

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

MICHEL HUBER

La statistique des forces motrices

Journal de la société statistique de Paris, tome 73 (1932), p. 397-422

http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1932__73_397_0

© Société de statistique de Paris, 1932, 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/>

II

LA STATISTIQUE DES FORCES MOTRICES

La Statistique générale de la France a sous presse à l'Imprimerie nationale, le volume consacré aux résultats de l'enquête sur les forces motrices annexée au recensement de 1926.

Sur ce sujet, les données publiées dans notre pays sont anciennes. Depuis 1839, le ministère des Travaux publics établit la statistique annuelle des appareils à vapeur. Les grandes enquêtes industrielles effectuées par la Statistique Générale de la France en 1840-1845 (limitée aux établissements occupant plus de 10 ouvriers) puis en 1860-1865 (étendue à toutes les usines ou fabriques) ont fait connaître la puissance motrice alors utilisée par l'industrie.

Mais, il faut ensuite arriver jusqu'en 1899, pour retrouver une enquête générale, qui apparaît comme un complément indispensable du grand développement donné, à partir de 1896, au recensement des industries et professions lié au dénombrement quinquennal de la population. Sur la demande de l'Office du travail, les fiches de moteurs à vapeur et à eau établies par les services compétents du ministère des Travaux publics et du ministère de l'Agriculture furent dépouillées par le service du recensement professionnel, créé en 1896, et fournirent la matière de deux volumes.

Ces résultats furent rajustés en 1901, pour s'accorder avec les données du recensement.

L'enquête sur les forces motrices fut renouvelée en 1906 et le dépouillement des fiches de force motrice put être fait, cette fois, simultanément avec celui des autres documents : bulletins individuels et fiches d'inspection du travail.

Pour des raisons diverses, l'enquête sur les forces motrices n'a pu être répétée qu'après un intervalle de vingt ans, en 1926. Elle vient à point pour donner satisfaction à la Convention internationale sur les statistiques économiques, signée par la France à Genève en décembre 1929, et ratifiée par la loi du 25 août 1932.

La publication des résultats de 1926 a été, pour la Statistique Générale de la France, l'occasion de mettre à jour la statistique sommaire des forces motrices dans les divers pays du monde qu'elle avait insérée dans le volume de

1906. On donnera ici quelques indications sur ces deux aspects national et international de la question, en insistant surtout sur les difficultés de méthode, qui résultent du caractère technique de la statistique des forces motrices. On ne citera que des résultats d'ensemble; on trouvera des données plus détaillées dans le volume qui sortira prochainement des presses de l'Imprimerie nationale sous le titre : *Statistique des forces motrices en 1926*.

I. — LA STATISTIQUE DES FORCES MOTRICES EN FRANCE EN 1926

A. — ÉLÉMENTS ET MÉTHODE DE LA STATISTIQUE

Les fiches qui ont servi à recueillir les données élémentaires pour tout établissement disposant de force motrice sont de trois sortes :

1^o *Fiches de moteurs à vapeur*, établies par les agents du contrôle des appareils à vapeur (Service des Mines, ministère des Travaux publics). Pour chaque établissement, outre les indications relatives au nom et adresse, à l'industrie exercée, la fiche porte la puissance totale en kilowatts des moteurs à vapeur installés et la puissance utilisée pour la production d'énergie électrique.

2^o *Fiches de moteurs à eau*, établies par les agents du contrôle des forces hydrauliques (Service central des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique, ministère des Travaux publics). Pour chaque établissement, outre les mêmes indications générales, la fiche fait connaître : la chute maxima brute (en mètres); la puissance installée et la puissance normale disponible en kilowatts, d'après les définitions réglementaires du ministère des Travaux publics; la puissance installée utilisée pour la production d'énergie électrique; enfin il est indiqué si l'usine est en activité, en chômage ou abandonnée. Ces derniers cas sont assez fréquents parmi les petits moulins.

3^o *Fiches d'inspection du travail*, établies par les inspecteurs du Travail (ministère du Travail). Pour chaque établissement, outre les mêmes indications générales que ci-dessus, la fiche fait connaître le nombre de personnes occupées; la puissance totale en kilowatts des moteurs primaires installés, séparément pour les moteurs à vapeur, moteurs à eau, moteurs à gaz, moteurs à essence, pétrole, etc.; autres moteurs; la puissance totale en kilowatts des moteurs électriques installés, séparément pour les moteurs alimentés par du courant produit dans l'établissement ou par du courant acheté au dehors.

Ainsi, trois administrations différentes ont bien voulu prêter leur concours à la Statistique Générale de la France pour l'établissement d'une statistique des forces motrices. C'est un exemple de fructueuse collaboration dont on ne peut que se féliciter, en souhaitant de la voir se répéter dans de nombreux autres cas, pour l'amélioration des informations économiques dont le besoin est de plus en plus évident.

Ces trois catégories de fiches ont été dépouillées par la Statistique Générale de la France conjointement avec les documents du recensement quinquennal : bulletins individuels du ou des patrons et des employés et ouvriers occupés dans chaque établissement. La juxtaposition de documents d'origines si différentes permet de fixer par un contrôle mutuel de leurs indications les meil-

leures valeurs à retenir pour les diverses grandeurs qui doivent entrer dans la statistique : effectif du personnel, puissance des diverses catégories de moteurs, etc. Naturellement, le choix à faire est guidé par quelques règles simples, applicables quand les écarts constatés ne dépassent pas une certaine limite. Ainsi, pour la puissance des moteurs à vapeur, l'indication du service des appareils à vapeur est celle dont on fait état en premier lieu, celle de l'inspecteur du travail sert seulement de contrôle. Si l'écart est trop grand, une demande de renseignements adressée au maire, à l'inspecteur du travail ou au chef d'établissement permet de lever le doute.

Les indications retenues pour les diverses sortes de moteurs sont reportées sur la fiche d'inspection du travail. Ce sont ces fiches dûment revisées qui sont ensuite dépouillées à la machine et fournissent la matière des tableaux statistiques établis dans chaque département pour une cinquantaine de groupes d'industries. Dans chaque groupe, les établissements sont classés suivant l'importance du personnel : moins de 6 salariés, 6 à 20, 21 à 500, 101 à 500, plus de 500 salariés.

Difficultés de la statistique des forces motrices. — Elles tiennent au caractère technique du sujet. Notons tout d'abord qu'en pareille matière, il est nécessaire, pour éviter de regrettables confusions, de garder leur définition scientifique précise à des mots ou expressions qui sont souvent pris l'un pour l'autre dans le langage ordinaire, par exemple énergie et puissance. La puissance d'un moteur est l'énergie qu'il peut fournir dans l'unité de temps. La puissance est exprimée en chevaux-vapeur ou en kilowatts, tandis que l'énergie produite ou consommée pendant une certaine durée s'exprimera en chevaux-heures ou kilowatts-heures.

1^o Définition de la puissance d'un moteur. — Mais avant même de parler des unités à choisir, puisqu'une statistique des forces motrices a pour but de fournir la puissance totale des moteurs de chaque espèce dans un établissement, une industrie, un pays, la première question qui se pose est de définir nettement la puissance d'un moteur. Si la définition adoptée n'est pas toujours la même, la comparabilité des statistiques se trouvera compromise. Malheureusement, on a souvent le choix entre des définitions différentes et la même définition se traduit parfois par des règles empiriques variables.

A peu près tous les moteurs sont munis, par leurs constructeurs, d'une plaque d'identité mentionnant la *puissance nominale* qui correspond à certaines conditions normales de fonctionnement. Chaque constructeur définit ainsi la puissance nominale d'après certaines règles plus ou moins fixes, qui peuvent être influencées par des conditions n'ayant rien à voir avec la technique, soit qu'il y ait une tendance à exagérer la puissance nominale en la portant à un taux qui ne pourrait pas être soutenu sans danger pendant une longue durée; soit, au contraire, qu'on tende à la diminuer s'il existe un impôt gradué suivant la puissance. C'est ainsi qu'on voit apparaître une *puissance fiscale* ou *puissance taxée* sensiblement inférieure à la puissance effective (Voir par exemple les catalogues d'automobiles).

