

Équipement électromécanique de l'usine d'incinération des ordures ménagères de la ville de Genève

Autor(en): **Wüthrich, F. / Bopp, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **91 (1965)**

Heft 15: **Epuration des eaux usées - Sauvegarde des eaux naturelles - Incinération des ordures, fascicule no 3**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-67670>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ÉQUIPEMENT ÉLECTROMÉCANIQUE DE L'USINE D'INCINÉRATION DES ORDURES MÉNAGÈRES DE LA VILLE DE GENÈVE

par F. WÜTHRICH et R. BOPP, ingénieurs de Von Roll S.A., Zurich

1. Introduction

L'accroissement de la population, sa concentration dans les grandes villes des pays industrialisés et l'amélioration du standard de vie exigent de trouver des solutions efficaces aux problèmes d'hygiène. Les dommages causés par la pollution de l'eau sont si évidents qu'il est inutile de les répéter. Heureusement le nombre de stations d'épuration des eaux a grandi rapidement et l'on peut espérer que l'assainissement de nos rivières et lacs sera réalisé encore du temps de notre génération.

Cependant il existe déjà une nouvelle tâche qui exige toute notre attention : la quantité des ordures ménagères croît de jour en jour. Leur décharge sur le terrain devient intolérable au vu des dommages qu'elle cause à la salubrité et à l'esthétique de la campagne, au péril qu'elle représente pour la santé de la population et à la pollution des eaux de l'atmosphère.

En raison de l'amélioration des conditions de vie, le pouvoir calorifique des ordures ménagères augmente. Bien des déchets, qui jadis étaient brûlés dans les foyers domestiques, sont versés dans les poubelles, puisque le chauffage central à mazout exclut leur incinération chez les particuliers. Le tas de papiers d'emballage utilisé par chaque famille devient de plus en plus volumineux et finalement la prodigalité des marchandises de consommation a atteint un niveau effrayant.

Une méthode hygiénique pour l'élimination des résidus urbains doit ainsi être recherchée. En Angleterre, pays à l'origine de l'industrialisation, le premier four d'incinération des ordures ménagères fut construit en

1876. Hambourg, première ville sur le continent, commença l'incinération en 1896 et Zurich possède une usine de ce genre depuis 1904. Evidemment la conception de ces premiers fours était encore primitive, mais l'essor de la technique a mené à des réalisations modernes, convenables, économiques et hygiéniques, répondant aux exigences posées par les lois contre la pollution de l'air et des eaux.

Le Département des travaux publics de la République et Canton de Genève a soigneusement étudié plusieurs projets pour le traitement des résidus urbains et industriels. Une enquête effectuée en 1960 a conduit à constituer trois groupes de communes pour l'évacuation et le traitement des ordures. Il s'agit des Intercommunales de Villette, Richelien et de la Ville de Genève. Cette dernière a été regroupée dans l'Intercommunale Les Cheneviers, qui a commandé à Von Roll S.A., Zurich, une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM). La maison Von Roll, s'occupant depuis plus de trente ans de projets et de réalisations dans ce domaine particulier de la technique de la combustion, possède une vaste expérience. Des raisons économiques sociales indiquent que l'utilisation de la chaleur produite est justifiée. Les autorités genevoises ont choisi d'en produire de l'énergie électrique. L'UIOM de la Ville de Genève, située aux Cheneviers, près de la centrale électrique de Verbois, est actuellement en construction. Elle sera mise en service cette année, répondra à toutes les conditions hygiéniques et sera une des plus modernes du monde.

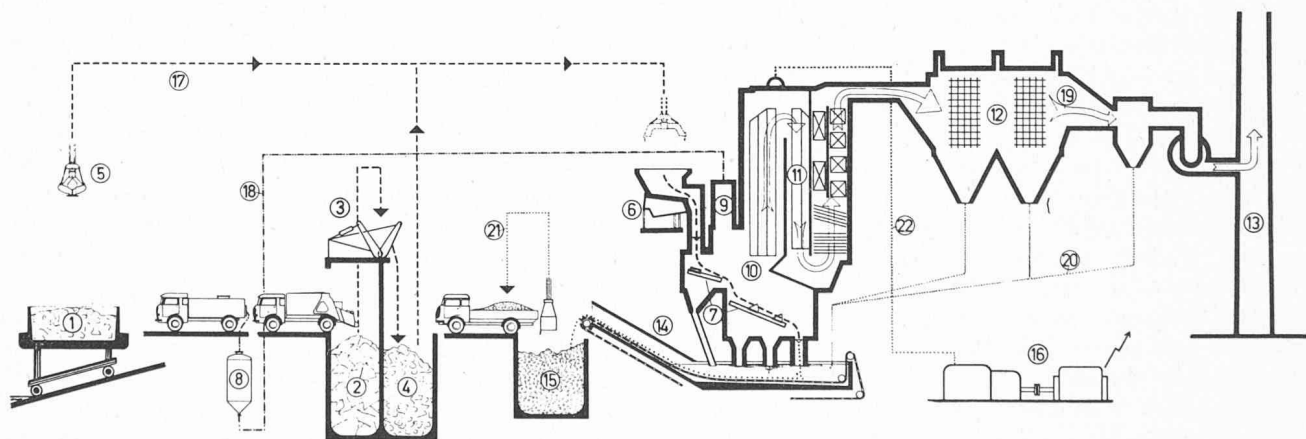


Fig. 1. — Schéma de fonctionnement de l'usine d'incinération des ordures ménagères de la Ville de Genève.

- | | | | |
|----|---|----|--------------------------|
| 1 | Barge | 11 | Chaudière |
| 2 | Fosse-silo pour déchets encombrants | 12 | Dépoussiérage |
| 3 | Broyeur-hacheur pour déchets encombrants | 13 | Cheminée |
| 4 | Fosse-silo à ordures ménagères | 14 | Canal à mâchefers |
| 5 | Benne preneuse | 15 | Fosse-silo à mâchefers |
| 6 | Trémie vibrante d'alimentation | 16 | Groupe turbo-alternateur |
| 7 | Grilles du foyer avec doseur et ringards automatiques | 17 | Ordures ménagères |
| 8 | Décantation des huiles usées | 18 | Huiles usées |
| 9 | Brûleur pour huiles usées | 19 | Gaz de combustion |
| 10 | Chambre de combustion | 20 | Cendres volantes |
| | | 21 | Mâchefers |
| | | 22 | Vapeur |

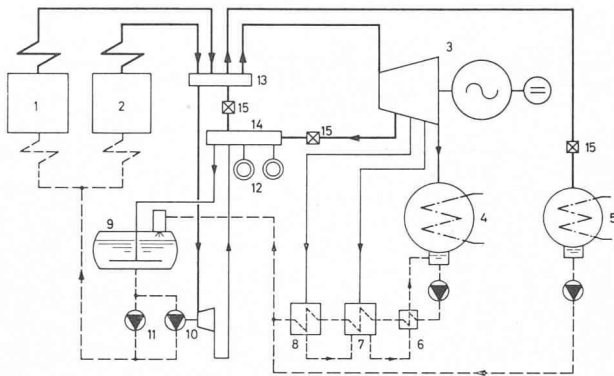


Fig. 2. — Schéma de principe thermique.

