

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

ROBERT CONTE

Les statistiques de la production de l'énergie électrique à Paris

Journal de la société statistique de Paris, tome 84 (1943), p. 84-100

http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1943__84__84_0

© Société de statistique de Paris, 1943, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

III

LES STATISTIQUES DE LA PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE A PARIS

INTRODUCTION

L'origine de la distribution de l'énergie électrique à Paris remonte à 1878. C'est à cette époque, en effet, que fut construite la première usine génératrice de Paris. Il s'agissait d'une petite usine destinée à assurer l'éclairage de l'avenue de l'Opéra au moyen de bougies Jablochkoff. Par la suite, d'autres usines, également de faible importance, furent installées, notamment au Palais Royal et rue du Faubourg-Montmartre, en vue d'alimenter principalement des magasins et des établissements de spectacles.

Ce n'est toutefois qu'en 1888 que fut décidée la création, à Paris, d'un réseau de distribution publique d'énergie électrique. Le Conseil municipal de Paris adopta un projet consistant à partager le territoire de Paris en six « secteurs » dont chacun devait être exploité par une société permissionnaire aux conditions d'un cahier des charges-type. Ce cahier des charges-type fut approuvé par le Conseil municipal les 29 décembre 1888 et 25 février 1889.

Les permissions de canaliser accordées pour chacun des six secteurs avaient une durée de dix-huit années. Les permissionnaires n'avaient ni monopole, ni privilège; on leur imposait l'obligation de transporter et de distribuer l'énergie produite au moyen de canalisations souterraines mais, dans le but de faire apparaître les avantages et les inconvénients inhérents aux divers modes de distribution, on les laissait libres d'organiser à leur gré la production de l'énergie électrique. D'autre part, désireux de recueillir lui-même des éléments d'information sur le meilleur mode de distribution, le Conseil municipal décidait l'établissement d'une usine génératrice municipale destinée à alimenter les Halles Centrales et les quartiers avoisinants.

Quatre des permissions de canaliser devaient prendre fin en 1907 et les deux autres en 1908. Dès 1905, on commença à se préoccuper de rechercher les bases du nouveau régime technique et administratif de l'électricité à Paris qui serait substitué au système mis en vigueur en 1889-1890 et tiendrait compte des inconvénients que comportait celui-ci.

Les principaux inconvénients du régime des permissions de canaliser accordées en vertu du Cahier des charges-type de 1888-1889 étaient les suivants :

1° Une trop courte durée des permissions qui incitait les sociétés permissionnaires à ne pas exécuter les travaux de premier établissement non susceptibles d'être amortis avant la fin des permissions;

2° Une trop grande diversité des modes de production et de distribution de l'énergie électrique.

On reconnut qu'il était possible d'obvier au premier de ces inconvénients en substituant au régime de la permission de courte durée celui de la concession d'assez longue durée et au second en accordant la concession pour l'ensemble de Paris à une société concessionnaire unique. Le Conseil municipal de Paris adopta ce point de vue dans sa séance du 27 décembre 1905.

Parmi les demandes en concession qui furent formulées à la suite de cette décision de principe, deux furent retenues comme susceptibles de servir de base à des pourparlers : c'étaient celle de la Société d'études pour l'exploitation de l'énergie électrique à Paris et

celle d'un consortium constitué par les sociétés permissionnaires sous la dénomination l'« Union des Secteurs ». Sur l'invitation du Conseil municipal, les deux demandeurs en concession se mirent d'accord pour fusionner leurs deux projets en un seul et c'est ce projet unique qui, modifié par l'Administration préfectorale et le Conseil municipal, devint la Convention du 5 septembre 1907 entre la Ville de Paris et la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité.

La Convention du 5 septembre 1907 commençait à courir le 1^{er} novembre 1907 et, à l'origine, prenait fin le 30 juin 1940. Sa durée totale était subdivisée en deux périodes. Pour la première période, dite « période transitoire » et s'étendant du 1^{er} novembre 1907 au 31 décembre 1913, la Ville de Paris traitait avec les sociétés permissionnaires des secteurs et la Société d'études pour l'exploitation de l'énergie électrique à Paris; pour la seconde période, dite « régime définitif » et s'étendant du 1^{er} janvier 1914 au 30 juin 1940, la Ville de Paris avait comme co-contractant une société à constituer sous le nom de Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité que les concessionnaires de la période provisoire — secteurs et sociétés d'études — s'engageaient à se substituer.

L'objet de la Convention du 5 septembre 1907 était, tant pour la période transitoire que pour le régime définitif, la distribution de l'énergie électrique dans Paris. La concession s'étendait donc aussi bien à l'énergie électrique destinée à l'éclairage qu'à celle destinée aux usages autres que l'éclairage (force motrice, chauffage, etc...). Toutefois, conformément aux dispositions de l'article 8 de la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie électrique, la Ville de Paris ne reconnaissait à son concessionnaire un privilège que pour la distribution de l'énergie électrique destinée à l'éclairage public et privé.

Nous avons signalé précédemment qu'un des principaux inconvénients du régime des permissions consistait dans la trop grande diversité des modes de production et de distribution de l'énergie électrique.

C'est pour réagir contre un état de choses reconnu préjudiciable au développement rapide de l'électrification de Paris que le Conseil municipal décida de réaliser, d'une part, la centralisation de la production de l'énergie électrique nécessaire à l'alimentation de Paris et, d'autre part, une unification — d'ailleurs toute relative — des systèmes de distribution adoptés à l'origine par les sociétés permissionnaires des secteurs.

A noter toutefois que la production de l'énergie nécessaire à la traction des véhicules électriques de transports en commun (tramways et métropolitain) était maintenue à part, comme sous le régime des permissions de dix-huit ans expirées.

La Convention du 5 septembre 1907 comportait, en annexe, un programme technique qui indiquait les installations nouvelles à exécuter ainsi que les modifications à apporter aux installations existantes.

Ce programme mettait notamment à la charge de l'exploitant du régime définitif la construction, avant le 1^{er} janvier 1914, de deux usines génératrices situées à proximité de la Seine, l'une au nord et l'autre au sud-ouest de Paris. Ces deux usines devaient produire l'énergie sous forme de courant alternatif diphasé à la tension de 12.300 volts et à la fréquence de 41 périodes 2/3 par seconde. Le courant primaire ainsi produit devait être amené à des sous-stations destinées à le transformer en courant continu basse tension ou à des transformateurs destinés à en abaisser la tension.

Conformément aux obligations acceptées par elle, la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité construisit deux usines génératrices, l'une à Saint-Ouen, d'une puissance initiale de 50.000 kilowatts, et l'autre à Issy-les-Moulineaux, d'une puissance initiale de 25.000 kilowatts. Ces usines se substituèrent, à partir de 1914, aux usines génératrices des anciens secteurs qui furent désaffectées.

Au cours de la période 1920-1929 et pour faire face au développement incessant de la consommation, les puissances des usines de Saint-Ouen et d'Issy-les-Moulineaux furent portées, par étapes successives, respectivement à 250.000 kilowatts et 130.000 kilowatts.

En 1929, les deux usines en question avaient atteint la puissance maximum à laquelle il était possible de les pousser, compte tenu des emplacements disponibles, et tout laissait à prévoir que les besoins du public parisien continueraient à s'accroître à un rythme rapide. La Ville de Paris et la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité songèrent donc à s'adresser aux sociétés productrices d'énergie électrique de la région parisienne (Union d'Électricité, Société d'Électricité de Paris et Société d'Électricité de la Seine) qui avaient édifié des usines génératrices thermiques puissantes et modernes.

Un contrat fut signé, à la date du 12 mai 1930, entre les sociétés précitées et la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité, avec l'approbation du Conseil municipal de Paris; ce contrat avait pour objet essentiel la mise en commun des usines génératrices thermiques de la région parisienne et de l'énergie électrique d'origine hydraulique destinée à être amenée dans cette région.

Aux termes du contrat du 12 mai 1930, la fourniture du courant nécessaire à la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité est assurée par un consortium composé de l'Union d'Électricité, de la Société d'Électricité de Paris et de la Société d'Électricité de la Seine au moyen, soit des propres usines de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité (remises en gérance au Consortium), soit des usines thermiques des fournisseurs, soit des ressources hydrauliques de toutes provenances (Massif Central, Rhône, etc...) mises à la disposition des contractants.

Il était nécessaire, en effet, que toutes les usines génératrices thermiques de la région parisienne fissent l'objet d'une exploitation commune pour obtenir les avantages recherchés en matière de sécurité et d'économie. La sécurité allait résulter de l'interconnexion des diverses centrales qui pourraient désormais se prêter un mutuel secours et, quant à l'économie, elle serait réalisée au moyen d'un fonctionnement des diverses centrales suivant des horaires différents, les centrales modernes à faible consommation de charbon étant utilisées comme « centrales de base », c'est-à-dire fonctionnant à peu près constamment, et les centrales anciennes à consommation de charbon élevée étant utilisées comme « centrales de pointe », c'est-à-dire ne fonctionnant que par intermittences et aux heures de pointe.