C'est le plus souvent cette puissance nominale qui est inscrite sur les fiches servant à la statistique. Mais dans certains pays, on a prévu des coefficients

de réduction, pour le cas où une puissance autrement définie serait indiquée. Sans entrer ici dans trop de détails, rappelons quelques-unes de ces définitions.

Pour les machines à vapeur à piston, on définit la *puissance indiquée* correspondant au travail de la vapeur sur le piston et la *puissance effective* développée sur l'arbre de la machine.

Pour les moteurs hydrauliques, la *puissance installée* est la puissance nominale des roues ou turbines pour un régime bien défini : hauteur de chute et débit. Quand ces moteurs hydrauliques sont employés à la production d'électricité, la statistique française des usines hydro-électriques prend comme *puissance installée*, la puissance des dynamos génératrices d'électricité mues par ces moteurs, puissance exprimée en kilowatts (en kilovoltampères, s'il s'agit de courant alternatif).

Mais cette puissance installée donnerait une idée tout à fait inexacte de la production d'énergie possible, à cause de la variabilité du régime des cours d'eau qui modifie à la fois la hauteur de chute et le débit. La statistique française définit la *puissance normale disponible* en divisant par 8.760 (nombre total d'heures dans une année) l'énergie totale, exprimée en kilowattheures, qu'il serait possible de produire dans l'année en faisant à chaque instant tourner toutes les roues ou turbines autant qu'on le peut. Cette détermination exige donc que l'on connaisse les variations de la hauteur de chute et du débit au cours de l'année. Comme le régime des cours d'eau varie parfois beaucoup d'une année à l'autre, une expérience de plusieurs années est nécessaire pour arriver à fixer une moyenne un peu stable.

Cette moyenne peut naturellement être déterminée par d'autres conditions. Sans insister davantage, signalons qu'on caractérise parfois une usine hydraulique par sa *puissance permanente* ou *puissance minimum*, correspondant aux plus basses eaux connues.

Ces quelques indications suffiront à montrer que la détermination de la puissance motrice d'une usine est sujette à quelques flottements et qu'il importe de ne pas perdre de vue ces causes d'imprécision, quand on utilise des statistiques de forces motrices. Au fond, la puissance donne seulement une indication sur la possibilité de produire une certaine quantité d'énergie mécanique. L'utilisation réelle est mesurée par cette quantité d'énergie. Ceci nous amène à examiner la question des moteurs en réserve.

2° *Moteurs en service normal, moteurs en réserve.* — Dans certaines statistiques, on distingue les moteurs normalement en service et ceux qui servent seulement pour certains besoins exceptionnels. Il y a des cas où la distinction est très nette : moteur à vapeur installé dans une scierie pour remédier aux insuffisances du moteur hydraulique utilisé normalement ; usine génératrice d'électricité installée dans une imprimerie de journal, pour parer aux fâcheuses conséquences d'une panne du secteur électrique, etc. Mais souvent, la distinction est beaucoup plus difficile, par exemple dans une usine qui possède 2, 3, 4 groupes moteurs mis en service progressivement suivant les besoins. Une usine qui a deux moteurs de 100 CV. dont l'un ne fonctionne pas ordinairement pourra indiquer 100 CV. en activité, 100 CV. en réserve. Si elle n'a qu'un moteur de 200 CV. avec le même régime de marche, elle mettra 200 CV. en activité.

En réalité, la distinction des moteurs en réserve, pas toujours très sûre, est insuffisante pour caractériser l'utilisation de la puissance motrice. Comme on l'a dit, la puissance installée caractérise les possibilités maxima d'emploi de la puissance motrice; si l'on veut être renseigné sur l'emploi réel, il faut alors non plus des statistiques de puissance disponible, mais des statistiques d'énergie produite, qui peuvent être déduites des quantités de charbon ou de carburant consommées, des quantités d'électricité produites quand il s'agit d'usines génératrices d'électricité, etc. Ces statistiques de production ou de consommation d'énergie sortent du cadre assigné au présent travail.

3° *Unités de puissance.* — La plus employée est le *cheval-vapeur* (CV.) correspondant à la puissance d'une machine élevant 75 kilos, d'une hauteur d'un mètre en une seconde. Elle est sensiblement équivalente au *horse-power* (HP) qui correspond à 550 foot-pounds par seconde.

Mais la diffusion des applications électro-mécaniques a répandu l'emploi du *kilowatt*, rattaché à un système cohérent d'unités physiques et mécaniques. Le kilowatt vaut 1,36 CV, ou encore 1 CV vaut 0,736 kw.

Le ministère des Travaux publics ayant adopté le kilowatt depuis 1919 pour la statistique des appareils à vapeur, on a pris le kilowatt pour unité dans l'enquête sur les forces motrices en 1926. Pratiquement pour les besoins de la statistique, on peut pour simplifier les transformations, admettre que le cheval-vapeur représente les trois quarts d'un kilowatt.

4° *Moteurs primaires et moteurs secondaires.* — L'emploi des moteurs électriques qui a pris depuis plus de trente ans la formidable extension que l'on sait, n'a pas eu pour seul effet de remplacer le cheval-vapeur par le kilowatt. Il a apporté une perturbation beaucoup plus profonde dans les statistiques de force motrice, en rendant indispensable la distinction des moteurs primaires et des moteurs secondaires, afin d'éviter les doubles emplois dans le comptage de la puissance installée. Il est utile d'insister quelque peu sur cette distinction fondamentale.

Le *moteur primaire* est celui qui transforme une énergie naturelle en énergie mécanique utilisable, presque toujours sous la forme d'un arbre moteur animé d'un mouvement régulier de rotation.

Sans prétendre donner une classification complète, signalons seulement les moteurs à vent, les moteurs à eau, les moteurs thermiques qui utilisent l'énergie calorifique d'un combustible, soit par l'intermédiaire de la vapeur d'eau ou de l'air chaud, soit directement par la combustion ou l'explosion d'un mélange d'air et de carburant, etc.

Le *moteur secondaire* transforme en énergie mécanique utilisable, de l'énergie mécanique qui lui est transmise par un agent intermédiaire : air comprimé, eau sous pression, électricité, etc.

C'est dire qu'un moteur secondaire suppose l'existence d'un moteur primaire à l'origine pour comprimer l'air ou l'eau, produire l'électricité (1). etc.

Avant l'apparition des moteurs électriques, les moteurs secondaires ne

(1) Il est possible de produire du courant électrique par un moyen autre que le système moteur mécanique actionnant une dynamo génératrice; mais ces moyens (piles chimiques ou thermo-électriques) n'ont actuellement aucune importance au point de vue des statistiques industrielles.

jouaient dans l'industrie qu'un rôle très peu important et il suffisait, pour apprécier l'équipement moteur d'une industrie, de faire le compte des moteurs primaires installés; si, par mégarde, on comptait quelque moteur à air comprimé ou autre, les résultats de la statistique n'en étaient guère affectés.

Actuellement, on peut encore se contenter de totaliser la puissance des moteurs primaires pour un pays tout entier (1); mais on commettrait de grossières erreurs si l'on opérât ainsi pour évaluer la puissance utilisée par une industrie déterminée, ou si l'on totalisait pêle-mêle la puissance des moteurs primaires et des moteurs secondaires.

Dans cette industrie, on peut avoir, en effet : des établissements qui produisent leur force motrice à l'aide de moteurs primaires (à eau, à vapeur, etc.) et qui l'utilisent à l'aide de transmissions exclusivement mécaniques ou en passant par l'intermédiaire de l'électricité; des usines qui font mouvoir tout ou partie de leurs installations mécaniques (métiers, machines-outils, etc.) par des moteurs électriques alimentés par du courant acheté au dehors, soit à un autre industriel, soit comme c'est le cas de plus en plus général, au secteur, c'est-à-dire à une société distributrice de courant électrique.