- 1 Chaudière
- 2 Chaudière
- 3 Groupe turbo-alternateur
- 4 Condenseur
- 5 Condenseur auxiliaire
- 6 Refroidisseur supplémentaire
- 7 Réchauffeur de l'eau d'alimentation
- 8 Réchauffeur de l'eau d'alimentation
- 9 Ballon de l'eau d'alimentation avec dégazeur
- 10 Pompe d'alimentation des chaudières avec entraînement par turbine à vapeur
- 11 Pompe d'alimentation des chaudières avec entraînement par moteur électrique
- 12 Consommateurs internes de vapeur
- 13 Distributeur à haute pression
- 14 Distributeur à basse pression
- 15 Soupapes de réduction

2. Description de l'usine

L'usine est équipée de deux fours, dont chacun est capable d'incinérer 200 t d'ordures par jour. Dans toutes les UIOM que Von Roll a construites jusqu'à présent, les camions de collecte déversent les ordures dans la fosse-silo. Celle-ci est d'une capacité suffisante pour stocker pendant quelques jours la totalité des ordures de la région entière. Ceci permet l'exploitation ininterrompue de l'usine pendant les jours de fête.

Aux Cheneviers cependant, la fosse-silo est relativement petite. Elle ne sert qu'au stockage des déchets d'une zone voisine. Un compartiment est prévu pour la réception des déchets encombrants. Ce compartiment est muni d'un broyeur-hacheur pour déchets encombrants.

La majorité des résidus urbains de la Ville de Genève est transportée à l'usine par voie fluviale. Les barges servent en même temps de silos. Arrivées à l'usine, elles sont hâlées dans un canal et tirées hors de l'eau par un cabestan qui les conduit à l'intérieur du bâtiment. Elles avancent progressivement dans le rayon d'action du pont roulant, situé dans la halle de déchargement. Là, elles sont déchargées par une benne preneuse. La commande du pont roulant s'effectue à distance. Le grutier est assis dans une cabine vitrée et climatisée, placée de façon à offrir la meilleure visibilité sur les différents postes de travail. Il est inévitable que durant la manutention des ordures, quelques déchets tombent de la benne. Pour éviter toute pollution de l'eau du Rhône, on a prévu le cabestan afin que les barges soient déchargées au sec et que les déchets tombés puissent être balayés par la suite.

En amont du puits de chargement se trouve une trémie vibrante d'alimentation. Celle-ci est mise en route, respectivement arrêtée, de manière à maintenir le niveau des ordures dans le puits entre deux limites,

inférieure et supérieure. La commande du vibreur s'effectue automatiquement par un appareil à rayons radio-actifs, placé dans la chemise de refroidissement du puits. A la sortie du puits de chargement les ordures passent par le doseur, qui en règle l'épaisseur sur la grille de préséchage. Elles s'allument vers la fin de cette grille et tombent sur la grille principale, sur laquelle s'effectue l'incinération proprement dite. Les grilles se composent de barreaux assemblés sur des poutres longitudinales, une poutre mobile effectuant un mouvement de va-et-vient entre deux poutres fixes de façon à transporter et ringarder le combustible. Les poutres mobiles sont actionnées par des servomoteurs hydrauliques, réglables indépendamment et de manière continue. Le choix de l'alliage des barreaux est le résultat de nombreuses expériences : il doit résister à l'abrasion, à des chocs mécaniques et surtout à des températures variables, s'élevant jusqu'à 1050, voire 1150°C.

Pour garantir une finition impeccable de l'incinération, deux ringards automatiques sont montés sur la grille principale. Ils sont constitués par une série de secteurs métalliques placés sur un arbre horizontal et agités pneumatiquement. Ils remuent la couche de combustible et séparent les cendres depuis les parties encore non brûlées, exposant celles-ci à l'air de soufflage pour leur oxydation complète.

Au bout des grilles, la matière incinérée tombe dans le canal à mâchefers rempli d'eau. Elle en est extraite par une chaîne racleuse et déposée dans un silo pour évacuation ultérieure par un pont roulant et par camions. Un ventilateur aspire l'air de combustion à l'intérieur de la halle de déchargement au-dessus du pont roulant. L'air comburant est chauffé en deux étapes. Un préchauffeur d'air à vapeur préchauffe l'air comburant à 100°C. Ensuite un échangeur récupérant la chaleur des gaz de combustion porte sa température à 300°C environ. Le premier échelon de préchauffage est indispensable pour prévenir toute corrosion des tubes de l'échangeur de chaleur. L'air comburant, ainsi chauffé, est soufflé sous les différentes zones des grilles. Son admission est adaptée individuellement selon les exigences de la combustion par des clapets réglés à distance depuis la salle de commande. La dernière zone de la grille principale est munie d'un second clapet. Celui-ci sert à doser la quantité de gaz de combustion recyclé, si une telle recirculation devient nécessaire pour limiter la température dans la zone de finition de l'incinération. Ainsi on évite un dérangement du bon fonctionnement de la grille causé par la fusion des mâchefers.

Le générateur de vapeur est posé en dessus du foyer. Les gaz de combustion demeurent quelques instants dans la chambre de combustion, revêtue et refroidie par des écrans d'eau, et traversent ensuite les autres parties du générateur de vapeur, soit : les faisceaux du surchauffeur, de l'évaporateur, de l'économiseur et de l'échangeur de chaleur, réduisant ainsi leur température de 900°C à 250°C. La chaleur récupérée sert à la production de vapeur de 32 kg/cm², 375°C. Tout le long de leur chemin, les cendres volantes sont déposées dans des cendriers et ensuite évacuées au canal des mâchefers par voie hydraulique à l'aide des têtes de ringage. Les gaz sont ensuite dépoussiérés dans un système combiné comprenant un filtre électrostatique et un multi-

cyclone. Cette combinaison garantit un dépoussiérage parfait, les poussières fines sont retenues aussi bien que les « brûchons ». Finalement les gaz filtrés sont aspirés par le ventilateur de tirage forcé et refoulés dans le cheminée. Le tirage du ventilateur est réglé automatiquement pour maintenir une dépression constante dans la chambre de combustion.