Pour assurer l'interconnexion des diverses centrales thermiques de la région parisienne, un réseau d'interconnexion à 60.000 volts fut créé. Ce réseau fut ultérieurement relié au réseau national d'interconnexion à 220.000 volts pour permettre l'adduction dans la région parisienne de l'énergie électrique produite par les centrales hydrauliques du centre et du sud-est.

L'énergie produite tant par les centrales thermiques de la région parisienne que par les centrales hydrauliques des diverses régions de la France et amenée dans le réseau d'interconnexion à 60.000 volts de la région parisienne est livrée aux sociétés concessionnaires pour la distribution de l'énergie électrique dans des postes de réception à 60.000 volts.

La Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité prend livraison du courant dans quatre postes de réception 60.000/12.000 volts, deux situés respectivement dans les usines de Saint-Ouen et d'Issy-les-Moulineaux et deux situés à l'intérieur de Paris (postes « Nation » et « Tolbiac »).

En fait, la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité achète actuellement son énergie électrique sous 12.000 volts aux usines de Saint-Ouen et d'Issy-les-Moulineaux (énergie provenant soit de l'usine elle-même, soit du poste abaisseur de tension 60.000/12.000 volts placé auprès d'elle) et sous 60.000 volts à des « postes de coupure » situés à Conflans—Charenton et à Villejuif et qui alimentent respectivement les postes 60.000/12.000 volts « Nation » et « Tolbiac ».

Ce sont les statistiques de l'énergie reçue en ces quatre points qui vont faire l'objet de notre étude.

I. — *Les statistiques des puissances instantanées.*

Dans les centres de production ou de livraison du courant se trouvent placés des appareils destinés à enregistrer la puissance (wattmètres ou maxigraphes) et des appareils destinés à enregistrer l'énergie (compteurs).

Les wattmètres enregistrent les puissances instantanées, les maxigraphes enregistrent la puissance moyenne d'une fraction de temps déterminée, un quart d'heure par exemple, et les compteurs enregistrent l'énergie.

Remarquons en passant que l'on peut définir l'énergie en disant qu'elle est de la puissance intégrée dans le temps et que l'on peut définir inversement la puissance en disant qu'elle est de l'énergie différenciée, c'est-à-dire considérée dans un intervalle de temps infiniment petit.

Les compteurs qui mesurent l'énergie produite, transformée ou consommée sont donc des appareils intégrateurs de la puissance dans le temps.

Dans les usines génératrices et dans les postes et sous-stations de transformation, on procède chaque jour à minuit au relevé des indications des compteurs. On connaît ainsi la quantité d'énergie produite ou transformée au cours de chaque intervalle de vingt-quatre heures, c'est-à-dire l'intégration de la puissance développée au cours des vingt-quatre heures considérées.

Si l'on veut analyser davantage les variations de la quantité d'énergie produite ou transformée, il faut, soit procéder à des lectures plus fréquentes des compteurs, ce qui est pratiquement impossible, soit utiliser les enregistrements des puissances instantanées en se souvenant que l'énergie est l'intégrale de la puissance.

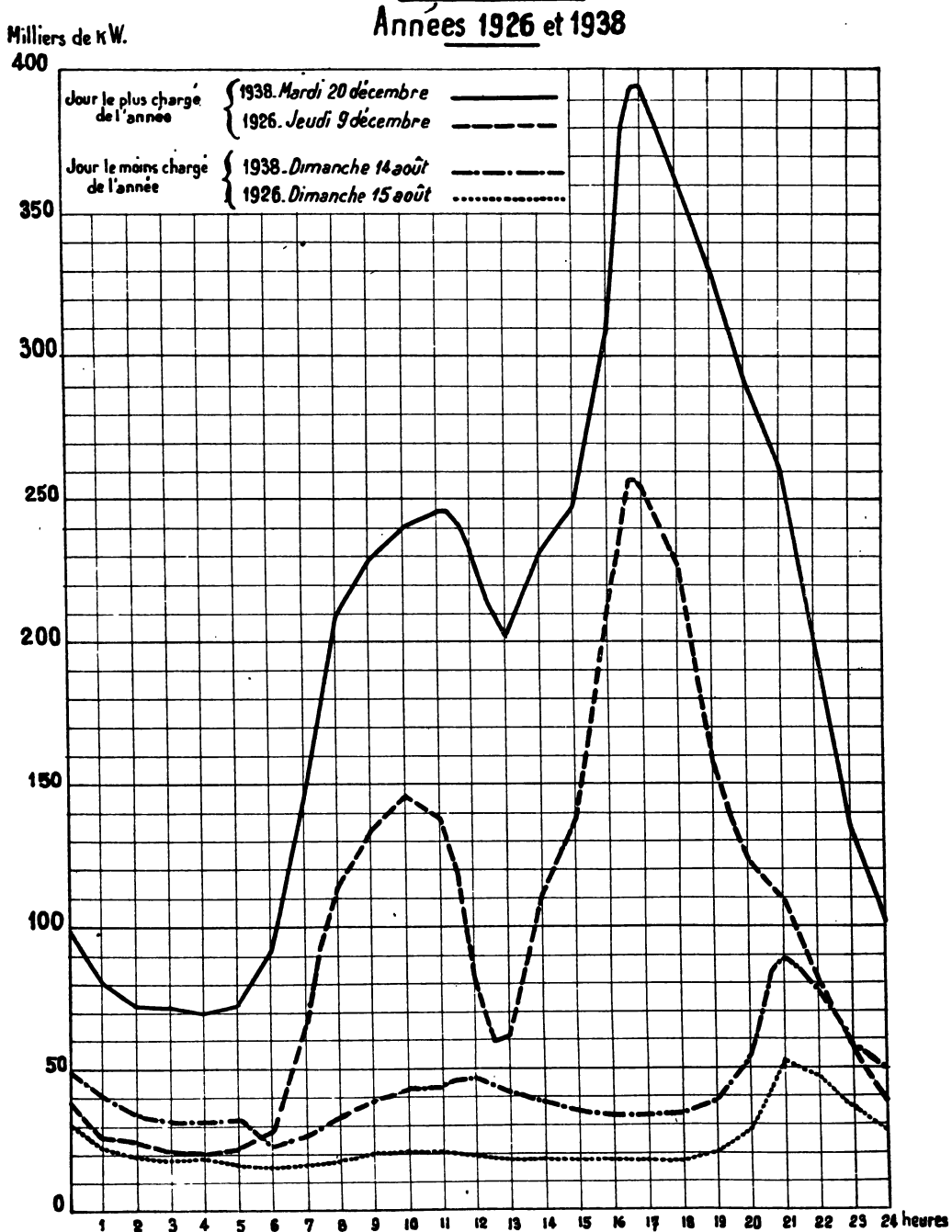
Les enregistrements des puissances instantanées par les wattmètres ou les maxigraphes donnent lieu à des courbes continues que l'on désigne sous le nom de « courbes de charge ». Il existe des courbes de charge pour une machine déterminée, pour une centrale, pour un réseau de distribution ou même pour une région.

Nous avons dit plus haut que l'énergie est l'intégrale de la puissance. Réciproquement, la puissance est la différentielle de l'énergie et l'aire de la courbe des puissances représente l'énergie.

Si donc, on planimètre l'aire d'une courbe quotidienne de puissances instantanées ou « courbe de charge », on trouve, aux erreurs près, la quantité d'énergie enregistrée par les compteurs de 0 à 24 heures.

Si l'on procède à un planimétrage particulier pour chacune des vingt-quatre heures de la journée, on trouve, aux erreurs près, la quantité d'énergie produite ou transformée au cours de chaque heure et la somme de ces vingt-quatre énergies horaires est égale à l'énergie quotidienne. On pourrait d'ailleurs subdiviser l'aire de la courbe de charge en un beaucoup plus grand nombre d'aires élémentaires en prenant comme unité de temps non pas l'heure mais la demi-heure ou le quart d'heure, par exemple.

Figure 1
Puissances instantanées à Paris, le jour le plus chargé et le jour le moins chargé de l'année



Dans la pratique, on se borne généralement à analyser la courbe de charge heure par heure. Ce système est, en effet, d'une très grande commodité.

Soit P une puissance supposée constante et t le temps pendant lequel elle est développée. L'énergie produite est :

$$W = Pt$$

Si l'on choisit comme unité de temps l'heure, $t = 1$, on a donc :

$$W = P$$

On voit donc qu'en subdivisant l'aire de la courbe de charge quotidienne en vingt-quatre plages d'une durée d'une heure chacune, le nombre qui mesure la puissance est aussi celui qui mesure l'énergie.

Si l'on suppose maintenant que la puissance P est non pas constante mais variable au cours de l'heure considérée, l'énergie est égale au produit de la puissance moyenne par le temps et, en l'espèce, à :

$$W = P_m t$$

et, pour $t = 1$, à :

$$W = P_m$$

La détermination de la quantité d'énergie produite au cours de chaque heure se ramène donc au calcul de la puissance moyenne horaire, ce qui est beaucoup plus simple et plus rapide que le planimétrage d'une aire.

Pour calculer la puissance moyenne d'une heure déterminée, on subdivise l'heure en autant d'intervalles de temps qu'elle comporte de parties constantes ou de variations linéaires. On cherche la puissance moyenne de chaque fraction d'heure et on établit la moyenne pondérée en fonction du temps des différentes puissances moyennes des intervalles de temps élémentaires.