Dans le compte de cette industrie, si l'on ne fait entrer que les moteurs primaires, on n'aura qu'une partie souvent très faible de la puissance des moteurs utilisés. Si l'on ajoute à la puissance des moteurs primaires celle des moteurs électriques, on aura une évaluation beaucoup trop forte. L'excès proviendra non pas des moteurs alimentés par du courant acheté au secteur, mais des moteurs alimentés par du courant produit dans l'établissement. Il y aura double emploi puisqu'à la puissance de ces moteurs électriques correspond celle des moteurs mécaniques utilisés dans cet établissement pour actionner les dynamos génératrices de courant.

D'où la nécessité de compter séparément les moteurs primaires et les moteurs électriques (seuls moteurs secondaires pratiquement importants) en distinguant : *a*) les moteurs électriques alimentés par du courant produit dans l'établissement; *b*) les moteurs électriques alimentés par du courant acheté au dehors.

La puissance mécanique réellement disponible dans une industrie sera ainsi le total de la puissance des moteurs primaires et des moteurs électriques de la catégorie *b*).

C'est cette méthode utilisée aux États-Unis dès 1900 qui a été employée pour la statistique française de 1926. La question ne se posait pas encore en 1906 : sur une puissance totale utilisée atteignant presque 3.500.000 CV, celle de tous les moteurs autres que les moteurs à vapeur ou à eau, y compris les moteurs à gaz, à carburant, moteurs électriques n'était que de 173.000 CV.

On verra plus loin, à propos des statistiques de forces motrices dans les divers pays, que la suppression des doubles emplois peut être assurée par d'autres méthodes, dont une au moins est théoriquement plus complète.

(1) Sous réserve des importations ou exportations d'énergie sous forme de courant électrique, qui ne sont pas négligeables dans certains cas (France et Suisse par exemple).

B. — RÉSULTATS

Comparaison des forces motrices recensées en 1926 avec les résultats antérieurs.

— Avant de donner quelques détails sur les forces motrices recensées en 1926, on fixera par quelques nombres, dans le tableau ci-après, la progression réalisée de 1861-1865 à 1926. Les puissances relevées en chevaux-vapeur aux enquêtes antérieures ont été réduites en kilowatts sur la base approximative de 0,75 kilowatt pour un cheval-vapeur.

Puissance en milliers de kilowatts.

Années	Moteurs à vapeur	Moteurs à eau
1861-1865 (90 départements)	122	225
1901 (87 départements)	1.320	393
1906 —	1.954	580
1926 —	5.513	2.082
1926 (90 —)	6.130	2.124

Sur le territoire actuel (90 départements) la puissance des moteurs à vapeur est 50 fois plus considérable en 1926 qu'en 1861-1865, celle des moteurs hydrauliques est seulement décuplée.

Sur le territoire d'avant-guerre (87 départements) de 1906 à 1926, la puissance des moteurs à vapeur n'a pas tout à fait triplé, tandis que celle des moteurs à eau a quadruplé.

Ainsi l'accroissement de la puissance hydraulique utilisée n'a pas progressé d'une manière aussi uniforme que celle des moteurs à vapeur. En 1906, la puissance des moteurs à eau avait seulement doublé par rapport à 1861-1865, tandis qu'elle a quadruplé pendant les vingt années suivantes, son développement étant lié, comme on le sait, à celui des applications de l'électricité qui a permis l'utilisation à grande distance de l'énergie électrique produite à l'aide des chutes d'eau.

Résultats généraux de 1926. — Ils sont résumés dans le tableau ci-après :

Puissance en kilowatts en 1926.

Moteurs primaires	Moteurs électriques alimentés par du courant
à vapeur 6.130.000	produit 1.854.000
à eau 2.124.000	acheté. 1.626.000
à gaz 421.000	
à carburant liquide 79.000	
autres 19.000	
Total 8.773.000	Total 3.480.000

Ces résultats peuvent être confrontés avec les autres statistiques déjà signalées.

Ainsi la puissance des moteurs à vapeur, 6.130.000 kw. est supérieure à celle de la statistique des appareils à vapeur publiée par le ministère des Travaux publics, pour 1926, 5.525.000 kw.; sans doute à cause des vérifications faites à l'occasion du recensement.

La puissance hydraulique recensée, 2.124.000 kw., comprend environ 37.000 kw. correspondant à de petits moulins en chômage ou abandonnés; la différence 2.087.000 kw. s'encadre fort bien entre les nombres fournis par le Service des Forces hydrauliques au ministère des Travaux publics : 1.813.000 kw. au 1^{er} janvier 1926 et 2.117.000 au 1^{er} janvier 1927.

Pour les autres moteurs primaires, on ne dispose d'aucune statistique permettant un contrôle d'ensemble; on peut seulement se livrer à quelques vérifications locales pour les moteurs à gaz d'éclairage dans quelques villes ou régions. On peut faire de même quelques comparaisons pour les moteurs électriques, à l'aide des données publiées par certaines sociétés de distribution d'électricité.

Il n'est guère douteux que pour les autres moteurs primaires et surtout pour les moteurs électriques, les résultats de l'enquête doivent être inférieurs à la réalité. Il est certain que beaucoup de moteurs électriques tels que les moteurs d'ascenseurs, par exemple, ou les moteurs électriques à faible puissance employés pour les appareils ménagers, les machines à coudre, ou utilisés par certains professionnels tels que les dentistes, n'ont pas été atteints par l'enquête.

Mais ces lacunes sont de peu d'importance à côté de l'omission des forces motrices utilisées par les divers engins de locomotion. Il est d'ailleurs possible de compléter le tableau précédent, en utilisant la statistique des chemins de fer et tramways, les données relatives à la navigation intérieure sur les fleuves, lacs et canaux, publiées par le ministère des Travaux publics, les indications sur la puissance des bateaux à vapeur qui sont annexées à la statistique du commerce extérieur et celles que fournit la statistique des pêcheries sur les bateaux de pêche à moteur. Les statistiques fiscales font connaître le nombre des chevaux-vapeur *imposés* pour les automobiles, motocycles, etc., et c'est ici le lieu de rappeler que la puissance fiscale d'une auto est souvent très inférieure à sa puissance réelle. Enfin le ministère de l'Air a pu indiquer pour 1926, une évaluation de la puissance totale des avions et hydravions de l'aviation civile.

On a réduit en kilowatts, toutes les données fournies en chevaux, qui ont été résumées dans le tableau ci-après, où ne figurent pas la puissance des bateaux de guerre, celle des avions militaires et celle des automobiles qui, pour une raison quelconque, ne sont pas soumises à l'impôt.

Puissance en milliers de kilowatts.

	1926	1906 (a)
Moteurs primaires dans les établissements industriels, agricoles, commerciaux, etc.	8.770	2.660
Locomotives et automotrices des chemins de fer et tramways	17.000	5.250
Navigation maritime (non compris la marine de guerre).	1.740	840
Navigation intérieure.	130	60
Automobiles (puissance imposée).	6.310	300
Avions (aviation civile).	110	»
Ensemble	34.060	9.110

(a) Non compris Moselle, Rhin (Bas), Rhin (Haut).

En 1926, sous les réserves déjà indiquées, la puissance des engins de locomotion forme les deux tiers du total de 34 millions de kilowatts; les locomotives représentant à elles seules la moitié de l'ensemble, soit 17 millions de kilowatts. La puissance absorbée pour les déplacements de personnes ou de marchandises dépasse de beaucoup, comme on le voit, celle qui est employée pour l'extraction et la transformation des matières premières, 8.770.000 kw.

Le tableau permet de se faire une idée de l'accroissement des puissances absorbées par les diverses catégories, sous la réserve que les résultats de 1906 s'appliquent à 87 départements seulement et ceux de 1926 à tout le territoire actuel (90 départements). La puissance totale n'a pas tout à fait quadruplé en vingt ans, celle des bateaux a doublé, celle des locomotives a plus que triplé ainsi que celle des moteurs industriels; pour les automobiles, la puissance de 1906 est multipliée par 20 en 1926.