Les déchets d'hydrocarbures (huiles usées, essence, etc.), après traitement dans une installation de décanation, sont incinérés par un brûleur monté au-dessus de la grille de préséchage. Sa capacité est de 750 kg/h. La température des gaz de combustion de l'huile est adaptée à celle des gaz de combustion des ordures par injection secondaire d'air et d'eau, permettant ainsi un rendement optimum de la chaudière.

La vapeur est utilisée pour produire de l'énergie électrique. En régime normal, un turbo-alternateur de 6200 kW est alimenté par le distributeur de vapeur à haute pression. L'alternateur marche en parallèle avec les barres collectrices de la centrale électrique voisine de Verbois. Après passage par la turbine à condensation avec soutirage, la vapeur échappée est condensée. L'eau de condensation est évacuée par une pompe d'extraction, réchauffée à 120°C par deux réchauffeurs et pompée dans le ballon de l'eau d'alimentation. Ici le dégazage s'effectue par un chauffage supplémentaire à 150°C. L'alimentation des chaudières est assurée par deux groupes de deux pompes chacun entraînés par moteurs électriques, respectivement par turbines à vapeur. L'alimentation des consommateurs internes s'effectue avec de la vapeur soutirée à basse pression. Les consommateurs internes principaux sont : le dégazeur, les turbines d'entraînement des pompes d'alimentation des chaudières, les préchauffeurs d'air à vapeur, les serpentins de chauffe des récipients de décanation de l'installation pour les huiles usées, l'échauffement de l'eau pour les installations sanitaires et le chauffage de l'usine.

Un condenseur auxiliaire est branché en parallèle au turbo-alternateur. Il est à même de condenser au maximum 31 t/h de vapeur, si le turbo-alternateur est mis hors service pour une raison quelconque. Ce condenseur a été prévu pour éliminer toute interdépendance entre l'exploitation des fours et la marche du turbo-alternateur, les fours-chaudières servant en premier lieu à incinérer les ordures, et la production d'énergie n'étant qu'accessoire. Une pompe d'extraction envoie l'eau de condensation dans le dégazeur et dans le ballon de l'eau d'alimentation.

Une station de pompage située au bord du Rhône fournit l'eau de refroidissement pour les deux condenseurs ainsi que l'eau industrielle consommée par l'usine.

La commande de l'usine entière est effectuée depuis la salle de commande, située bien au centre et séparée de la halle des fours-chaudières et de la salle du turbo-alternateur uniquement par des parois vitrées. Grâce à cette disposition favorable, l'exploitation de cette vaste usine ne demande qu'un minimum de personnel de service.

Il est possible d'ajouter encore deux unités four-chaudière dans une seconde étape de réalisation. On a aussi prévu d'installer plus tard d'une à trois unités pour la production d'engrais (compost), type Dano-Buehler.

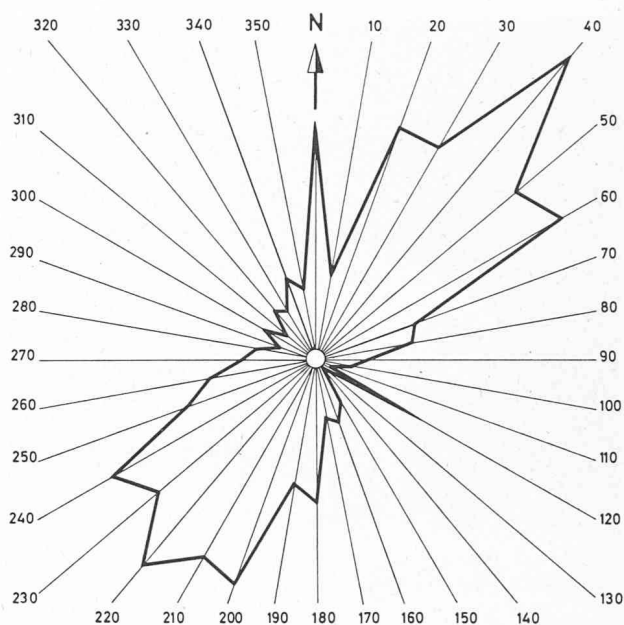


Fig. 3. — Distribution des directions du vent à Cointrin.

3. Quelques problèmes spéciaux

a) Hauteur de la cheminée et rabattement des fumées

Les gaz de combustion emportent des cendres volantes. C'est pourquoi ils ne doivent pas être rejetés dans l'atmosphère sans filtration préalable. Le dépoussiérage effectué par un filtre électrostatique et une batterie de multicyclones est si efficace que la teneur en poussière des fumées à la sortie de la cheminée est inférieure à 1 % de la quantité originale contenue dans les gaz de combustion. Le dépoussiérage répond aux prescriptions sévères contre la pollution de l'air, mises en vigueur l'année dernière en Allemagne. En Suisse, des exigences similaires seront promulguées prochainement.

Pour restreindre l'immission des poussières à des limites admissibles au point de vue de l'incommodation de la population voisine, il a fallu déterminer la hauteur nécessaire de la cheminée. Cette étude fut faite en considération des conditions météorologiques spéciales de la région de Genève : le service météorologique de l'aéroport de Cointrin indiquait la distribution des directions, vitesses et fréquences du vent à Cointrin (fig. 3).

Grâce à des expériences préliminaires, on connaît la granulométrie du résidu de poussière dans les gaz filtrés. Des recherches mathématiques pour diverses conditions atmosphériques (inversions, etc.) permettaient de déterminer l'ordre de grandeur de l'immission probable. En plus, l'écoulement des fumées ne dépend pas seulement du rapport entre la vitesse d'échappement des fumées de la cheminée et la vitesse du vent, mais aussi du relief de la région et de la surélévation de la cheminée par rapport au bâtiment (fig. 4 et 5).