Ces considérations générales étant exposées, nous indiquerons que l'on trace chaque jour la courbe de charge de Paris.

Cette courbe est obtenue en sommant les courbes de charge des quatre points de livraison dont nous avons parlé plus haut, savoir :

Usine « Nord » ;
Usine « Sud-Ouest » ;
Poste « Charenton » ;
Poste « Villejuif ».

Sur la figure 1, sont représentées les courbes de charge du jour le plus chargé et du jour le moins chargé des deux années 1926 et 1938.

L'année 1926 a été choisie comme année de référence éloignée et l'année 1938 comme dernière année normale ayant précédé la guerre.

Avant la guerre, le jour le plus chargé de chaque année, ou jour de la pointe générale annuelle, était, en principe, un jour ouvrable du mois de décembre, un peu avant le solstice d'hiver, et le jour le moins chargé était, en principe, un dimanche ou un jour férié du mois d'août. On voit que, tandis que le maximum se place au solstice d'hiver, le minimum ne se place pas au solstice d'été mais nettement plus tard. Cela tient à ce que les absences des abonnés pour congés annuels sont beaucoup plus nombreuses au mois d'août qu'au mois de juin.

La courbe de charge du réseau de distribution de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité a ceci d'intéressant qu'elle représente tous les besoins de Paris en énergie électrique, à l'exception de la traction. Par traction, il faut entendre les chemins de fer, dans la mesure où ils sont électrifiés, le métropolitain, autrefois les tramways et demain peut-être les trolleybus.

Paris est le Paris intra-muros entouré par l'enceinte des fortifications de 1840, aujourd'hui déclassées et démolies, et non le Paris administratif actuel, tel qu'il résulte des décrets d'annexion du 3 avril 1925. Les territoires zoniers détachés des communes suburbaines et rattachés à la Ville de Paris continuent, en effet, à titre provisoire, à être desservis par les concessionnaires des communes d'origine.

Pour bien montrer que la courbe de charge d'une ville déterminée est, en quelque sorte, la concrétisation de la vie de cette ville, nous allons donner un bref commentaire de la courbe de charge de Paris avant la guerre un jour de pointe générale annuelle (environs du 20 décembre).

Ce commentaire s'applique assez bien à la courbe de charge du mardi, 20 décembre 1938, jour le plus chargé de l'année 1938. (Voir fig. 1.)

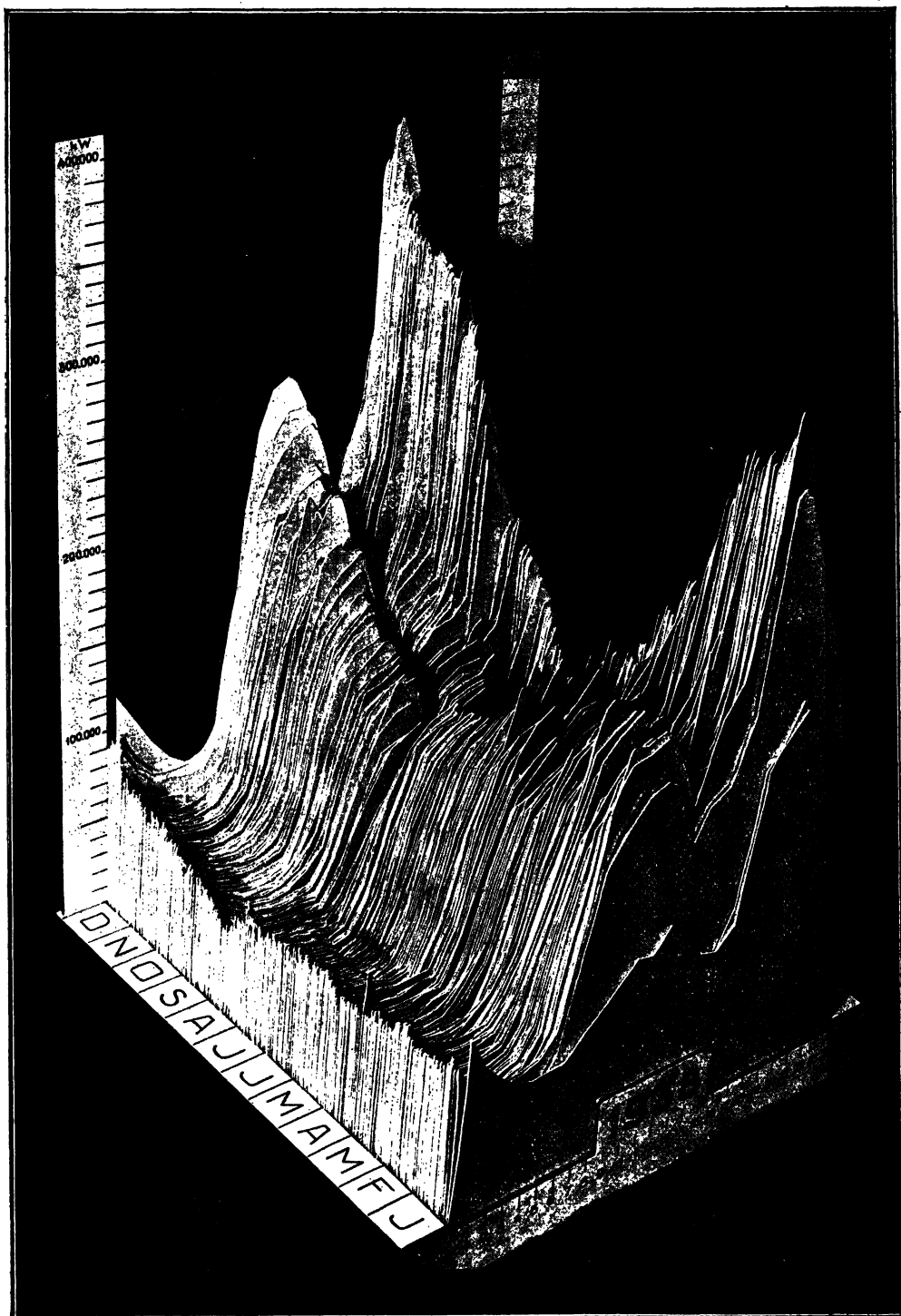
A partir de 4 heures du matin, la charge monte en même temps que la vie renaît. Ce sont les ouvriers les plus matinaux qui se lèvent et se préparent à se rendre à leur travail.

Les usines et les ateliers commencent à fonctionner dès 7 heures.

Entre 8 et 9 heures, les bureaux et les magasins ouvrent leurs portes.

A partir de 11 heures, les usines et les ateliers s'arrêtent pour permettre à leur personnel

Figure 2. — Montage de charge de Paris. Année 1938.



de déjeuner. A midi, les bureaux et de nombreux magasins ferment leurs portes pour la même raison. Entre temps, les appareils de cuisine domestiques et commerciaux ont été mis en service. Ils comblent en partie le creux de la courbe de charge entre 11 et 14 heures.

A partir de 13 heures, les usines et les ateliers recommencent à fonctionner. Les bureaux et les magasins rouvrent leurs portes entre 13 et 14 heures. Dès 15 heures, les lampes s'allument progressivement en commençant par les arrière-boutiques et les locaux situés au rez-de-chaussée ou prenant jour sur des rues ou des cours étroites. C'est la superposition de l'éclairage à la force motrice qui engendre le phénomène que l'on nomme la « pointe ».

Entre 16 et 17 heures, les usines et les ateliers cessent leur activité. De 18 à 19 heures, les bureaux ferment. Entre 19 et 20 heures, les magasins ferment à leur tour. Mais, à partir de 17 heures, des lampes de plus en plus nombreuses s'allument dans les locaux à usage d'habitation. A partir de 18 heures, les appareils de cuisine et les chauffe-eau sont progressivement remis en service.

On voit donc qu'à partir de 17 heures (heure du maximum), la puissance absorbée pour des besoins domestiques se substitue partiellement à celle appelée pour des emplois commerciaux ou industriels, laquelle ne cesse de décroître.

La charge domestique atteint son maximum propre vers 20 heures. A partir de 21 heures, la puissance absorbée par les installations domestiques décroît à son tour au fur et à mesure que les usagers quittent leur salle à manger ou leur salon pour gagner leur chambre à coucher.

Entre minuit et 2 heures, les cafés, les théâtres et les cinémas ferment leurs portes tandis que les derniers motifs lumineux s'éteignent.

De 2 à 4 heures, la charge devient minimum et reste en palier, ce qui indique que la cité tout entière se trouve plongée dans une courte léthargie.

La description que nous venons de faire s'applique à un jour ouvrable de décembre d'avant-guerre, au voisinage du solstice, mais elle ne s'applique rigoureusement qu'à ce seul jour.

En effet, les différents jours d'une semaine ne se ressemblent pas tous entre eux. Le dimanche, jour de repos, à une physionomie très particulière. Cette physionomie est également celle des jours fériés. Le samedi, jour de demi-repos, a une physionomie qui lui est propre et qui est intermédiaire entre la physionomie d'un jour ouvrable normal et la physionomie du dimanche.

Les jours ouvrables que l'on peut considérer comme normaux ne sont qu'au nombre de trois : le mardi, le mercredi et le vendredi.