Comparaison des résultats de 1926 et 1906. — Comme on l'a déjà signalé, les résultats globaux de 1926 s'appliquent au territoire actuel (90 départements), ceux de 1906 aux 87 départements d'avant-guerre. Le tableau ci-après permet de délimiter la part qui revient aux trois départements recouvrés dans l'augmentation constatée de 1906 à 1926.

Moteurs primaires	Puissance en milliers de kilowatts.					
	1926			1906	Accroissement %	
	90 départements	Alsace et Lorraine	87 départements	87 départements	global	87 départements
à vapeur	6.130	617	5.513	1.953	214	183
à eau.	2.124	42	2.082	580	266	259
autres	519	150	369	130	300	184
Totaux	8.773	809	7.964	2.663	230	199

Les trois départements recouvrés totalisent 809.000 kw de moteurs primaires dont 506.000 pour le seul département de la Moselle, grâce à son importante industrie minière et métallurgique.

Dans les deux dernières colonnes du tableau, on trouve les taux d'accroissement pour 100 de 1906 à 1926 : accroissement total résultant de la comparaison entre les territoires de 1906 et de 1926, accroissement pour les 87 anciens départements.

Dans tout ce qui suit, pour plus de commodité, toutes les comparaisons de 1906 à 1926 seront faites pour les territoires correspondants : à 87 départements en 1906, à 90 en 1926.

Moteurs primaires par grandes catégories d'activité. — Le tableau suivant fait ressortir la part prépondérante des industries extractives ou transformatrices dans l'emploi de la force motrice.

	Puissance en milliers de kilowatts.							
	Moteurs à vapeur		Moteurs à eau		Autres moteurs		Moteurs primaires	
	1926	1906	1926	1906	1926	1906	1926	1906
Agriculture, forêts, pêche.	129	80	17	23	1	»	147	103
Industrie	5.851	1.690	1.976	541	506	107	8.334	2.338
Commerce, etc.	150	183	131	16	10	23	292	222
Ensemble	6.130	1.953	2.124	580	517	130	8.773	2.663

Pour une étude plus détaillée par groupes d'industries, il est insuffisant de ne considérer que les moteurs primaires, il faut évaluer l'ensemble des forces motrices utilisées par chaque branche industrielle.

Répartition des forces motrices par grands groupes industriels. — Rappelons tout d'abord que, pour assigner à chaque groupe industriel un nombre représentant la force motrice qu'il emploie effectivement en éliminant autant que possible les doubles emplois, il faut ajouter à la puissance des moteurs primaires dont il dispose celle des moteurs électriques alimentés par du courant acheté au dehors. Le tableau ci-après fait connaître les résultats de 1926 comparés à ceux de 1906 par grands groupes d'industries.

Parmi ceux-ci, il faut faire une place à part aux distributions d'électricité en raison de leur caractère particulier : les usines génératrices absorbent une part considérable de la puissance primaire totale : 3.381.000 kw sur 8.773.000 et leur rôle essentiel est de distribuer le courant produit qui est utilisé pour des buts divers : éclairage, force motrice, traction, électrochimie, électrometallurgie, etc.

Puissance en kilowatts.

Groupes d'industries	1926			1906
	Moteurs primaires	Moteurs électriques (Courant achete)	Total	Total
Pêche, forêts, agriculture	146.833	965	147.798	103.383
- Mines.	1.056.050	5.179	1.061.229	248.688
Carrières	17.428	2.701	20.129	11.652
- Industries extractives.	1.073.478	7.880	1.081.358	260.340
Industries mal désignées	1.367	483	1.850	83
- Industries de l'alimentation	498.494	105.714	604.208	350.575
Industries chimiques	333.852	174.075	507.927	147.573
Caoutchouc, papier, etc.	195.727	69.591	265.318	96.639
Industries polygraphiques.	14.149	25.550	39.699	15.137
- Industries textiles	725.657	209.496	935.153	462.631
Travail des étoffes	23.641	20.184	43.825	18.969
Cuir, peaux, crins, etc.	42.042	32.974	75.016	28.081
- Industries du bois.	261.095	123.965	385.060	112.264
- Métallurgie	1.121.564	128.865	1.250.429	221.840
Travail des métaux ordinaires	468.645	436.035	904.680	263.748
Métaux fins, perles précieuses	2.985	5.209	8.194	2.879
Taille des pierres, moulage	8.075	4.323	12.398	3.965
Travaux publics, bâtiment	38.143	15.259	53.402	19.554
Distributions d'électricité	3.381.020	91.540	3.472.560	261.844
Pierres et terres au feu	143.796	84.192	227.988	71.532
Industries extractives.	7.260.252	1.527.455	8.787.707	2.077.314
Commerce, etc.	292.147	89.513	381.660	221.971
Ensemble	8.772.710	1.625.813	10.398.523	2.663.008

L'analyse de ces chiffres et de ceux qui font connaître pour chaque groupe d'industrie le nombre et le personnel des établissements avec ou sans force motrice peut se faire de bien des manières. On citera quelques-uns des coefficients qui peuvent être calculés dans ce but, en limitant ces citations aux groupes industriels les plus importants quant à l'emploi de la force motrice. Pour obtenir des détails plus complets, on voudra bien se reporter au volume qui sera très prochainement publié par la Statistique Générale de la France.

La *proportion des établissements avec force motrice* dans une branche industrielle est un premier indice du degré de « motorisation » de cette industrie. Pour le calculer, il faut tenir compte de la définition adoptée pour l'établissement au recensement. Un établissement est un groupe de deux ou plusieurs personnes travaillant ensemble en un lieu déterminé sous la direction d'un ou de plusieurs représentants d'une même raison sociale. Toutes les personnes actives qui ne sont pas ainsi groupées sont des travailleurs isolés ou des chômeurs. Or, il y a des artisans travaillant seuls qui emploient un moteur dans quantité de petits métiers. Pour le calcul que nous avons en vue, il faut donc opérer sur le total établissements plus isolés, ces derniers considérés en quelque sorte comme établissements d'une seule personne.

Ainsi au recensement de 1926, on a trouvé environ 5.749.000 établissements et isolés au total (dont 2.089.000 isolés), parmi lesquels 125.000 (dont 8.900 isolés) employaient un moteur, soit 22 ‰, au lieu de 15 ‰ seulement en 1906.

Par grandes catégories, le compte s'établit ainsi :

	Milliers d'établissements et isolés en 1926						Établissements ou isolés avec force motrice p. 1.000 au total	
	Au total			Avec force motrice			1926	1906
	Établissements	Isolés	Total	Établissements	Isolés	Total		
Pêche, forêts, agriculture.	2.526	478	3.004	10,6	1,5	12,1	4	6
Industries extractives	6	3	9	0,6	»	0,6	70	49
Industries de transformation	602	878	1.480	99,6	7,3	106,9	72	34
Commerce, etc.	526	729	1.255	5,6	0,1	5,7	4	3
	3.660	2.088	5.748	116,4	8,9	125,3	22	15

Dans l'industrie, la proportion des établissements ou isolés avec force motrice dépasse 70 ‰ en 1926; elle était inférieure de moitié en 1906.

Voici les grands groupes industriels pour lesquels on trouve en 1926, la proportion pour 1.000 la plus élevée :

	1926	1906
Métallurgie	790	804
Mines.	593	664
Industries chimiques.	452	415
Distributions d'électricité	448	788
Travail des pierres et terres au feu.	334	186
Industries de l'alimentation	294	229
Caoutchouc, papier, etc...	282	272
Industries polygraphiques.	209	178

On sera sans doute étonné de ne voir qu'au quatrième rang de ce tableau les distributions d'électricité qui devraient toutes comprendre des forces motrices. C'est qu'au recensement on compte un établissement pour le siège social ou les bureaux de ville des sociétés qui ne comprennent que des employés sans force motrice et aussi pour les postes de transformation qui ne sont pas considérés comme disposant d'une force motrice.

