoin d'être équipée d'un surchauffeur pour fournir une vapeur surchauffée de 30 à 50 °C. Une vapeur légèrement surchauffée présente l'avantage de pouvoir être transportée sur des distances relativement grandes, afin d'être encore sèche à l'endroit où on l'utilise. Admettons que l'on ait une chaudière à vapeur prévue pour une pression de service de 11 kg/cm² abs, alors la vapeur que l'on peut prélever par l'intermédiaire d'une soupape de laminage est surchauffée de 48 °C sous une pression de 1,2 kg/cm² abs. Après ces explications, on peut évidemment se demander l'intérêt que présente l'installation d'une centrale à vapeur si l'on peut obtenir le même résultat avec une simple chaudière à vapeur saturée et avec un moteur Diésel. On sait également que l'investissement nécessaire pour l'installation avec machine à vapeur est plus élevé que pour une installation fournissant de la vapeur saturée flanquée d'un moteur Diésel et d'une cuve à mazout. Evidemment, il faut acheter le mazout pour le moteur Diésel. Mais la dépense pour le mazout est-elle beaucoup plus élevée que le capital qu'il faut investir pour la machine à vapeur ? Nous voulons examiner ce point à l'aide

d'un exemple numérique : Supposons que l'on ait besoin d'une puissance mécanique = 200 kW mesurée au tableau et d'une puissance calorifique = $1,5 \times 10^6$ kcal/h.

D'après des installations analogues, on sait que la petite centrale à vapeur fournie toute installée et prête à servir représente, par rapport à une simple chaudière avec un groupe Diésel, une dépense supplémentaire d'environ :

DM 120.000,-- (1)

On voit qu'il s'agit là d'une différence considérable.

Le taux d'intérêt pour l'investissement supplémentaire peut être considéré comme étant égal à environ 7 %.

Le taux d'amortissement d'une installation dépend par contre de la durée prévue pour le matériel. Comme base pour l'amortissement à prévoir en raison de l'usure, on prend toujours le prix d'achat. La méthode la plus simple et la plus souvent utilisée pour les calculs d'amortissement est la méthode linéaire, le prix d'achat de la machine étant réparti uniformément sur la durée d'utilisation normalement prévue en service.

La valeur résiduelle prévue au bilan de ce supplément de frais pour la première installation se trouve réduite d'un bilan au suivant du montant annuel prévu pour l'amortissement. Il en résulte la valeur résiduelle momentanée comptée à l'inventaire.

Dans le cadre des présentes considérations, nous ne voulons pas faire entrer en ligne de compte la durée d'emploi et la possibilité de fonctionnement extrêmement longue que présentent, comme chacun le sait, les machines à vapeur. Nous nous contenterons de prévoir l'amortissement sur une durée de 10 ans seulement.

Nous adopterons les notations suivantes :

K = investissement supplémentaire

p = taux de l'intérêt

n = durée d'utilisation

Le montant de l'amortissement annuel pour l'investissement supplémentaire s'élève par conséquent à :

$$A = K \left(p + \frac{p}{(1+p)n-1} \right) = \quad (\text{DM/an})$$

$$A = 120.000 (0,07 + \left(\frac{0,07}{(1+0,07)10-1} \right)) = (\text{DM/an})$$

$$A = 120.000 \times 0,142 = \underline{17.000} \quad \text{DM/an}$$

Nous devons faire intervenir dans nos considérations les heures d'utilisation ou la durée d'utilisation de l'installation, qui constituent un facteur important du calcul.

(1) Un Deutschmark (1 DM) correspond à environ 1,23 Franc français.

Admettons pour le moteur Diésel une consommation de combustible de 0,3 kg par kWh fournie au tableau. Nous admettrons, ce qui est favorable, que l'installation Diésel est utilisée en moyenne à 75 %. En admettant comme prix pour le gaz-oil 400 DM par tonne (1), l'on a le tableau suivant :

Durée d'utilisation heures/an	Energie fournie kWh	Gas-oil consommé t	Dépense en Gas-oil DM
2.000	300.000	90	36.000,--
2.500	375.000	112,5	45.000,--
3.000	450.000	135	54.000,--
3.500	525.000	157,5	53.000,--

D'après ce tableau, on peut voir immédiatement que les frais à engager pour le combustible pour le moteur diésel sont deux fois plus élevés que l'amortissement du capital d'investissement supplémentaire de 17.000 DM et cela même, pour une faible durée d'utilisation de 2.000 heures par an. Si l'on admet une durée d'utilisation de 3.500 heures par an, on voit que 50 % de la dépense supplémentaire sont couverts au bout d'un an.