Le lundi est un jour nettement aberrant. Au lendemain de l'arrêt du dimanche, il semble que le moteur économique éprouve quelque difficulté à se remettre en marche. Un certain nombre de commerces sont d'ailleurs fermés le lundi toute la journée (magasins d'alimentation, salons de coiffure, etc...) ou le lundi matin seulement (grands magasins de nouveautés).

Quant au jeudi, il n'est pas absolument normal, cette anomalie tenant sans doute à la fermeture de la plupart des écoles.

Si les courbes de charge diffèrent entre elles suivant les jours de la semaine, elles diffèrent en outre suivant les saisons et, dans le cadre d'une même saison, suivant les mois. C'est ainsi que la physionomie des courbes de charge du mois d'août est sensiblement différente de celle des courbes de charge des mois de juillet et de septembre.

Il y a donc, au fond, dans une année déterminée, 365 courbes de charge quotidiennes différentes.

Si l'on colle sur des feuilles de carton d'égale épaisseur les 365 courbes de charge quotidiennes d'une même année et qu'on les juxtapose, on obtient un solide de forme irrégulière auquel on a donné, pour des raisons de similitude d'aspect, le nom de « montagne de charge ».

La « montagne de charge » permet de se rendre compte, d'une manière non seulement visuelle mais tangible, de l'ensemble des variations saisonnières de la charge au cours d'une même année.

C'est en analysant la montagne de charge d'un réseau de distribution qu'il est le plus facile de déterminer les tarifs basés sur le « moment de l'utilisation » (c'est-à-dire tenant compte des heures auxquelles le courant est consommé) qui conviennent le mieux au réseau considéré.

La figure 2 est la photographie de la montagne de charge de Paris pour l'année 1938.

II. — Les statistiques des puissances moyennes horaires.

Les montagnes de charge présentent un certain caractère spectaculaire mais elles ne sont pas le meilleur moyen d'étudier les variations de la puissance en fonction du temps.

Le meilleur moyen semble bien être un moyen purement statistique qui consiste à classer les puissances par affinités, suivant leur valeur.

Nous avons dit plus haut qu'il était facile de déterminer la puissance moyenne de chaque heure sur les courbes de charge quotidiennes. On obtient ainsi, pour chaque jour, 24 puissances moyennes horaires et, pour une année non bissextile :

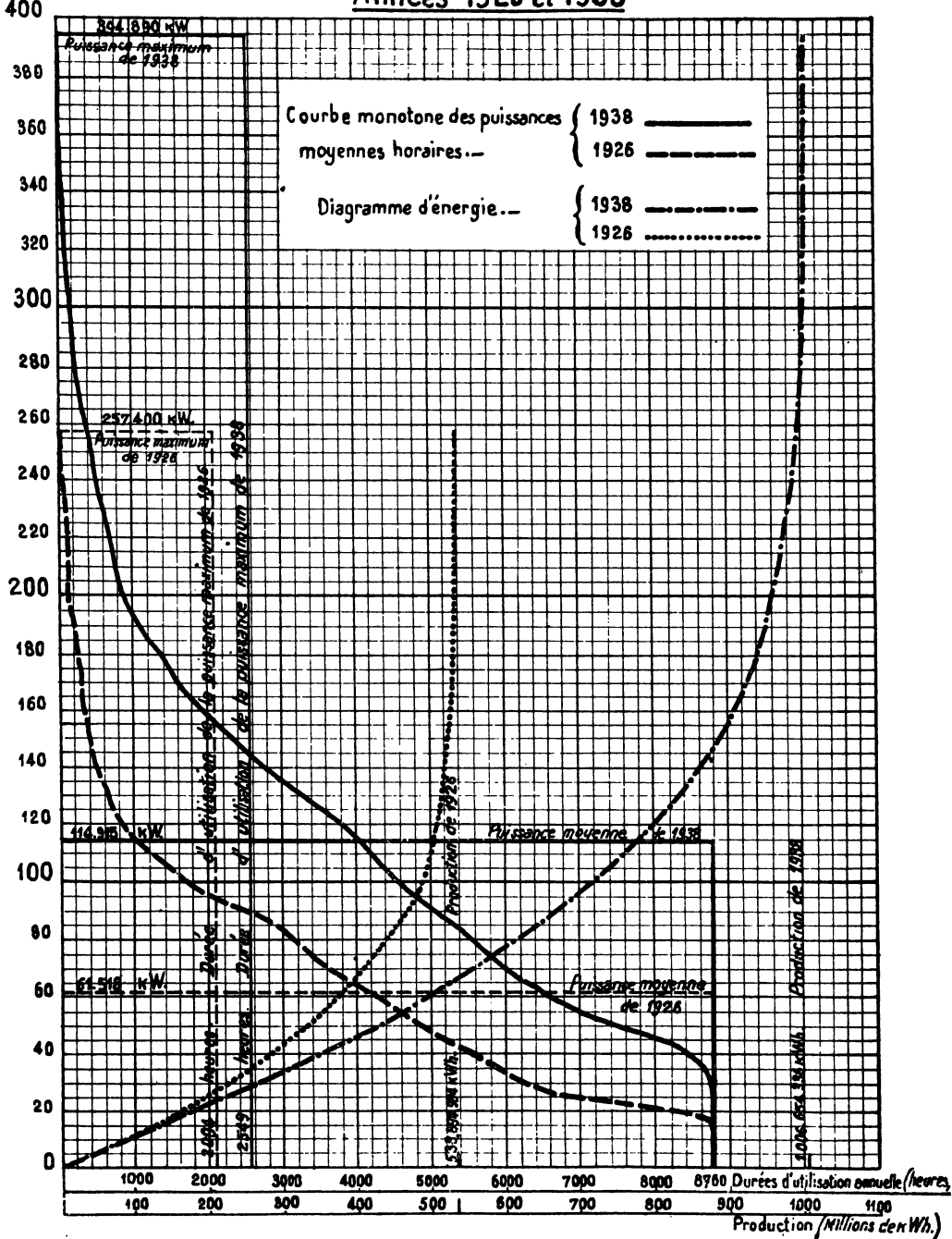
$$24 \times 365 = 8.760 \text{ puissances moyennes horaires.}$$

Figure 3

*Courbe monotone des puissances moyennes horaires
et diagramme d'énergie de Paris*

Puissances
moyennes horaires
(Milliers de kW)

Années 1926 et 1938



Ce sont ces 8.760 puissances qu'il convient de classer par ordre de valeurs décroissantes pour obtenir la représentation graphique appelée « diagramme de durée », « courbe d'utilisation » ou « courbe monotone ».

Le classement s'opère en établissant un tableau des fréquences duquel on tire non pas le polygone des fréquences mais la courbe des fréquences cumulées ou « courbe monotone » des puissances classées suivant leur durée d'utilisation annuelle.

La courbe monotone des puissances moyennes horaires à Paris en 1926 et 1938 (fig. 3) indique le nombre d'heures pendant lequel la puissance P correspondant à chacune de ses ordonnées a été dépassée.

On voit sur cette courbe que la durée d'utilisation annuelle a été infiniment petite pour la puissance maximum) 394.890 kilowatts en 1938 et 257.400 kilowatts en 1926) et qu'elle a été de 8.760 heures pour une puissance inférieure à 25.000 kilowatts en 1938 et à 15.000 kilowatts en 1926.

La surface totale délimitée par la courbe monotone et les deux axes de coordonnées représente l'énergie fournie au cours de l'année.

On peut tracer deux rectangles équivalents à cette surface.

L'un a pour hauteur la puissance maximum et pour base la durée d'utilisation annuelle de cette puissance. L'autre a pour hauteur la puissance moyenne et pour base le nombre total d'heures de l'année.

En intégrant la courbe monotone des puissances, on obtient une nouvelle courbe qui est désignée sous le nom de « courbe de durée intégrée » ou « diagramme d'énergie ».

Le diagramme d'énergie de Paris pour les années 1926 et 1938 fait également l'objet de la figure 3.

Le diagramme d'énergie offre sur la courbe monotone l'avantage appréciable de faire intervenir des longueurs à mesurer au lieu de surfaces à planimétrer.

C'est ainsi que, si l'on veut connaître, pour l'année 1938, la quantité d'énergie correspondant aux puissances supérieures à 200.000 kilowatts, il suffit, au lieu de planimétrer l'aire du sommet de la courbe monotone, de mesurer sur l'axe des abscisses du diagramme d'énergie la longueur du segment compris entre les ordonnées abaissées des points 200.000 kilowatts et 394.890 kilowatts.

On peut songer à utiliser autrement les 8.760 puissances moyennes horaires de l'année en se rappelant ce que nous avons signalé plus haut, à savoir que le nombre qui mesure une puissance moyenne horaire en kilowatts mesure également, en kilowatt-heures, l'énergie considérée.

Il est donc possible de totaliser, pour les 365 jours de l'année, l'énergie produite de 0 à 1 heure, de 1 heure à 2 heures, etc..., de façon à décomposer la production totale annuelle en 24 productions horaires. On obtient ainsi une sorte de courbe de répartition moyenne annuelle de l'énergie suivant les heures qui participe des 365 courbes de charge quotidiennes.