D'ailleurs, la proportion des établissements avec force motrice est un indice

insuffisant du degré de diffusion des moteurs mécaniques, un isolé étant compté avec le même poids qu'un établissement occupant plusieurs milliers de personnes. Il est nécessaire de tenir compte du personnel occupé.

La proportion des salariés dans les établissements avec force motrice par rapport au nombre total des salariés dans un groupe d'industries est ainsi une meilleure caractéristique de l'emploi des moteurs.

En nous en tenant à l'industrie, les groupes où cette proportion pour 1.000 salariés au total est la plus élevée sont :

	1926	1906
Métallurgie	993	997
Mines.	932	975
Industries textiles	881	880
Caoutchouc, papier.	876	856
Industries chimiques.	860	896
Travail des pierres et terres au feu.	832	792
Travail des métaux.	750	709
Industries polygraphiques.	737	770
Distributions d'électricité.	689	759
Industries de l'alimentation	653	512
Cuir, peaux, crins, etc...	601	421

Le classement est modifié, les groupes où les grands établissements sont très fréquents viennent en tête de la liste.

Mais ce coefficient rapporté au personnel n'est pas encore suffisant, car il faut tenir compte aussi de la puissance, du nombre de kilowatts, des moteurs installés dans chaque établissement. Ici, on a encore le choix entre plusieurs indices caractéristiques, en rapportant la puissance utilisée au nombre d'établissements ou au nombre des salariés.

La puissance moyenne pour 100 salariés dans une branche industrielle mesure en quelque sorte le rapport entre l'emploi de la main-d'œuvre et celui de la puissance mécanique. S'il s'agit de comparer entre elles les diverses industries, on peut concevoir que ce rapport soit calculé en prenant pour base l'effectif total des personnes occupées ou encore seulement le nombre des personnes occupées dans les usines et ateliers pourvus d'un moteur. On éclaire ainsi deux aspects de la question un peu différents. -

On ne reproduira ici que les valeurs obtenues pour le second de ces coefficients : *puissance en kilowatts pour 100 salariés dans les établissements avec force motrice*.

De 1906 à 1926, cette puissance s'est accrue pour l'ensemble (agriculture, industrie, commerce, etc.) de 104 à 269 kw. Pour les seules industries de transformation, elle s'est élevée dans le même temps de 105 à 275 kw. Voici quelques résultats pour les groupes industriels qui fournissent les valeurs les plus élevées de ce coefficient.

Kilowatts pour 100 salariés dans les établissements avec moteurs.

	1926	1906
Distributions d'électricité	13.527	3.848
Métallurgie	815	299
Mines.	308	125
Industries chimiques	281	135
Industries de l'alimentation	268	221
Caoutchouc, papier, etc.	203	149
Taille des pierres, moulage.	151	19
Industries du bois	147	89
Travail des pierres et terres au feu	131	58

On ne sera pas surpris de la formidable puissance moyenne pour 100 salariés dans les distributions d'électricité, si l'on songe aux grandes centrales électriques modernes, où toute la manutention des charbons, cendres et mäche-fers se fait mécaniquement, quelques dizaines d'agents suffisant pour assurer le service d'usines produisant plusieurs centaines de milliers de kilowatts.

La *puissance moyenne par établissement* dans une industrie, pourrait être, elle aussi, calculée pour tous les établissements y compris ceux qui n'ont pas de moteur; il est plus significatif de la déterminer seulement pour les établissements utilisant de la force motrice.

Pour l'ensemble, agriculture, industrie, commerce, on trouve que la puissance moyenne par établissement avec moteur s'est élevée de 26 kw en 1906 à 83 en 1926; elle a presque quadruplé en vingt ans. Pour l'ensemble des industries de transformation, les résultats sont presque identiques : 27 et 83 kw. Pour les principaux groupes industriels, on a les résultats ci-après :

Puissance moyenne en kilowatts par établissement avec force motrice.

	1926	1906
Métallurgie	5.104	1.584
Mines.	4.614	914
Distributions d'électricité.	3.171	297
Caoutchouc, papier, etc.	179	102
Industries chimiques	161	50
Industries textiles	82	53
Travail des pierres et terres au feu.	81	31
Travail des métaux	49	26

Les trois premiers groupes se détachent nettement de tous les autres. Dans la métallurgie, la puissance moyenne par établissement a triplé de 1906 à 1926; dans les mines elle a quadruplé; dans les distributions d'électricité elle a plus que décuplé.

Dans les autres groupes industriels, la puissance moyenne est relativement beaucoup plus faible, parce qu'à côté de grandes usines pourvues d'une force motrice considérable, il y a beaucoup de petits établissements, ce qui nous conduit à examiner l'influence de la grandeur des établissements dans l'emploi de la force motrice.

Dans ce but, les totalisations ont été faites séparément pour les établissements occupant au plus 5 salariés, de 6 à 20, de 21 à 100, de 101 à 500 et plus de 500.

Emploi de la force motrice suivant l'importance des établissements. — Cette étude, limitée aux industries extractives et transformatrices, pourra se faire en calculant les divers coefficients précédemment indiqués, pour chaque catégorie d'établissements; on laissera de côté les petits, qui occupent moins de 6 salariés.

Catégories d'établissements d'après le nombre des salariés	Proportion pour 100 des			
	établissements avec force motrice		salariés dans les établissements avec force motrice	
	1926	1906	1926	1906
6 à 20	35	29	38	31
21 à 100.	63	61	65	65
101 à 500.	85	91	87	91
Plus de 500.	94	99	97	99
Ensemble	46	40	76	74

La proportion des établissements avec force motrice et aussi celle des salariés dans les établissements disposant d'un moteur, croît régulièrement avec l'effectif salarié dans les établissements, comme on pouvait le prévoir. Le rythme de l'augmentation est à peu près le même en 1926 qu'en 1906.

Catégories d'établissements suivant le nombre des salariés	Puissance en kilowatts dans les établissements avec force motrice			
	par établissement		par 100 salariés	
	1926	1906	1926	1906
6 à 20	34	17	311	144
21 à 100.	87	40	196	89
101 à 500.	623	167	309	82
Plus de 500	3.385	1.231	238	103
Ensemble	181	64	257	96

Pour la puissance en kilowatts par établissement utilisant des moteurs, la progression quand l'effectif augmente est plus rapide en 1926 qu'en 1906, mais dans les deux cas elle est régulière.

Il n'en est pas de même pour la puissance moyenne par 100 salariés. En 1906, les coefficients applicables aux 4 catégories d'établissements allaient en diminuant des plus petits aux moyens (144 à 89 et 82) puis on constatait un fort relèvement pour les grands établissements (103 pour ceux qui ont plus de 500 salariés). En 1926, l'irrégularité est encore plus grande : en allant des petits aux grands établissements la puissance en kilowatts pour 100 salariés est successivement 311, 196 puis 309 et 238.

Ces irrégularités de 1926 sont dues, pour une part, aux distributions d'électricité, la relation entre le personnel et la puissance mécanique étant pour les centrales électriques tout à fait différente de ce qu'elle peut être dans une autre industrie.

En effet, si l'on calcule la puissance en kilowatts par 100 salariés pour l'ensemble des industries extractives et transformatrices, les *distributions d'électricité étant exclues*, on trouve :

	1926	1906
6 à 20 salariés	132	105
21 à 100 —	109	71
101 à 500 —	147	74
Plus de 500 salariés	226	103
Ensemble	168	85

On trouve bien alors en 1926 comme en 1906 d'abord une diminution de la puissance moyenne pour 100 salariés, puis une augmentation quand on passe des petits établissements aux grands. Comment peut-on s'expliquer ce mouvement? Tout d'abord, il est naturel d'admettre que l'importance des établissements allant en croissant, le rendement des installations mécaniques s'améliore, d'où une réduction de la puissance nécessaire pour chaque salarié, ou pour 100 salariés. Mais, quand l'importance des établissements devient très grande, alors l'emploi de la force motrice s'étend à des usages pour lesquels elle était inutile dans les petits ateliers. Ainsi deux ateliers de tournage ou d'usinage emploient la force motrice pour faire tourner les tours et machines-outils; mais dans une usine où l'on façonne de très grosses pièces, il faudra en outre de la force motrice pour la manutention de ces grosses pièces, alors que le petit atelier s'en passe.