Ces photos ont été prises lors des essais effectués en laboratoire, il y a quelques années, pour une UIOM à l'étranger. Pour les deux essais, la direction et les vitesses du vent et des fumées échappées étaient identiques. Pour la première photo, la hauteur de la cheminée est de 33 m. Elle se surélève de 3 m seulement au-dessus du toit du bâtiment. On remarque la turbulence intense qui rabat les fumées derrière l'édifice. Pour

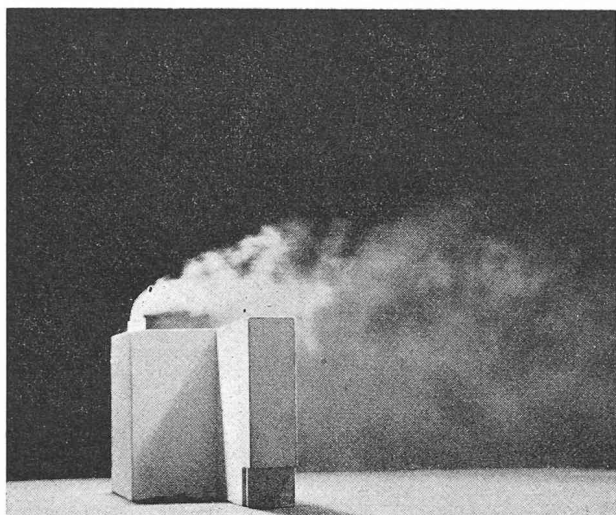


Fig. 4. — Photographie d'essais effectués en laboratoire, rabattement des fumées.

la seconde photo, la hauteur de la cheminée a été portée à 50 m, soit 20 m au-dessus du bâtiment. La fumée se dégage librement.

A Genève, la cheminée atteindra une hauteur de 103 m, s'élevant ainsi d'environ 80 m au-dessus de l'usine. Aucun inconvénient n'est à craindre dans un voisinage très étendu.

Trois zones ont été déterminées dans lesquelles l'immission de poussières, calculée aux conditions les plus défavorables, atteindra les valeurs suivantes :

Rayon 400 m	0,24 - 0,46	kg/100 m ² et par mois
Rayon 1,5 km	0,0046 - 0,026	kg/100 m ² et par mois
Rayon 4,5 km	0,001 - 0,0054	kg/100 m ² et par mois

A titre de comparaison, les chiffres correspondants d'immission de poussières « normales » à Berlin et Essen sont les suivantes : 0,87 respectivement 1,47 kg/100 m² et par mois.

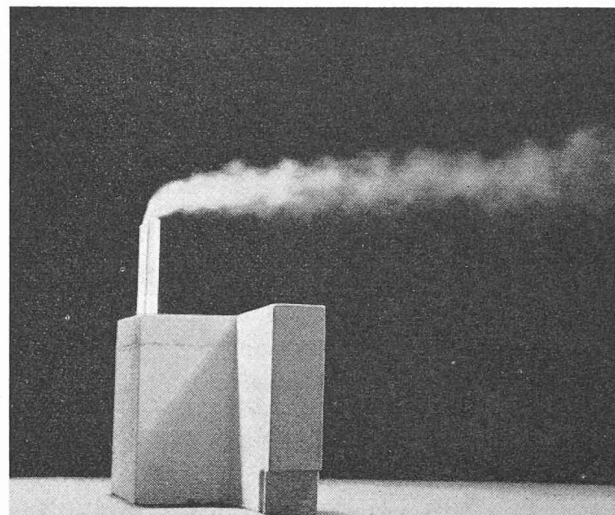


Fig. 5. — Photographie d'essais effectués en laboratoire, bon écoulement des fumées.

b) Huiles usées

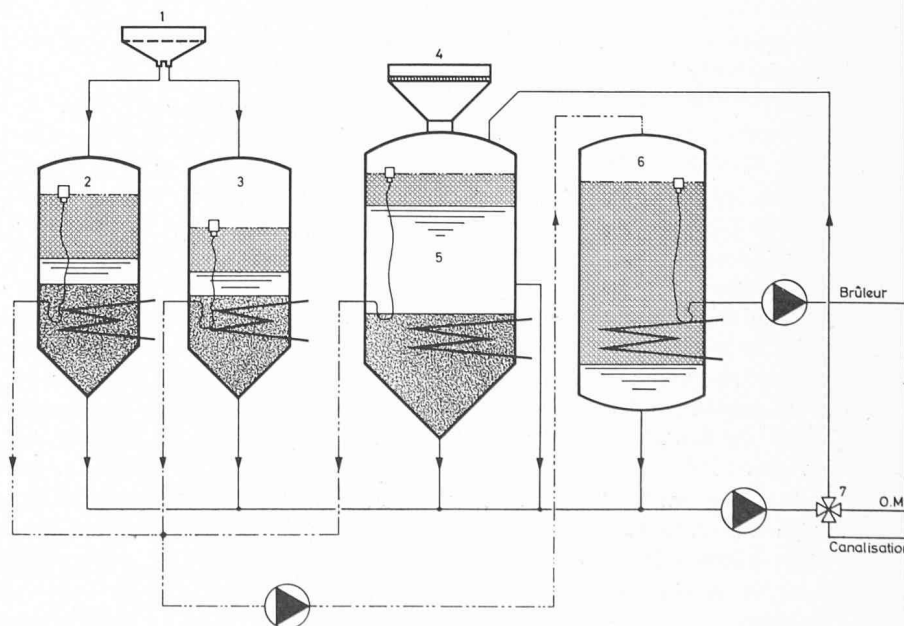
L'élimination des huiles usées et des autres déchets d'hydrocarbures provenant de garages, réservoirs d'huile et industries pose un problème très épineux pour les autorités. Ces déchets liquides représentent une menace extrême de pollution des eaux de surface ainsi que des nappes souterraines.

L'UIOM de Genève est équipée d'une installation de décantation des huiles usées qui permet leur élimination parfaite par combustion dans les fours d'incinération des ordures ménagères. Ainsi leur pouvoir calorifique est utilisé économiquement pour augmenter la production de vapeur.

Le dimensionnement des éléments de l'installation de décantation est basé sur des estimations du Bureau de statistique du canton de Genève concernant le développement du parc de véhicules et sur des expériences faites dans d'autres villes. En 1970, environ 200 000 véhicules circuleront à Genève et il faudra collecter

Fig. 6. — Schéma de l'installation de décantation des huiles usées.