Cependant, comme le volume total de l'énergie produite peut varier beaucoup d'une année à l'autre, la comparaison des courbes qui expriment la répartition horaire de l'énergie en valeur absolue n'est pas sans présenter quelques difficultés.

On obvie à cet inconvénient en exprimant la production de chaque heure en pour cent de la production totale annuelle.

Sur la figure 4, on a tracé les courbes qui indiquent, en pour cent de la production totale annuelle, la production de chaque heure de la journée pour les années 1926 et 1938.

On voit nettement sur cette figure que les pointes de la courbe de 1926 se sont aplaties et que les creux de la même courbe se sont remplis.

Au lieu de rapporter la production annuelle de chaque heure à la production totale annuelle, on peut la rapporter, soit à la production de l'heure la plus chargée (heure de pointe), soit à la production de l'heure la moins chargée, soit à la production de l'heure moyenne, soit à la production d'un groupe d'heures déterminé (heures de jour ou heures autres que celles de nuit, par exemple).

Si l'on agit sur la production de certaines heures au moyen, notamment, de tarifs réduits appropriés, il est indiqué de rapporter la production de chaque heure à la production de l'ensemble des heures sur lesquelles on n'a pas agi de façon à faire apparaître l'évolution engendrée.

Les divers travaux exécutés dans le cadre de l'année peuvent également être effectués par saison (hiver, été), par mois (mois le plus chargé) et par jour (jour le plus chargé).

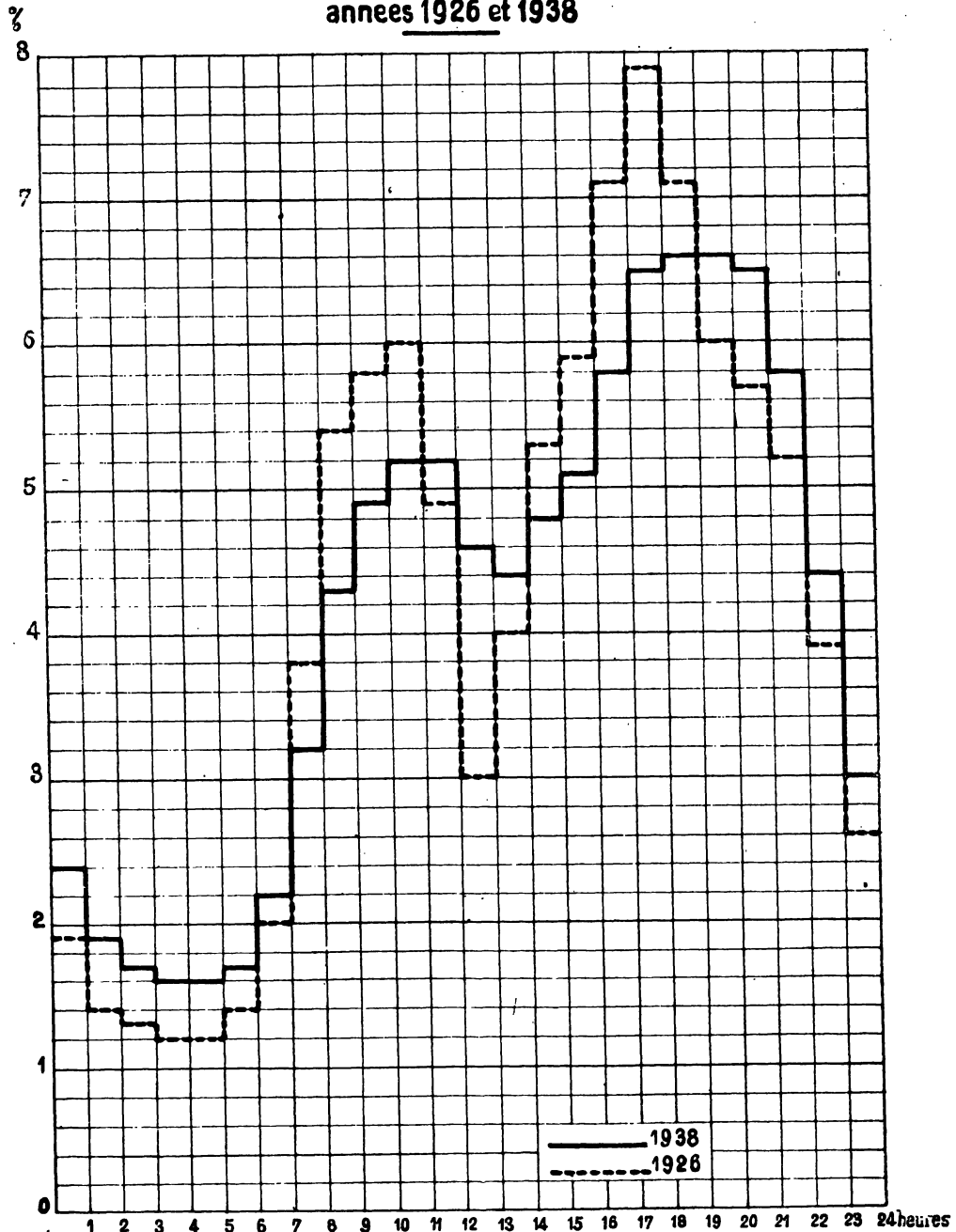
On peut également, pour un jour de pointe générale annuelle par exemple, établir un graphique permettant la comparaison entre la courbe de charge du jour considéré et la courbe homothétique à celle du jour de pointe d'une année choisie comme année de référence.

Pour tracer la courbe de charge homothétique à celle d'une journée déterminée, on multiplie les ordonnées de la courbe de charge du jour correspondant de l'année de référence par le rapport des ordonnées des deux courbes comparées à l'heure du maximum de l'année opposée à celle de référence.

III. — Les statistiques quotidiennes et hebdomadaires.

La courbe des puissances instantanées ou courbe de charge est la base des statistiques quotidiennes.

Figure 4
Répartition(%) de la production d'énergie électrique
à Paris suivant les heures de la journée
années 1926 et 1938



Pour étudier la courbe de charge d'une journée donnée, on établit, en général, un graphique sur lequel cette courbe se trouve superposée à celle du jour correspondant de l'année précédente et, éventuellement, à la courbe de charge du jour correspondant d'une année considérée comme normale ou de référence.

La comparaison d'une courbe de charge quotidienne avec celle du jour correspondant d'une autre année permet de raisonner sur deux journées de même nature et d'égale durée de la nuit, mais elle ne tient pas compte des facteurs atmosphériques (luminosité et température) qui influent sur la charge.

C'est pourquoi il est indispensable de faire figurer, pour chaque courbe de charge, les indications qualitatives et quantitatives relatives à la luminosité et à la température. Ces indications sont fournies par un luxmètre automatique et un thermomètre enregistreur et elles sont complétées par des observations personnelles nécessairement subjectives.

On peut également comparer la courbe de charge d'une journée déterminée avec la courbe de charge d'une autre journée de la même année dont toutes les caractéristiques, sauf une (la luminosité, par exemple) sont les mêmes. On met ainsi en évidence l'influence exercée sur la charge par la caractéristique que l'on avait choisie différente. Cette méthode de comparaison est très difficile à appliquer en raison de la variation continue de la durée des nuits. Il arrive parfois cependant que deux journées situées à peu près à la même distance d'un solstice et ayant, par conséquent, la même durée de la nuit ont l'une de leurs caractéristiques atmosphériques très semblable et l'autre très différente. C'est le cas optimum pour arriver à déceler l'influence de cette dernière, si toutefois aucune cause d'ordre économique n'est venue perturber la comparaison.

Comme il n'est pas possible de travailler constamment sur la courbe de charge et qu'on éprouve le besoin de symboliser celle-ci par ses principales caractéristiques (aire et ordonnée maximum), on établit des statistiques quotidiennes qui indiquent, pour chaque journée de la période considérée :

- 1° La puissance maximum;
- 2° L'énergie produite ou achetée;
- 3° La durée d'utilisation quotidienne de la puissance maximum;
- 4° Le coefficient quotidien d'utilisation (1).

Ces données sont comparées avec celles des jours correspondants de l'année précédente et, éventuellement, d'une année de référence.

Les jours font partie d'un cycle qui est la semaine.

La semaine se compose de sept jours dont nous avons dit plus haut qu'ils se caractérisent comme suit :

- Un jour de repos (le dimanche);
- Un jour de demi-repos (le samedi);
- Trois jours ouvrables normaux (le mardi, le mercredi et le vendredi);
- Un jour ouvrable nettement aberrant (le lundi);
- Un jour ouvrable légèrement anormal (le jeudi).

La semaine constitue le cycle régulier de la vie et du travail, les hommes, à l'exemple du Créateur, travaillant pendant six jours et se reposant le septième jour.

Elle offre l'avantage de permettre une subdivision de l'année en 52 intervalles de temps égaux alors que l'analyse par journées conduit à 365 intervalles, chiffre beaucoup trop élevé pour permettre une étude facile, et l'analyse par mois à 12 intervalles seulement, quelque peu inégaux et insuffisamment nombreux pour donner une idée exacte des influences saisonnières.