Quoi qu'il en soit, c'est un fait, que pour l'ensemble des industries le rapport de la puissance mécanique à l'effectif ouvrier commence d'abord par diminuer, pour croître ensuite, quand cet effectif augmente.

Cette conclusion générale ne se vérifie pas d'ailleurs au même degré, pour toutes les industries; une étude détaillée, qui ne saurait trouver place ici, devient nécessaire.

Signalons seulement, à titre d'exemple, que pour les mines, la puissance en kilowatts pour 100 salariés suit le mouvement signalé ci-dessus pour l'ensemble; on a successivement 364, 219, 230, 311 kw pour 100 salariés en passant des petits établissements aux grands. Au contraire, pour l'industrie textile, on trouve 95, 93, 132, 129 kw, ce qui indique une allure très différente.

Répartition géographique. — Si l'on classe les départements d'après la puissance totale des moteurs primaires dans les établissements industriels ou autres, on en trouve 20 qui disposent de plus de 100.000 kw, 8 qui en ont plus de 200.000, 2 qui dépassent 1 million :

Puissance totale des moteurs primaires en 1926 en milliers de kilowatts.

Seine	1.028	Vosges	143
Nord	1.011	Bas-Rhin	141
Pas-de-Calais	601	Hautes-Pyrénées	130
Moselle	566	Basses-Alpes	120
Savoie	354	Loire-Inférieure	120
Meurthe-et-Moselle	344	Ardenes	117
Isère	277	Rhône.	109
Seine-Inférieure	243	Basses-Pyrénées	107
Loire	195	Haut-Rhin.	103
Saône-et-Loire	146	Bouches-du-Rhône	100

Les vingt départements de cette liste totalisent 5.955.000 kw sur 8.773.000 dans la France entière, soit plus des deux tiers (68 %). En tête, après la Seine

(y compris Paris), on voit apparaître les départements de grande activité industrielle, surtout ceux où est concentrée la grande industrie minière ou métallurgique qui absorbe de très fortes puissances : Nord, Pas-de-Calais, Moselle, Meurthe-et-Moselle, Loire, Saône-et-Loire, etc. Mais, avant même ces derniers départements, se classent les régions des grandes forces hydrauliques : c'est ainsi que la Savoie se place entre la Moselle et la Meurthe-et-Moselle, vient ensuite l'Isère avant la Seine-Inférieure et la Loire; les Hautes-Pyrénées et les Basses-Alpes ont un total plus élevé que le Rhône, etc.

C'est surtout pour les *moteurs hydrauliques* que la distribution géographique présente de l'intérêt. On groupera ci-après les départements par grandes régions naturelles, pour montrer l'extension prise par l'utilisation de la houille blanche de 1906 à 1926. Ces groupements sont un peu arbitraires, parce qu'ils ne sont pas faits par *bassins* fluviaux, mais par circonscriptions administratives; ils n'en sont pas moins significatifs.

Voici d'abord la *région alpestre*, c'est-à-dire les départements compris entre la frontière italienne, le Rhône et la mer Méditerranée. Elle totalise à elle seule 870.000 kw en 1926, soit 40% du total 2.124.000 kw. La puissance installée a quadruplé depuis vingt ans : 220.000 kw en 1906. Voici le détail par département :

Puissance hydraulique installée dans les Alpes françaises (en milliers de kilowatts).

Départements	1926	1906	Départements	1926	1906
Savoie.	351	78,0	Alpes-Maritimes	34	14,0
Isère.	216	74,0	Rhône.	18	7,0
Haute-Savoie.	84	26,0	Vaucluse	8	3,6
Basses-Alpes	60	2,4	Bouches-du-Rhône	6	4,5
Hautes-Alpes.	53	3,6	Var.	5	2,4
Drôme.	35	4,5			
			Totaux	870	220,0

Dans la région des *Pyrénées*, la puissance hydraulique installée s'est encore plus accrue que dans les Alpes; elle est multipliée par 7.

Puissance hydraulique installée dans les Pyrénées (en milliers de kilowatts).

Départements	1926	1906	Départements	1926	1906
Hautes-Pyrénées.	129	9,5	Pyrénées-Orientales.	17	3,1
Basses-Pyrénées	103	16,0	Aude	17	3,8
Haute-Garonne	71	11,5	Gers	8	2,8
Ariège	68	12,3			
			Totaux	413	59,0

Pour 18 départements que l'on peut considérer comme appartenant au *Massif Central*, la puissance hydraulique installée passe de 100.000 kw en 1906 à 372.000 en 1926. Citons seulement ceux qui possèdent en 1926 une puissance installée supérieure à 15.000 kw (entre parenthèses la puissance correspondante en 1906) : Indre, 57.000 kw (2.100); Tarn, 46.000 (11.900); Dordogne, 44.000 (7.500); Haute-Loire, 34.000 (5.800); Puy-de-Dôme, 26.000

(10.900); Corrèze, 20.000 (7.100); Lot, 19.000 (4.200); Allier, 18.000 (3.300); Haute-Vienne, 16.000 (7.800); Lozère, 15.000 (1.600).

On peut encore signaler la région du *Jura* : 155.000 kw (40.000 en 1906), dont 67.000 dans l'Ain (12.700 en 1906); le Doubs, 51.000 (11.200); le Jura, 29.000 (10.000), le reste dans la Haute-Saône et Belfort.

Les *Vosges* totalisent 70.000 kw en 1926 dans 5 départements.

Pour les *moteurs à gaz*, la répartition géographique est nettement dominée par les fortes puissances des moteurs à gaz de haut fourneau. Sur un total de 421.000 kw, les 4 départements où se trouve localisée l'industrie sidérurgique française fournissent à eux seuls 295.000 kw; ce sont : Moselle, 148.000; Meurthe-et-Moselle, 91.000; Nord, 35.000; Pas-de-Calais, 21.000. Rappelons que dans ces nombres est comprise la puissance de tous les moteurs à gaz et pas seulement celle des moteurs à gaz de haut fourneau.

II. — LA STATISTIQUE DES FORCES MOTRICES DANS LES DIVERS PAYS

On a déjà signalé que la publication de la statistique des forces motrices en 1926 avait été, pour la Statistique Générale de la France, l'occasion de mettre à jour l'essai de statistique internationale publié dans le volume de 1906.

A. — DIFFICULTÉS D'UNE STATISTIQUE INTERNATIONALE DES FORCES MOTRICES

On ne reviendra pas ici sur les difficultés d'ordre général indiquées à propos de la statistique française; on signalera seulement celles qui proviennent des solutions adoptées dans les divers pays et dont les divergences rendent assez aléatoires, à bien des égards, les comparaisons internationales sur ce sujet.

Différences dans l'étendue des enquêtes et dans les méthodes utilisées. — Notons tout d'abord que, dans tous les pays, on laisse de côté comme en France, les appareils de locomotion (bateaux, locomotives, automobiles, etc.) qui sont parfois l'objet de statistiques spéciales. Ceci dit, il faut constater que l'étendue des enquêtes sur les forces motrices et les méthodes suivies pour le relevé et la compilation des résultats sont très variables suivant les pays.

1^o Les *recensements généraux des forces motrices*, analogues aux recensements français, c'est-à-dire étendus à toutes les branches d'activité (agriculture, industrie, commerce, etc.) sont très rares. On ne peut guère citer que ceux de l'Allemagne en 1925, de la France en 1901, 1906 et 1926, de l'ancien empire d'Autriche en 1902 et de la Suisse en 1905.

Des recensements complets, mais excluant l'agriculture, ont eu lieu en Allemagne en 1905 et 1907, en Suisse en 1929.