- 1 Trémie, munie d'une grille
- 2 Décanteur pour les huiles usées « pures »
- 3 Décanteur pour les huiles usées « pures »
- 4 Trémie, munie de caillebotis
- 5 Décanteur pour mélange (huile, eau et boues)
- 6 Réservoir d'huile décantée
- 7 Vanne à quatre voies



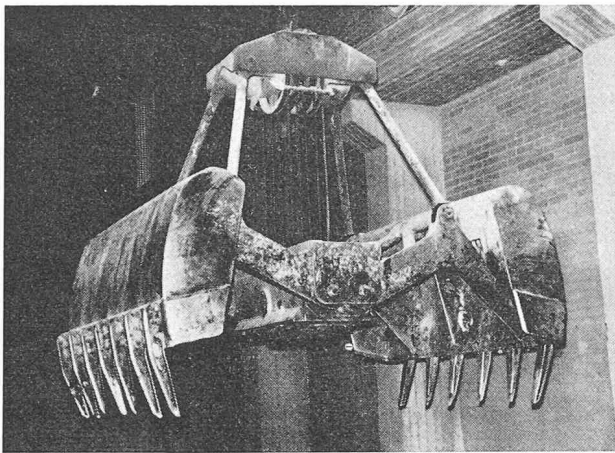


Fig. 7. — Benne preneuse pour manutention des ordures ménagères.

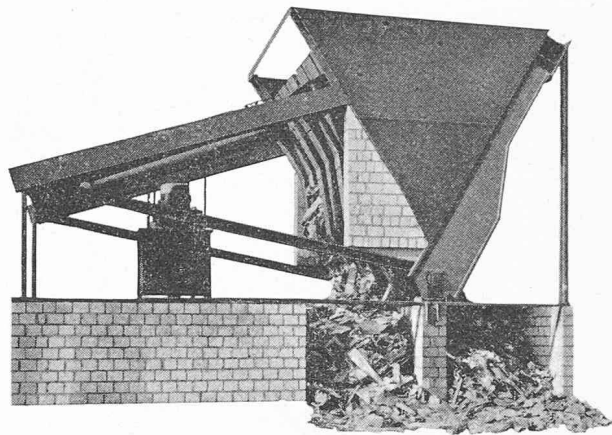


Fig. 8. — Broyeur-hacheur Von Roll pour déchets encombrants.

annuellement plus de 5000 m³ de mélange, composé d'huile, d'eau et de boues avec une teneur en huile d'environ 20 %. Les camions-citernes collectant les déchets liquides comportent deux réservoirs séparés. Arrivé à l'usine, le contenu du premier réservoir, huile avec un peu d'impureté, est versé dans une trémie munie d'une grille très fine et stocké dans un décanteur pour huile « pure ».

Le second compartiment des camions-citernes, contenant l'huile avec beaucoup d'impuretés (eau et boues), est vidé par une trémie munie de caillebotis dans le décanteur pour mélange. Tous les décanteurs sont chauffés à l'aide de serpentins de chauffage. La séparation se fait par gravité. L'eau et les boues qui se déposent sont pompées soit dans le décanteur de mélange soit dans un tuyau d'évacuation qui les disperse sur les ordures ménagères. La dérivation se fait par réglage d'une vanne à quatre voies. Les huiles décantées sont aspirées par un dispositif flottant et stockées dans un réservoir muni également d'un serpentin de chauffage. Elles sont ensuite pompées de nouveau par une aspiration flottante vers le brûleur des huiles usées monté directement au-dessus de la grille de préséchage du four d'incinération.

c) Benne preneuse pour le déchargement des barges

La benne preneuse pour la manutention des ordures ménagères pesant presque 4 t, est munie de dents d'une longueur d'environ 50 cm.

Il faut se rendre compte que cette benne pourrait endommager, voire perforer le fond des barges si par inattention du grutier sa descente rapide était stoppée trop tard. Il a fallu étudier les mesures à prendre pour éviter toute possibilité d'endommagement du fond des barges construit en tôle d'acier. Une garniture de chêne ou de sapin blanc aurait donné une excellente protection contre les chocs provenant de la descente brusque de la benne, mais la durée de vie des couches de bois n'aurait pas dépassé cinq ans et leur remplacement aurait été coûteux. Pour la même raison, on a renoncé à une protection de la tôle par du béton armé. La couche se crevasserait assez vite et, une fois fendue, elle commencerait à s'écailler.

Une autre possibilité consiste à renforcer les plaques du fond des barges par le choix de tôles plus épaisses que nécessaire pour la rigidité de la structure. On a

calculé l'énergie cinétique avec laquelle, dans le cas le plus défavorable, une seule dent de la benne heurte le fond. La comparaison des résultats des essais de tir, faits avec des obus d'une énergie cinétique comparable, a conduit au choix de tôle en acier 52 d'une épaisseur de 15 mm.

Pour éviter même des bosses, un dispositif de freinage est prévu qui réduit la vitesse de descente de la benne avant son arrivée au fond de la barge.

d) Broyeur-hacheur pour déchets encombrants

Les déchets encombrants de la région entière seront collectés par des camions et versés dans une fosse-silo à l'UIOM. Un broyeur-hacheur découpe automatiquement ces déchets de façon qu'ils puissent parcourir le four avec les ordures ménagères. Ces objets, tels que lits, armoires, matelas, machines à laver, pneus de camions, etc., sont déposés dans le broyeur par le pont roulant. Le grutier surveille l'état de remplissage du broyeur depuis sa cabine par une installation de télévision industrielle.

Le broyeur coupe les objets en pièces d'une longueur d'environ 30 cm sans compression remarquable. Ainsi leur incinération s'effectuera dans le même temps que celle des ordures ménagères. Le broyeur-hacheur est si robuste qu'il est inutile de séparer préalablement les parties métalliques. Même des poutres en acier, profils NP-20, ne présentent aucun obstacle sérieux. Il consiste en deux rangées de poutres dont les bords sont munis de couteaux en acier spécial. Les poutres mobiles sont mues par l'action d'un servomoteur hydraulique dans les espaces des poutres fixes. Par ce mouvement, les objets sont découpés.