En sens inverse, le choix de la semaine comme unité de temps présente un inconvénient. Les années civiles comportent, en effet, un nombre entier de mois et un nombre entier de jours (366 ou 365 suivant qu'elles sont ou non bissextiles), mais le nombre de leurs semaines (52) laisse en dehors de lui un ou deux jours suivant les cas.

Malgré la difficulté inhérente à la subdivision de l'année en semaines, les statistiques hebdomadaires, portant sur une période d'une durée intermédiaire entre celle de la journée et celle du mois, sont d'un grand intérêt pratique.

On établit donc des statistiques hebdomadaires faisant apparaître les notions suivantes pour toutes les semaines d'une même année :

- 1° Puissance maximum;
- 2° Énergie produite ou achetée;
- 3° Durée d'utilisation hebdomadaire de la puissance maximum;
- 4° Coefficient hebdomadaire d'utilisation.

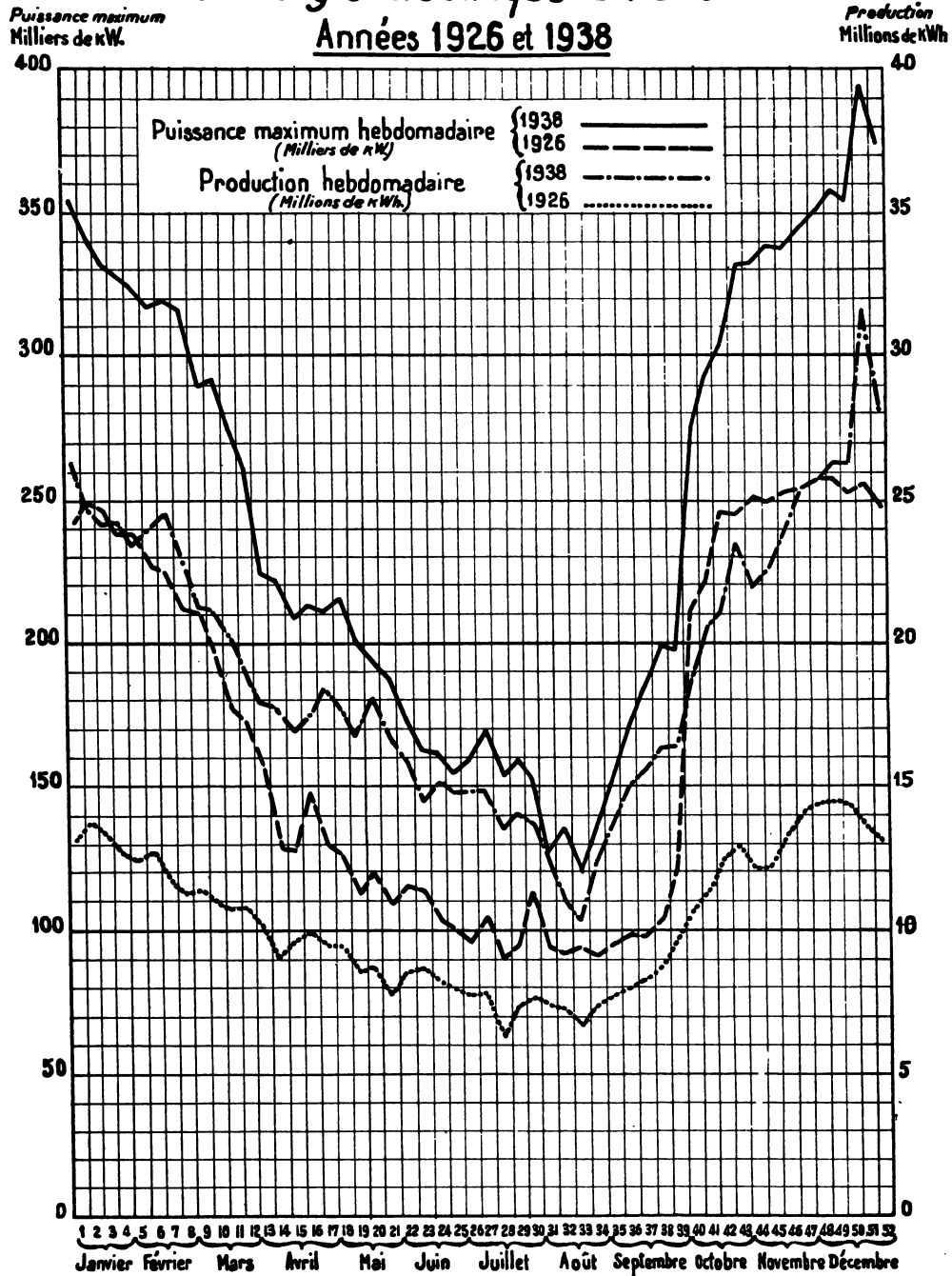
Ces données font l'objet de comparaison avec celles des semaines correspondantes de l'année précédente et, éventuellement, d'une année de référence. La figure 5 indique, pour les années 1926 et 1938, la puissance maximum et la production hebdomadaires à Paris.

Au point de vue de la répartition horaire de la charge, on peut convenir, pour éviter de se

(1) Le coefficient d'utilisation est, d'une façon générale, le rapport entre la durée d'utilisation d'une période déterminée et le nombre total d'heures que comporte cette période. Par exemple: si la durée quotidienne d'utilisation de la puissance maximum est de 8 heures, le coefficient d'utilisation est de

$\frac{8}{24} = 33,33 \%$.

Figure 5
Puissance maximum et production hebdomadaires
d'énergie électrique à Paris
Années 1926 et 1938



livrer à un travail sur les puissances moyennes horaires, que la semaine sera caractérisée par la courbe de charge du jour normal médian, c'est-à-dire le mercredi.

IV. — *Les statistiques mensuelles et saisonnières.*

Si l'on fait abstraction des grandes subdivisions que constituent le semestre et le trimestre, le mois est la plus longue unité de temps qu'il est possible d'employer dans le cadre de l'année.

Cette unité de temps a non seulement un caractère météorologique mais également un caractère administratif, comptable et statistique.

Il est donc tout indiqué de tenir des statistiques mensuelles de puissance maximum, d'énergie produite ou achetée, de durée d'utilisation et de coefficient d'utilisation analogues aux statistiques quotidiennes ou hebdomadaires dont nous avons parlé plus haut.

La comparaison des chiffres d'un mois déterminé avec les chiffres du mois correspondant de l'année précédente ou d'une année de référence fournit d'utiles enseignements.

D'autre part, les statistiques mensuelles de l'énergie produite ou achetée présentent le très grand intérêt pratique de pouvoir être comparées aux statistiques de l'énergie consommée ou vendue, lesquelles ne peuvent pas être établies sur un intervalle de temps d'une durée plus courte que le mois.

De la comparaison des statistiques de l'énergie consommée ou vendue et de celles de l'énergie produite ou achetée ressort le rendement en énergie du réseau de distribution.

Il importe d'ailleurs de remarquer que, pour le calcul des rendements en énergie dans les réseaux de distribution, il n'est pas possible, en raison du décalage dans le relevé de la consommation aux compteurs des abonnés, de comparer la production d'un mois déterminé à la quantité d'énergie dite « consommation » du même mois.

Mais, en tenant compte du fait que tous les compteurs des abonnés, sans exception, sont relevés au moins une fois chaque année, on peut rapprocher chaque mois la production de la période de douze mois prenant fin avec le mois considéré de la consommation de la même période.

On obtient ainsi un rendement par périodes de douze mois mais dont on peut suivre la variation de mois en mois, c'est-à-dire douze fois plus souvent que si l'on se bornait à calculer le rendement par années civiles.

De même que la répartition horaire de la charge dans le cadre de la semaine peut être caractérisée par la courbe de charge du jour normal médian de la semaine (le mercredi), la répartition horaire de la charge dans le cadre du mois peut être symbolisée par la courbe de charge du jour normal médian du mois (le troisième mercredi).

Il est également intéressant d'étudier la courbe de charge du jour le plus chargé de chaque mois en la comparant à la courbe de charge du jour le plus chargé du mois correspondant de l'année précédente et, éventuellement, d'une année de référence.

Théoriquement, les saisons commencent ou prennent fin aux solstices et aux équinoxes. Il est cependant commode de convenir qu'elles coïncident avec les trimestres civils, le premier trimestre étant l'hiver, le deuxième trimestre le printemps, le troisième trimestre l'été et le quatrième trimestre l'automne.

Les électriciens vont même plus loin et admettent généralement que l'année — leur année — se compose de deux saisons seulement, ayant chacune une durée de six mois. L'hiver commence le 1^{er} octobre d'une année et prend fin le 31 mars de l'année suivante, l'été commence le 1^{er} avril d'une année et prend fin le 30 septembre de la même année.

Pour rester dans le cadre des années civiles, on convient habituellement que l'hiver est constitué par le premier et le quatrième trimestre et l'été par le deuxième et le troisième trimestre.

Avec ce système, on le voit, l'année n'a que deux saisons et chacune d'elles est constituée par un nombre entier de mois. Il est donc très facile de tirer des statistiques mensuelles les éléments des statistiques saisonnières, notamment aux divers points de vue de la puissance maximum, de l'énergie produite ou achetée et de la durée d'utilisation.