2^o Les *recensements des forces motrices dans l'industrie* sont plus fréquents; mais il faut ici faire attention à certaines restrictions qui peuvent porter soit sur diverses branches industrielles, soit sur certaines catégories d'établissements. On peut ainsi laisser de côté les mines, les industries du bâtiment et

des travaux publics, les industries d'État, etc.; on peut encore ne pas faire porter l'enquête sur les petits ateliers.

Des recensements des industries et métiers, comprenant le relevé des forces motrices, ont eu lieu ainsi en Belgique en 1896 et 1910, au Danemark en 1897, 1906, 1914 et 1925, aux États-Unis en 1869, 1879, 1899, en Grande-Bretagne (Census of production) en 1907, 1912, 1924, en Italie en 1911 et 1927, etc. Ces opérations étaient étendues à la totalité des établissements industriels dans les branches considérées.

Au contraire, dans les opérations signalées ci-après, l'enquête était limitée aux établissements répondant à certaines caractéristiques. Ainsi aux États-Unis, les recensements des manufactures de 1904, 1909, 1914, 1919 étaient limités aux établissements dont la production annuelle dépassait 500 dollars et qui travaillaient pour le marché national et non pas seulement pour la clientèle locale. Aux recensements de 1923, 1925, 1927, cette limite est élevée à 5.000 dollars. Ces recensements ne portaient pas sur les mines et carrières soumises à des enquêtes spéciales en 1902, 1909 et 1919. Dans d'autres pays, comme la Bulgarie, 1904 et 1927, l'Esthonie, 1925 et 1928, la Roumanie, l'ancien Empire russe 1895, 1900, 1908, la Tchécoslovaquie, 1926, la Yougoslavie, 1904, 1926, l'enquête ne porte que sur la grande industrie.

3° *Relevés administratifs.* — Une troisième catégorie de statistiques sur les forces motrices comprend les relevés, souvent *annuels*, qui sont publiés dans certains pays par les services chargés du contrôle de l'industrie en ce qui concerne l'hygiène et la sécurité des travailleurs, l'application des lois sociales : durée du travail, assurances sociales, etc.

Parmi les pays pour lesquels on dispose de données sur les forces motrices ainsi établies, citons : Australie depuis 1906, Canada depuis 1921, Finlande depuis 1887, Japon depuis 1896, Norvège depuis 1896, Nouvelle-Zélande depuis 1918, Suède depuis 1896, Suisse 1882, 1888, 1895, Union Sud-Africaine depuis 1904.

Les résultats obtenus dans les divers pays par des procédés si différents ne peuvent naturellement être comparés qu'avec prudence.

Catégories de moteurs. — Le classement des moteurs par nature est assez différent suivant les pays; si on laisse de côté les moteurs à vent, on classe le plus souvent à part, parmi les moteurs primaires :

les moteurs à eau, avec parfois la distinction : roues et turbines hydrauliques;

les moteurs à vapeur, avec parfois la distinction : moteurs alternatifs ou à piston et turbines à vapeur;

les moteurs à explosion ou à combustion, avec parfois la distinction en moteurs à carburant gazeux (gaz de ville, gaz pauvre, gaz de haut fourneau, etc.) et moteurs à carburant liquide (essence, pétrole, benzol, alcool, etc.).

En Allemagne, ces derniers sont divisés en deux : moteurs à carburant léger (essence, alcool, etc.) et moteurs à carburant lourd (pétrole, mazout, huiles lourdes, etc.) dont le type est le moteur Diesel.

Il est d'ailleurs nécessaire de porter quelque attention aux rubriques, car dans certains pays, aux États-Unis par exemple, on groupe sous le nom de

moteurs à combustion interne, tous les moteurs à carburant gazeux ou liquide, tandis que dans d'autres pays, on distingue les moteurs à explosion, munis d'un système d'allumage pour provoquer l'explosion du mélange d'air et de carburant gazeux ou vaporisé et les moteurs à combustion interne dans lesquels la compression du mélange suffit pour déterminer la combustion, moteurs dont le type est le moteur Diesel.

Mais les plus grandes différences entre les statistiques des divers pays sont marquées par les méthodes appliquées pour éviter les doubles emplois dans le comptage des moteurs secondaires, en fait des moteurs électriques.

Formules diverses pour éviter les doubles emplois dans le comptage des forces motrices. — C'est l'extension prise par le moteur électrique, type le plus répandu du moteur secondaire, qui a entraîné l'obligation de mesures destinées à éviter les doubles emplois dans le comptage des forces motrices utilisées par une industrie. Mais il faut bien comprendre que ce n'est pas le moteur secondaire qui en est la cause réelle, car il pourrait y avoir double emploi sans moteur secondaire.

Supposons le cas de deux ateliers contigus A et B traversés par un seul arbre de transmission actionné par une machine à vapeur de 10 chevaux dans l'atelier A. Des machines-outils prennent le mouvement par courroies dans les ateliers A et B; supposons que les deux installations A et B soient équivalentes. Si l'industriel A déclare 10 chevaux et l'industriel B, 5 chevaux, il y aura double emploi, sans qu'il intervienne de moteur secondaire; ce qui produit le double emploi c'est la cession directe de puissance motrice par l'industriel A à l'industriel B.

Cet exemple simple était généralisé dans le cas des immeubles spéciaux où les petits façonniers ou artisans trouvaient à louer des ateliers avec usage de la force motrice.

Ainsi c'est la *cession de la force motrice* qui produit les doubles emplois, le moteur secondaire, en fait le moteur électrique, n'a fait que faciliter ces cessions de force motrice, c'est-à-dire multiplier les causes de double emploi.

Ceci fournit immédiatement l'explication de la première formule utilisée pour supprimer les doubles emplois dans le compte des forces motrices.

Première formule. — La puissance mécanique P disponible dans un établissement est égale à la puissance M des moteurs primaires installés dans cet établissement, plus la puissance A achetée au dehors, moins la puissance V vendue au dehors :

$$P = M + A - V$$

Cette formule, esquissée dans la *Statistique suisse* des fabriques de 1901 et 1911, a reçu sa pleine application dans les statistiques suisses de 1923 et 1929; elle exclut la possibilité de tout double emploi. Une petite réserve est cependant nécessaire : la puissance achetée ou vendue l'est, presque toujours, sous forme de courant électrique. Or, le courant peut être utilisé non seulement pour produire de la puissance mécanique en alimentant des moteurs électriques, mais aussi pour beaucoup d'autres usages : éclairage, électrolyse, électrometallurgie, etc.

Deuxième formule. — La puissance mécanique P disponible dans un établissement est égale à la puissance m des moteurs primaires appliqués directement à la conduite de machines-outils, métiers ou autres appareils mécaniques, plus la puissance E de *tous* les moteurs électriques employés dans l'établissement :

$$P = m + E$$

En effet, les moteurs primaires installés dans l'établissement servent soit à conduire directement des machines-outils, métiers ou autres appareils mécaniques, soit à conduire des dynamos génératrices d'électricité. Il n'y a donc pas double emploi, si l'on prend seulement les moteurs primaires de la première catégorie et qu'on y ajoute *tous* les moteurs électriques de l'établissement, sans s'inquiéter de savoir si le courant est produit dans l'établissement ou acheté au dehors.

Cette formule a été appliquée dans la statistique *suédoise* dès 1897, puis dans la statistique *norvégienne* à partir de 1911, dans la statistique *finlandaise* à partir de 1920. Elle a été reprise dans les recensements *allemands* de 1925 et *italien* de 1927.

Troisième formule. — La puissance mécanique P disponible dans un établissement est égale à la puissance M des moteurs primaires installés dans cet établissement, plus la puissance e des moteurs électriques de l'établissement alimentés par du courant acheté au dehors :

$$P = M + e$$

Cette formule exclut bien le double emploi qui proviendrait de moteurs électriques alimentés par du courant *acheté* au dehors, ce qui est le cas le plus fréquent. Mais elle ne prévoit pas le cas de l'industriel qui produit du courant électrique au delà de ses besoins et en *vend* une partie au dehors. Dans ce cas, on compte en trop à l'établissement considéré la puissance correspondant au courant vendu. Ce cas est beaucoup moins fréquent, pour un industriel non spécialisé dans la production de l'électricité, que le cas d'achat, mais il existe néanmoins.