Il est donc indiscutable que, lorsqu'on dispose de déchets combustibles gratuits, la machine à vapeur est de loin supérieure au moteur diésel. Si l'on admet en outre que la machine à vapeur peut être utilisée pendant 20 ans, on voit que le montant annuel de l'amortissement pour l'investissement supplémentaire par rapport à un moteur Diésel n'est plus que de DM 11.400,--.

Une critique serrée fera valoir à juste titre que les frais d'entretien annuels sont rapportés à la valeur d'achat de l'installation et qu'il faut donc augmenter ces frais d'entretien de la quote-part correspondant à l'investissement supplémentaire par rapport à une installation avec groupe Diésel.

Quoiqu'en raison même des principes de fonctionnement les frais d'entretien d'un moteur diésel soient plus élevés que ceux d'une machine à vapeur, nous admettrons pour les deux installations le taux usuel d'entretien de 1,5 %. On a donc comme frais d'entretien supplémentaires

$$120.000 \times 0,015 = 1.800,-- (\text{DM/an})$$

On voit que cette somme représente en gros 5 % de la dépense la plus faible de combustible, ce qui reste donc sans effets sensibles sur la rentabilité de l'installation avec machine à vapeur.

La préférence que l'on donne aux machines à vapeur dans les scieries ne provient pas seulement de leur rentabilité, mais elle est justifiée également du fait que la machine à vapeur présente une robustesse exceptionnelle par rapport aux autres installations motrices (moteurs à gaz, moteurs diésel,

(1) Ce qui correspond après conversion en litres et en francs français à environ 0,42 F le litre. A titre indicatif le gaz-oil revient en francs français à 0,42 le litre à Libreville (Gabon), à 0,50 le litre en moyenne pour l'ensemble de la zone forestière de la Côte-d'Ivoire, mais, par suite du transport son prix s'élève à environ 0,90 F au Tchad.

turbines à vapeur) et permet de supporter de très fortes surcharges. Cette grande capacité de surcharge produit d'ailleurs souvent dans les scieries des abus dans l'exploitation de la machine à vapeur. En d'autres termes, on exige non seulement que les machines à vapeur puissent étaler les fréquentes pointes de consommation résultant obligatoirement des variations brusques de charge des scies alternatives, des trancheuses et des raboteuses, mais on exige d'elles finalement, lorsque la scierie prend de l'extension, une puissance qui n'a pas du tout été prévue par le constructeur de la machine.

Lorsqu'une scierie a un fonctionnement quotidien, le matin la chaudière a encore une pression de 12 kg/cm² pour une pression de service de 15 kg/cm² ou de 15 kg/cm² pour une pression de service de 18 kg/cm² et il suffit d'un temps de chauffe d'une heure environ pour retrouver cette pression de service.

La question du traitement de l'eau d'alimentation, soulève, avec les chaudières semi-fixes qui disposent d'un système de tube amovible, beaucoup moins de difficultés.

En général il suffira de prévoir une décantation préalable de l'eau dans un bassin à compartiments et l'adjonction d'un dissolvant correspondant à la nature de l'eau. Des installations coûteuses d'adoucissement et de dégazage ne seront nécessaires que dans des cas particuliers.

Ainsi se trouvent levées la plupart des sujétions

entraînées par l'utilisation des machines à vapeur.

Pour donner une indication approximative des investissements nécessaires, nous avons fait une évaluation du prix de revient de l'installation de la force motrice à vapeur pour une petite, moyenne et grande entreprise.

En retenant des installations semi-fixes qui ont fait leurs preuves dans les régions tropicales, grâce à leur construction robuste et leur conduite simple on parvient aux résultats suivants:

- 1^{er} cas : Débit de vapeur 740 kg/heure.
Puissance 86 cv = environ 56 kW.
Prix approximatif : D M 110.000.
- 2^e cas : Débit de vapeur 1.440 kg/heure.
Puissance 180 cv = 120 kW.
Prix approximatif : D M 180.000.
- 3^e cas : Débit de vapeur 2.500 kg/heure.
Puissance 335 cv = environ 120 kW.
Prix approximatif : D M 280.000.

Ces prix s'entendent pour la semi-fixe elle-même y compris un foyer spécial pour des déchets de bois, le générateur et le tableau de commande, les courroies et tuyauteries à l'intérieur du bâtiment des machines, pour livraison FOB port de la mer du nord.

Pour la conduite de ces installations il suffit d'un seul homme qui n'est pas occupé complètement par la commande du foyer et la surveillance de la machine et peut donc encore accomplir d'autres travaux accessoires.