Nous avons déjà signalé que les travaux sur les puissances moyennes horaires exécutés dans le cadre de l'année peuvent également être effectués par mois ou par saison.

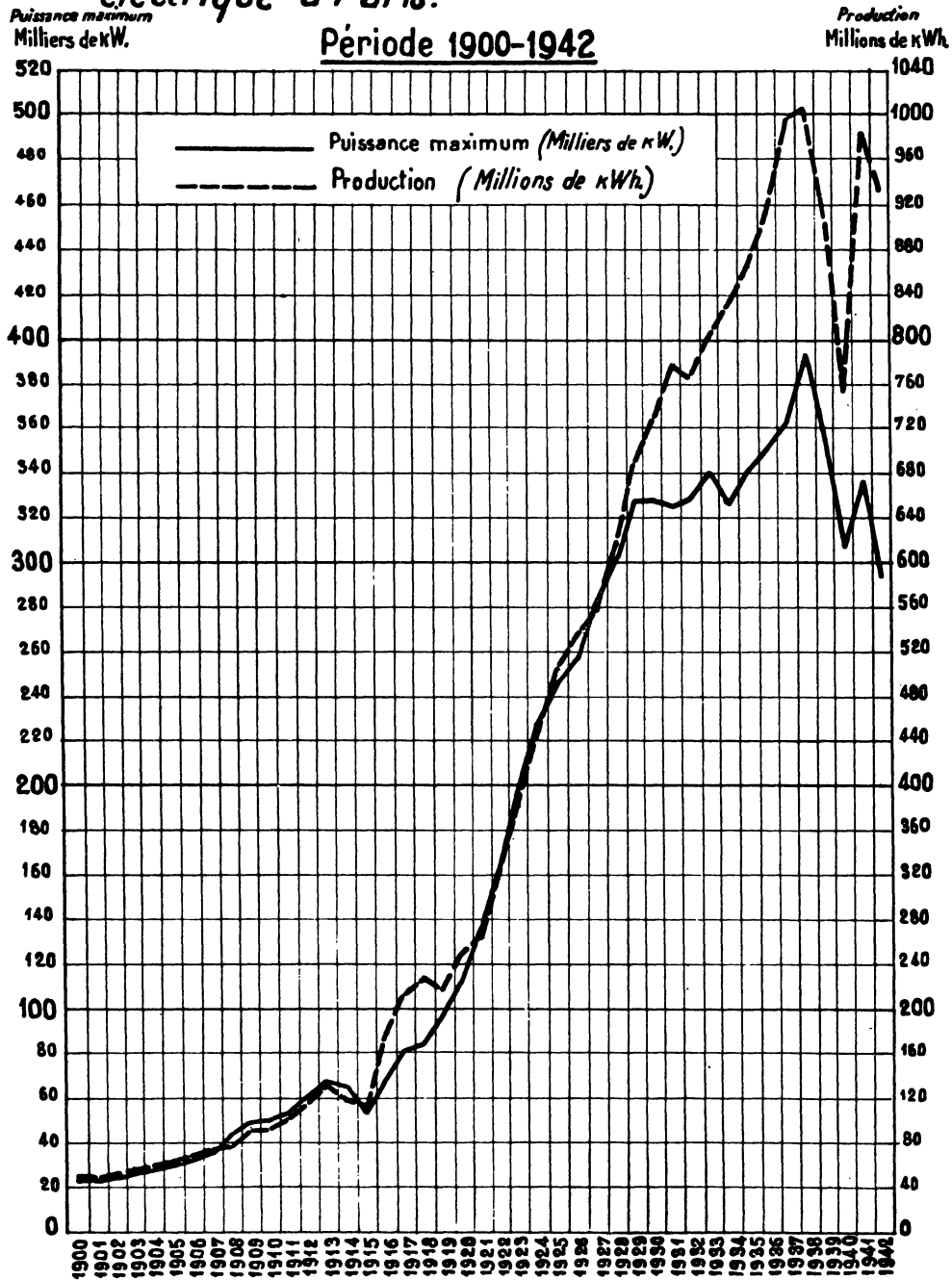
Si le besoin s'en faisait sentir, on pourrait d'ailleurs subdiviser l'année en quatre saisons :
— deux saisons nettement tranchées : hiver (1^{er} trimestre) et été (3^e trimestre);
— et deux demi-saisons de caractère intermédiaire : printemps (2^e trimestre) et automne (4^e trimestre).

La figure 5, qui indique, dans le cadre d'une année, la puissance maximum et la production hebdomadaires, donne une idée suffisamment exacte de la variation saisonnière des besoins de la population parisienne en énergie électrique.

D'une façon générale, les courbes de la puissance maximum et de la production ont la même allure que la courbe de la durée des nuits. Si elles ne sont pas rigoureusement semblables à cette dernière c'est que le réseau électrique de Paris est loin d'être un réseau d'éclairage pur et que certaines influences perturbatrices s'exercent sur la charge, notamment l'influence des congés annuels dont le maximum a lieu en août.

Figure 6

Puissance maximum et production d'énergie électrique à Paris.



V. — *Les statistiques annuelles.*

Les statistiques annuelles ont, comme les statistiques mensuelles, un caractère administratif, comptable et statistique.

A ce dernier point de vue, il faut noter que ce sont les éléments annuels seuls qui permettent de suivre une évolution sur une période de longue durée.

On a donc été amené à établir, dans le cadre de l'année, les mêmes statistiques de puissance maximum, d'énergie produite ou achetée et de durée d'utilisation que l'on avait créées dans le cadre de la journée, de la semaine et du mois.

Pour les années anciennes, les données quotidiennes, hebdomadaires et même mensuelles ont fini par être égarées ou détruites et, seuls, les chiffres annuels sont parvenus jusqu'à nous.

La figure 6 donne, pour la période 1900-1942, la puissance maximum annuelle et la production annuelle d'énergie électrique à Paris.

La période de quarante-trois ans à laquelle se rapporte cette figure est la plus longue période dont nous connaissions les principales caractéristiques annuelles. Elle présente l'avantage de commencer avec le *xx*^e siècle et de ne laisser en dehors d'elle que les premières manifestations de l'énergie électrique à Paris.

Les courbes de la figure 6 ont une allure générale ascendante qui se passe de tout commentaire puisque cette allure exprime l'électrification progressive d'une ville de près de 3 millions d'habitants, qui est à la fois la capitale de la France et l'une des plus grandes métropoles de l'univers.

Les accidents de ces courbes, au contraire, ont une signification économique qui mérite d'être soulignée.

Examinons donc la courbe « Puissance maximum » de la figure 6. Nous constatons un premier fléchissement en 1914 dû à la première guerre mondiale. Ce fléchissement s'accroît en 1915 et est ensuite suivi d'une reprise qui durera jusqu'en 1929, année où s'est produit le grand krach de Wall Street qui a bouleversé les assises économiques du monde. A partir de 1930, la courbe ne monte plus que lentement et, en 1934, une accentuation de la crise économique provoque un nouveau fléchissement. A partir de 1935, la courbe se remet à monter jusqu'en 1938, année où elle atteint son point culminant. La seconde guerre mondiale amène un fléchissement en 1939. Ce fléchissement s'aggrave fortement en 1940 avec l'exode de la population parisienne. En 1941, une nette reprise se manifeste. En 1942, un nouveau fléchissement se produit, occasionné par les restrictions sur la consommation d'énergie électrique.

Analysons maintenant de la même façon la courbe « Production d'énergie électrique » de la figure 6. En 1914, la première guerre mondiale entraîne un fléchissement de la demande d'énergie, fléchissement moins accusé toutefois que celui de la puissance maximum.

En 1919, on constate un fléchissement nouveau de la demande d'énergie alors que la courbe de la puissance maximum n'avait enregistré, en 1918, qu'un simple changement de pente. Ce changement de pente de la courbe de la puissance maximum en 1918 et ce fléchissement de la courbe de la production en 1919 sont l'un et l'autre dus à la même cause, qui est l'arrêt des usines de guerre consécutif à l'armistice du 11 novembre 1918.

Il se produit ensuite une reprise qui durera jusqu'en 1931 (année au cours de laquelle a eu lieu l'Exposition Coloniale).

En 1932, la courbe de la production marque un nouveau fléchissement qui tient à l'accentuation de la crise économique dont on aperçoit le commencement, dès 1930, sur la courbe de la puissance maximum.

A partir de 1933, la courbe se remet à monter jusqu'à son point le plus élevé qu'elle atteigne en 1938. Un fléchissement s'observe en 1939, entraîné par la seconde guerre mondiale. Pour l'énergie comme pour la puissance maximum, ce fléchissement s'accroît en 1940 par suite de l'exode de la population. En 1941, une reprise se produit qui est plus marquée encore pour l'énergie que pour la puissance maximum, l'application de l'heure de l'Europe centrale avancée d'une heure ayant influencé la puissance maximum davantage que la production. En 1942, on constate, comme pour la puissance maximum, le fléchissement tenant aux restrictions édictées en matière de consommation de l'énergie électrique.