Si la résistance à la coupure devient trop grande, un dispositif automatique commande le mouvement de retour des poutres mobiles. Ensuite les objets glissent vers l'articulation des ciseaux et, lors de la prochaine coupure, le rapport des bras de levier entre la force et la charge a augmenté de façon que le mouvement puisse être mené à sa fin.

e) Incinération des ordures ménagères avec adjonction de boues séchées

L'UIOM des Cheneviers devra incinérer les boues provenant de la station d'épuration des eaux située à

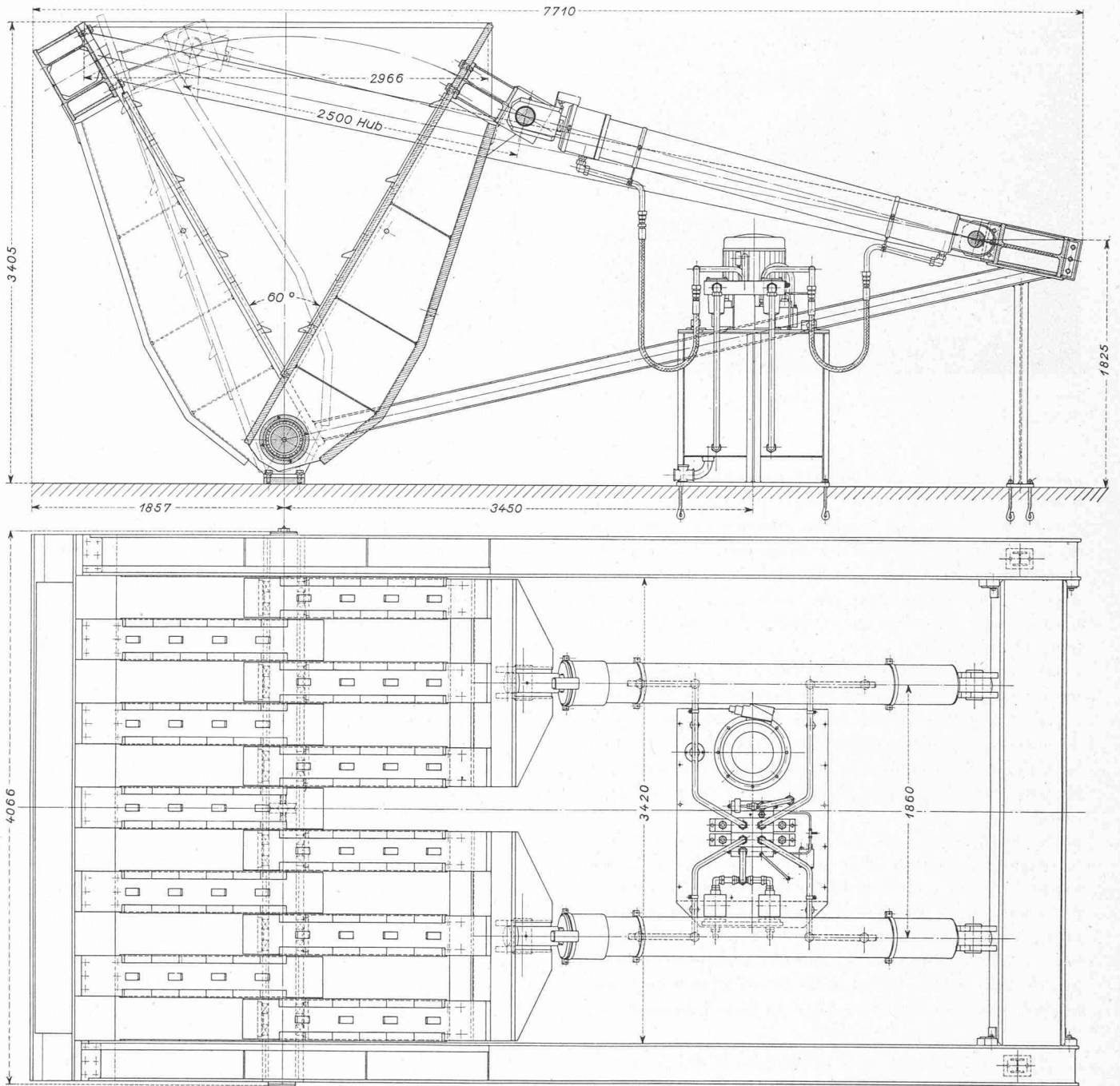


Fig. 9. — Section longitudinale et vue en plan du broyeur-hacheur pour déchets encombrants.

Aire, pour autant que ces boues ne peuvent pas être utilisées par l'agriculture de la région. La teneur en humidité des boues digérées est cependant trop grande pour permettre leur incinération directe. Il faut les sécher, puis les ajouter aux ordures ménagères avant leur introduction dans les fours.

Von Roll a exécuté des essais pour trouver le degré de déshydratation des boues nécessaire, afin qu'elles puissent être ajoutées aux ordures ménagères sans nuire à leur incinération. Les essais ont été faits à l'UIOM de la ville de Lausanne et ont donné entière satisfaction. En observant un certain rapport entre la composition du mélange boues séchées/ordures et la teneur en humidité de ces premières (voir figure 10), le processus d'incinération des ordures ménagères et la température des gaz de combustion restent inaltérés par l'adjonction des boues séchées.

La teneur en matières putrescibles des mâchefers était la même avant et pendant les essais. Les fours d'incinération Von Roll permettent donc — sans combustion auxiliaire de mazout — l'élimination hygiénique de la totalité des déchets solides et liquides d'une agglomération.

4. Chiffres d'exploitation probables

La détermination de la capacité des fours était basée sur la mesure des quantités journalières et hebdomadaires des ordures récoltées et sur des estimations concernant l'augmentation de la population dans la région. Elle tient compte également des pronostics concernant l'évolution des quantités spécifiques d'ordures et de boues par habitant et par an. Finalement il faut considérer le pouvoir calorifique inférieur des ordures et leur

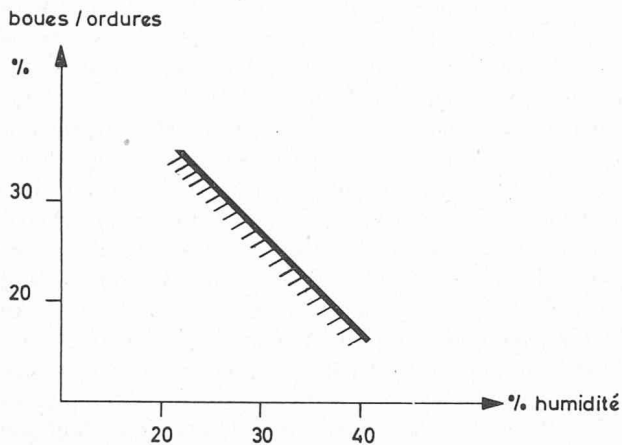


Fig. 10. — Composition admissible du mélange boues/ordures en fonction de la teneur en humidité des boues séchées.

composition en trois fractions : combustible, eau et cendres. Les limites admissibles parmi lesquelles l'auto-combustion des ordures est possible sont indiquées dans le diagramme de la figure 11.