CONCLUSION

On peut voir, par les quelques exemples qui précèdent, que les statistiques de la production de l'énergie électrique sont nombreuses et variées. Suivant l'aspect sous lequel on désire étudier un phénomène (puissance maximum ou énergie, répartition horaire ou variation saisonnière de la charge), il faut établir une statistique ou une autre, mais toutes les statistiques établies partent des deux notions de puissance instantanée, c'est-à-dire de puissance en dehors du temps, et de puissance dans le temps, c'est-à-dire d'énergie.

Le nombre infini des puissances instantanées a conduit pratiquement à substituer à la notion de puissance instantanée celle de puissance moyenne horaire, cette dernière puissance offrant la propriété précieuse d'être mesurée par le même nombre que l'énergie correspondante, le facteur temps du produit puissance $\times$ temps = énergie étant pris conventionnellement égal à l'unité.

Aux ordonnées de la courbe des puissances et aux aires des polygones élémentaires irréguliers dont la somme constitue l'aire totale de la courbe des puissances, on a simplement substitué les hauteurs et les aires des rectangles dont la base sur l'axe des temps portés en abscisses est uniformément de une heure.

Tel est l'instrument statistique que le producteur et le distributeur d'énergie électrique ont à leur disposition pour classer et clarifier les données qui expriment, en la synthétisant, toute la vie économique et sociale d'une ville ou d'une région déterminée.

Nous avons pu faire, pour Paris, un certain nombre de comparaisons dans le temps. Ces comparaisons nous paraissent d'autant plus intéressantes qu'elles se rapportent à une ville dont le territoire et la population n'ont pas ou n'ont que très peu varié.

C'est ainsi que la superficie du Paris *intra muros*, sur le territoire duquel s'étend le réseau de distribution de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité, superficie limitée par l'ancienne enceinte fortifiée, est de 78 kilomètres carrés.

D'autre part, la population de Paris a varié comme suit depuis le début du xxe siècle :

1901	2.714.068 habitants
1906	2.763.393 —
1911	2.888.110 —
1921	2.906.472 —
1926	2.871.429 —
1931	2.891.020 —
1936	2.829.746 —

En l'espace de trente-cinq ans, de 1901 à 1936, la population de Paris ne s'est augmentée que de 4,26 %. Ce faible taux d'augmentation nous permet donc de dire que nos chiffres expriment l'électrification d'une grande ville dont la population est demeurée sensiblement constante.

Il nous reste à souhaiter, pour terminer, qu'il soit bientôt possible de tenter dans l'espace, c'est-à-dire entre les grandes métropoles du monde enfin délivré du fléau de la guerre, des comparaisons analogues à celles auxquelles nous avons procédé dans le temps pour la seule ville de Paris.

Robert CONTE.

DISCUSSION

M. DECUGIS. — M. Conte peut-il nous donner son avis sur l'importance des économies de consommation de courant procurées par l'avance de l'heure, suivant les différentes modalités qu'elle a revêtues depuis deux ans.

M. CONTE répond qu'il est hors de doute que l'avance de l'heure en été et, même, dans une certaine mesure, en hiver, entraîne d'importantes économies de puissance maximum et d'énergie. Les Français seraient bien inspirés après la guerre s'ils savaient ne pas faire preuve d'un amour-propre national mal placé et acceptaient de conserver, au moins pendant quelques années, le système horaire actuel, c'est-à-dire le système appliqué depuis l'automne 1942 et comportant une avance de deux heures en été et d'une heure en hiver et non le système pratiqué de juin 1940 à octobre 1942, qui comportait une avance uniforme de deux heures pendant toute l'année, ce qui n'est pas sans inconvénients en hiver.

Il ne faut d'ailleurs pas oublier que l'avance de l'heure de deux heures en été ou « super heure d'été » avait été envisagée en France avant la guerre.

M. MICHEL. — Les changements d'heure peuvent être très utiles dans la question d'électricité mais pour la campagne, au point de vue des travaux agricoles et des relations entre les populations rurales et urbaines, ils présentent de très gros inconvénients. Or, la population paysanne représente une assez forte proportion de la population active française pour que l'on tienne compte de son avis. Il n'y a pas une question d'amour-propre mal placé comme veut bien le dire notre conférencier, mais des nécessités d'ordre naturel qui ne permettent pas toujours que les désirs d'une fraction industrielle, quelque motivés qu'ils paraissent être à son avis, prévalent sur l'ensemble des besoins collectifs du pays.

M. ROY. — 1° Notant la réduction au cours du temps de l'écart entre le maximum et le minimum de la consommation journalière, M. Roy demande si des observations systématiques ont été faites pour déterminer l'influence de la différenciation des tarifs sur la régularisation du débit au cours de la journée.

2° La consommation annuelle par tête d'habitant pouvant être évaluée à 300 kwh, les observations faites dans certaines villes étrangères permettent-elles de conclure à des perspectives d'accroissement important pour l'avenir?

M. CONTE répond que toutes les observations faites depuis une quinzaine d'années et, en particulier, l'analyse systématique des puissances fournies au réseau de distribution parisien ont montré que la courbe de charge évolue dans un sens favorable et tend à se régulariser. Cette heureuse évolution est due, dans une large mesure, à la politique de bas tarifs à certaines heures ou pour certains appareils qui a été suivie par le distributeur.

Quant à la consommation moyenne annuelle par tête d'habitant, qui est de l'ordre de

300 kwh à Paris, elle peut être considérablement développée dans l'avenir. A l'appui de cette façon de voir il suffit de rappeler les consommations beaucoup plus importantes enregistrées dans les grandes villes des États-Unis d'Amérique ou même, tout près de nous, en Suisse.

M. BERTRAND. — Les chiffres de consommation journalière étant influencés par la luminosité et par la température ne sont pas exactement comparables à ceux de la journée correspondante de l'année précédente ou de la moyenne annuelle. A-t-il été possible d'établir des coefficients d'ajustement de la consommation en fonction de ces deux variables de façon à obtenir des chiffres nets de consommation qui seraient ainsi dégagés de ces causes de variation?

M. CONTE déclare que la question de la correction de la puissance maximum et de la production quotidiennes en fonction de la luminosité et de la température a fait l'objet d'études à Paris avant la guerre. La guerre est venue interrompre ces études qui ne pourront être reprises qu'après la conclusion de la paix lorsque Paris sera redevenu le grand secteur d'éclairage qu'il était autrefois.

M. GALLIOT, à la suite de la très belle conférence de M. Conte, lui demande s'il estime que les statistiques hebdomadaires, mensuelles, trimestrielles et annuelles sont toutes nécessaires. Il semble que les plus importantes soient les statistiques hebdomadaires, trimestrielles et annuelles, les statistiques mensuelles étant plutôt administratives que techniques.

M. CONTE estime que les statistiques mensuelles sont aussi indispensables que les statistiques annuelles car le mois est, comme l'année, une unité de temps administrative et comptable. Les statistiques quotidiennes et hebdomadaires sont des statistiques d'exploitation. Quant aux statistiques trimestrielles, elles ne sauraient remplacer les statistiques mensuelles et, s'il fallait choisir entre les unes et les autres, il est certain que l'on serait amené à sacrifier les statistiques trimestrielles.

A noter d'ailleurs, d'une part, que les statistiques trimestrielles ne sont que la somme de trois statistiques mensuelles et, d'autre part, que les statistiques de consommation sont tenues par mois dans toutes les entreprises de distribution d'énergie électrique.

M. CHARRON fait remarquer que l'amélioration de la courbe de charge d'un réseau présente un intérêt général parce qu'elle permet de réduire pour un même service l'importance des puissances qui sont en jeu; l'amélioration de la courbe de charge se répercute jusqu'à l'usine productrice en passant par les réseaux de transport qu'elle permet de débouteiller s'il y a lieu. L'amélioration de la courbe de charge permet également de réduire dans certains cas les programmes de construction des lignes de transport d'énergie électrique, lesquelles sont d'une exploitation d'autant plus coûteuse relativement qu'elles ne travaillent qu'aux heures de la pointe.

Enfin l'amélioration de la courbe de charge permet de supprimer la mise en marche de certaines usines thermiques dont les rendements thermiques sont souvent fort mauvais, les usines les meilleures fonctionnant comme usine de base d'une manière générale à peu près continue pendant de longues périodes.

L'amélioration de la courbe de charge ne permet pas cependant de régulariser le débit de la consommation d'un bout de l'année à l'autre; le domaine de l'amélioration des courbes de charge dans un réseau de distribution habituel ne dépasse guère le cadre de la journée ou de la semaine; s'il s'agit de régulariser la consommation de l'année, c'est un autre problème infiniment plus complexe; il appartient plutôt à la production de s'organiser pour faire face aux variations des consommations saisonnières; bien entendu, certaines grosses industries consommatrices spécialisées peuvent également s'organiser pour conjuguer leurs efforts de la production.

M. VÈNE a écouté avec beaucoup d'intérêt les remarques si précises de M. Conte sur les conséquences de l'avance de l'heure. Il est d'accord avec lui sur ses conclusions. Il croit devoir signaler néanmoins que les économies dont les graphiques de M. Conte attestent la réalité lui paraissent avoir été obtenues à la fois par l'avance de l'heure et par toute une série de dispositions de détail prises par la Direction de l'Électricité en vue d'éviter tout gaspillage de force et d'obtenir une répartition judicieuse de la puissance disponible entre les entreprises industrielles.