Pour obtenir une combustion parfaite, les teneurs en cendres et eau doivent être inférieures à 60, respectivement 50 % et la teneur en combustible doit excéder 25 %. L'humidité et les cendres portent préjudice à la bonne combustion et l'effet de ces dernières est particulièrement nuisible.

Un chiffre très important pour le constructeur d'un four est le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du combustible. Les ordures ménagères sont un « combustible » très pauvre. Leur PCI n'est pas seulement faible mais encore soumis à de fortes variations suivant la saison. A Genève, le rapport entre les valeurs maxima et minima est actuellement d'environ 1,4/1. Au cours des années, les valeurs moyennes augmenteront et les inégalités s'aplaniront.

La figure 12 représente un pronostic sur la quantité annuelle probable d'ordures et de boues. En 1964, la population atteignait 240 000 habitants. Elle atteindra 270 000 habitants en 1970 et 320 000 habitants en 1980. Une station d'épuration des eaux est actuellement en construction à Aïre. Une fois terminée, cette station produira des quantités de boues maintes fois supérieures aux besoins des agriculteurs de la région. Le problème se pose : comment se débarrasser de ces boues ? La solution a été trouvée dans leur incinération avec les ordures ménagères et dans les mêmes fours que celles-

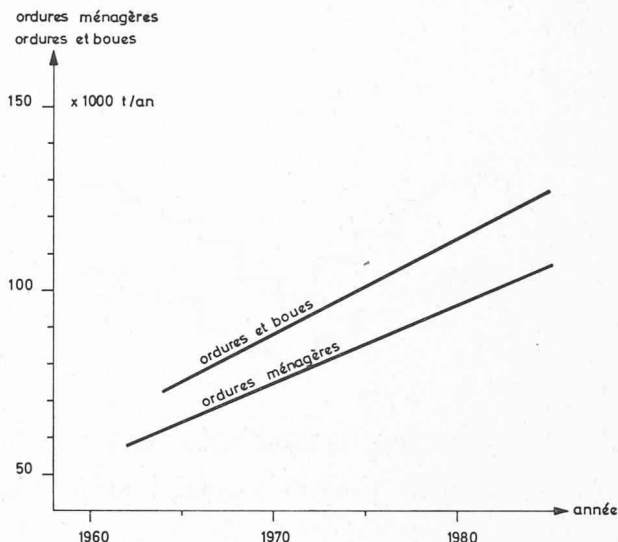


Fig. 12. — Quantité annuelle probable d'ordures et de boues.

ci. La quantité de boues séchées sera d'environ 14 000 t/an en 1970.

Les réflexions qui ont conduit au choix de l'installation de deux fours à 200 t/jour chacun dans l'usine des

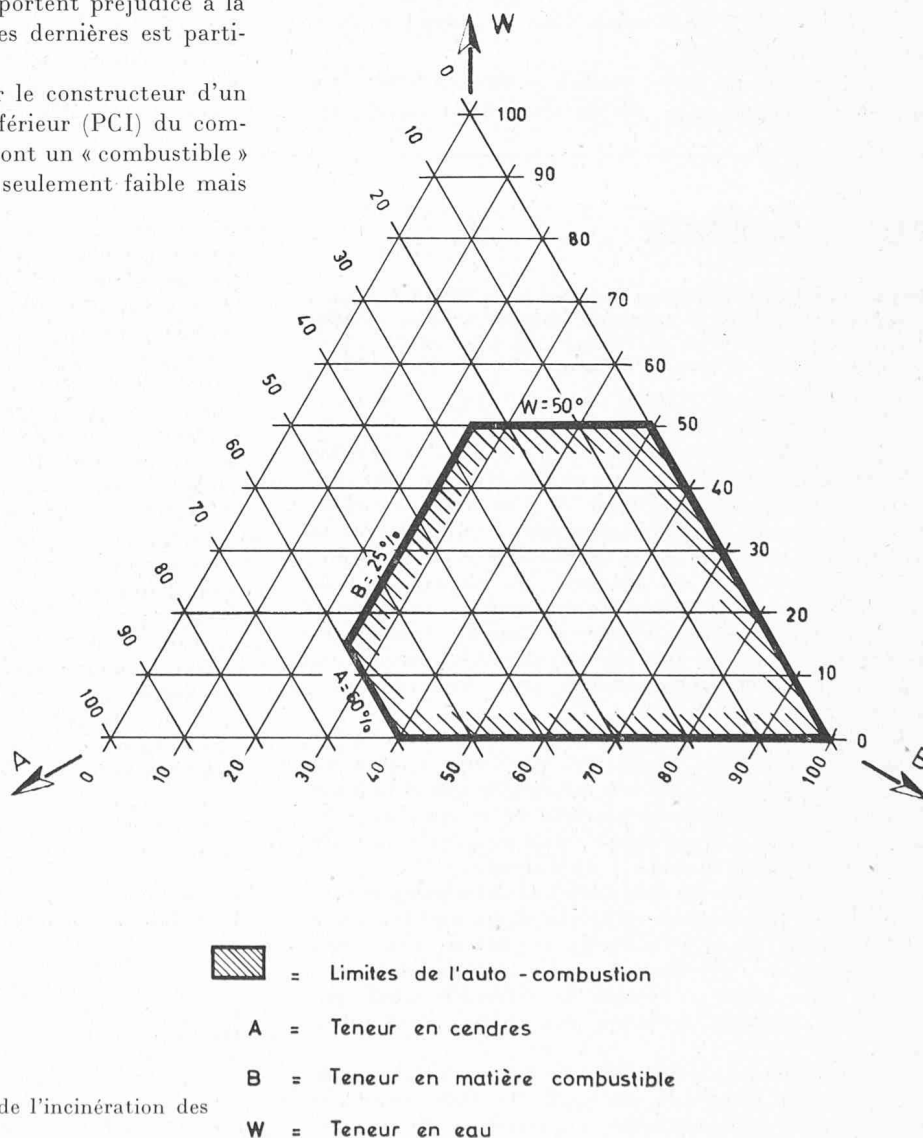


Fig. 11. — Domaine d'application de l'incinération des ordures ménagères.

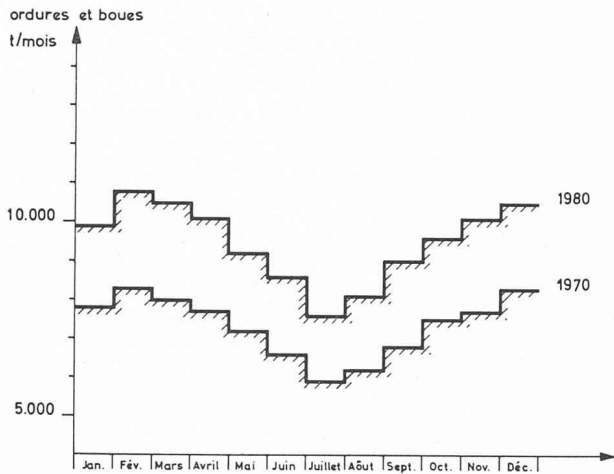


Fig. 13. — Quantité mensuelle probable d'ordures et de boues.

Cheneviers sont les suivantes : la quantité moyenne hebdomadaire d'ordures et de boues s'élèvera, entre 1970 et 1980, de 1700 t à 2200 t environ. Au cours d'une année, ces valeurs oscillent d'environ $\pm 20\%$ (voir figure 13).

Toutefois, à la suite d'une série de jours de fête, les maxima instantanés peuvent atteindre le double des valeurs moyennes, et même davantage. Ces quantités doivent alors être accumulées dans les barges et incinérées successivement.

A l'exception de telles conditions extraordinaires, il appert que pendant la période de collecte maximum

annuelle, la charge limite des fours, tenant compte de l'exploitation pendant $5\frac{1}{2}$ jours/semaine, sera atteinte vers 1980. A ce moment-là, il faudra ou bien passer à une exploitation de 7 jours/semaine ou bien à une augmentation du nombre de fours. Il est fort probable qu'on va adhérer à la concentration de l'exploitation pendant les jours ouvrables seulement, puis l'UIOM de Genève, produisant de l'énergie électrique, n'est pas obligée de maintenir ses chaudières constamment sous pression, comme c'est le cas pour une usine alimentant un réseau de consommateurs de chaleur. Du point de vue économique, il est avantageux de produire de l'électricité au moment où elle est demandée, c'est-à-dire pendant les heures de travail. Ainsi, vers 1980, plus de 30 millions de kWh/an seront produits. Il ne faut pas perdre de vue cependant que la tâche primordiale de l'usine considérée n'est pas la production d'énergie utilisable, aussi bienvenue qu'elle soit pour réduire les frais d'exploitation, mais plutôt l'assainissement d'une région en incinérant les ordures en vue de leur élimination hygiénique.

LITTÉRATURE

- A. OSTERTAG : Die Sanierung der Abwasserhältnisse und der Kehrichtabfuhr in der Region von Genf. *Schweizerische Bauzeitung*, 1963, Nr. 20.
 R. TANNER : Die Entwicklung der Von Roll-Müllverbrennungsanlagen. *Schweizerische Bauzeitung*, 1965, Nr. 16.
 R. BOPP : Betrachtungen zur Müllverbrennung. *Aufbereitungstechnik*, 1965, Nr. 5.

BIBLIOGRAPHIE

Technologie des réacteurs nucléaires — Tome 3 : Réacteurs nucléaires à uranium naturel et eau lourde, par Thomas Reise et al. Editions Eyrolles et Gauthier-Villars, 1964, 452 pages, 97 figures. Prix : relié, 92.75 F.

La nécessité d'informer le monde scientifique et technique, spécialiste ou non, sur le développement de l'énergie nucléaire dans le monde d'une part, le nombre relativement faible d'ouvrages de caractère général consacrés à cette forme d'énergie et à sa mise en valeur d'autre part, ont conduit les auteurs à entreprendre la rédaction de plusieurs ouvrages consacrés à ce problème.

Ce troisième tome est consacré aux réacteurs à uranium naturel et eau lourde. Les auteurs se sont efforcés de rassembler un grand nombre de données disséminées dans des publications très variées, et de les utiliser dans une présentation systématique des caractéristiques techniques.

La première partie — généralités — a été développée davantage que dans le cas des réacteurs à uranium naturel-graphite-gaz, étant donné le plus grand nombre de variantes possibles, notamment en ce qui concerne la réfrigération. Les problèmes économiques y ont été par ailleurs particulièrement approfondis.

La seconde partie est consacrée à la description détaillée de quinze réacteurs de recherche et dix-sept réacteurs de puissance. Sont envisagées, en dehors des types « classiques » de refroidissement, des techniques de conception plus récente comme le refroidissement par brouillard, vapeur, mélange eau lourde - eau ordinaire, etc.

La troisième partie effectue une comparaison récapitulative sous forme de tableaux de seize réacteurs d'étude, de quinze réacteurs plutonigènes et de puis-

sance, de neuf réacteurs industriels européens et de quatre types de réacteurs de conception récente d'une puissance de 450 MWe. Ces tableaux présentent un intérêt incontestable en groupant de façon claire et systématique tous les renseignements connus sur les réacteurs comparés.

Un appendice donne des renseignements complémentaires sur sept projets de centrales ou prototypes de centrales nucléaires, sur six réacteurs de recherche à fins spéciales et dix-sept réacteurs de recherche, puissants, à haut et moyen flux de neutrons.

Cet ouvrage sera certainement d'un intérêt primordial pour tous ceux qui, spécialistes, travaillent dans le domaine de l'énergie nucléaire et pour ceux qui, non spécialistes, s'y intéressent. En effet, la mise au point systématique tentée par les auteurs se justifie par le gain de temps appréciable dont bénéficieront ceux qui veulent mieux connaître ces types de réacteurs ou rechercher des précisions numériques ou bibliographiques. Les ingénieurs penchés sur des problèmes de développement nouveaux y trouveront également des bases sérieuses de vérification et de comparaison.

Sommaire :

Aspects économiques. Nature du réfrigérant. Nature du combustible nucléaire. Mode de construction du cœur. Réacteurs à D_2O refroidis par un gaz, par un liquide organique, par sodium. Diverses conceptions technologiques récentes. La production mondiale de l'eau lourde, sécurité. Réacteurs d'études D_2O uranium naturel. Réacteurs plutonigènes et centrales. Réacteurs d'études modérés à l'eau lourde. Comparaison des réacteurs plutonigènes et de puissance : éléments combustibles ; cœurs, modérateurs et réflecteurs ; écrans de protection ; conditions de refroidissement ; contrôles, chargement et déchargement ; propriétés de physique nucléaire. Appendice : centrales nucléaires, prototypes ; réacteurs de recherche à fins spéciales ; réacteurs de recherche puissants à haut et moyen flux de neutrons.