Cette troisième formule a été appliquée dans les statistiques des *États-Unis* depuis 1899, du *Japon* depuis 1910, de la *France* en 1926, de la *Hongrie* depuis 1927, de la *Russie* (U. R. S. S.) en 1926-1927.

Signalons enfin que dans un certain nombre d'autres pays, aucune précaution spéciale n'est prise pour éviter les doubles emplois et qu'on a seulement la puissance des moteurs primaires et celle des moteurs électriques sans discrimination possible. C'est le cas des pays ci-après : Australie, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Lithuanie, Nouvelle-Zélande, Pologne, Tchécoslovaquie, Union Sud-Africaine, Yougoslavie.

B. — QUELQUES COMPARAISONS INTERNATIONALES SOMMAIRES

Au total, on a pu rassembler des données sur les forces motrices pour 35 pays environ; mais pour une vingtaine d'entre eux ces données ne présentent,

pour des comparaisons internationales, qu'un faible intérêt parce que les relevés sont trop fragmentaires, ou parce qu'il s'agit de pays relativement peu importants ou dont le développement industriel est encore faible.

D'autre part, comme on l'a vu, les comparaisons de pays à pays sont assez aléatoires à cause de la diversité des méthodes. Ce qui est surtout significatif, c'est le développement des forces motrices dans un pays donné, tel que peuvent le révéler les enquêtes successives dont la méthode n'a pas subi trop de changements. Si le rapprochement des puissances brutes relevées à la même date dans deux pays doit être entouré de réserves, on peut plus légitimement comparer la rapidité d'accroissement constatée dans l'un et l'autre de ces pays séparément. Dans les tableaux sommaires ci-après, on a retenu seulement les pays d'importance industrielle assez considérable, dont les données permettent de suivre dans le temps l'évolution de la puissance motrice utilisée.

On a limité les données reproduites ici à deux dates aussi voisines que possible de 1906 et 1926, années des enquêtes françaises.

Dans le tableau ci-après, on trouvera pour chaque pays, à chacune de ces deux dates, la population active totale (pas seulement dans les établissements avec force motrice), la puissance des moteurs primaires : vapeur, eau, autres ; la puissance des moteurs électriques en distinguant, quand cela est possible, ceux qui sont alimentés avec du courant acheté ou produit. Comme on ne peut esquisser ici qu'une comparaison très sommaire sur l'accroissement de la puissance totale de chaque pays de 1906 à 1926, il n'y a pas lieu, d'ailleurs, de se préoccuper des diverses formules propres à éviter les doubles emplois, ce qui ne deviendrait nécessaire que si l'on voulait faire une étude pour des branches d'industrie.

L'origine des données est spécifiée dans les notes du tableau ; pour chaque pays, on a indiqué séparément, autant que possible, la puissance utilisée dans les industries extractives, dans les industries de transformation et dans les usines centrales pour la distribution de l'électricité. Ces puissances sont exprimées en chevaux-vapeur, unité la plus fréquente.

Forces motrices en milliers de chevaux-vapeur dans quelques pays à des dates voisines de 1906 et 1926. D. E. = Distributions d'électricité.

PAYS ET ANNÉES	Personnes occupées Total en milliers	PUISSANCE DES MOTEURS PRIMAIRES				PUISSANCE DES MOTEURS ÉLECTRIQUES		
		Totale	Vapeur	Eau	Autres	Totale	Courant acheté	Courant produit
<i>Japon.</i>								
Usines et ateliers.	{ 1906 1.875	612 2.858	275 1 696	203 1.103	25 59	7 "	" 1.795	" "
Distributions d'électricité. . . .	{ 1906 1926	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
<i>Norvège.</i>								
Usines et manufactures.	{ 1905 " 1926	87 "	308 2.030	79 109	225 1.909	4 12	24 497	" "
Distributions d'électricité. . . .	{ 1926 "	" 1.635	" 23	" 1 611	" "	" "	" "	" "
<i>Nouvelle-Zélande.</i>								
Manufactures.	{ 1906 1926 - 27	50 82	60 306	" 134	" 145	" 27	" 103	" "
Distributions d'électricité. . . .	1926 - 27	"	"	"	278	"	"	"
<i>Suède.</i>								
Mines et carrières.	{ 1905 1926	31 53	93 54	17 18	59 35	17 1	" 291	" "
Industrie manufacturière. . . .	{ 1906 1926	296 450	565 2.019	238 564	312 1.398	15 17	91 1.242	" "
Distributions d'électricité. . . .	{ 1906 1926	1 5	77 1.108	24 247	51 834	2 27	" 16	" "
<i>Suisse.</i>								
Fabriques.	{ 1911 1929	329 409	235 182	80 56	130 118	25 8	180 483	" "
Centrales électriques.	{ 1911 1929	3 3	477 1.571	59 56	408 1.494	10 24	74 27	" "
<i>Union Sud-africaine.</i>								
Manufactures.	{ 1904 1926 - 27	86 203	41 635	" 607	" "	" 28	" 148	" "

Allemagne. — Recensements industriels du 12 juin 1907 et du 16 juin 1925 (pour ce dernier nouveau territoire, sans la Sarre).

Australie. — Industries manufacturières y compris les distributions d'électricité.

Canada. — Census des manufactures occupant au moins 5 personnes en 1910; toutes les manufactures en 1926. Les centrales électriques comprises.

Danemark. — Recensement des industries et métiers du 12 juin 1906 et du 15 juin 1925 (pour ce dernier nouveau territoire y compris Jutland du Sud).

États-Unis. — Census spéciaux des mines et carrières en 1909 et 1919. Census des manufactures en 1904 (production supérieure à 500 dollars) et 1927 (production supérieure à 5.000 dollars) résultats non comparables. Statistique spéciale des centrales électriques en 1907 et 1927.

Finlande. — Statistique annuelle de l'industrie.

France. — Recensements du 6 mars 1906 (87 départements) et du 7 mars 1926 (90 départements).

Grande-Bretagne. — Census of production 1907 et 1924.

Italie. — Recensements industriels du 10 juin 1911 et du 15 octobre 1927 (pour ce dernier nouveau territoire).

Japon. — Statistique annuelle des fabriques, d'après l'Annuaire financier et économique du Japon.

Norvège. — En 1905, Statistique annuelle des établissements contrôlés par l'Office des assurances de l'État; en 1926, statistique annuelle des industries manufacturières, y compris mines et carrières, d'après l'Annuaire statistique.

Nouvelle-Zélande. — Statistique des manufactures, quinquennale jusqu'en 1911; annuelle depuis 1918-1919.

Suède. — Statistique annuelle des mines; statistique annuelle des manufactures, en 1906 non compris, en 1926 y compris mines et centrales électriques.

Suisse. — Statistique suisse des fabriques.

Union Sud-africaine. — Recensements industriels, annuels depuis 1915-1916.

En examinant ces chiffres, on est frappé de l'énorme accroissement des forces motrices dans les grands pays industriels pendant l'intervalle de vingt années environ, de 1906 à 1926 (ou un intervalle voisin pour certains pays). Cet accroissement apparaît encore plus élevé pour les moteurs électriques que pour les moteurs primaires. Pour ces derniers, la part des moteurs à vapeur et des moteurs à eau dans l'accroissement est très variable. Cette différence tient en effet aux ressources de chaque pays en houille noire et en houille blanche. Ainsi, en Grande-Bretagne, les forces hydrauliques ne jouent pratiquement aucun rôle pour les industries manufacturières (119.000 che-

PAYS ET DATES	PUISSANCE PRIMAIRE en 1.000 C.V.			ACCROISSEMENT ANNUEL %		
	Totale	Vapeur	Eau	Puissance totale	Vapeur	Eau
				1 ^{re} ligne taux brut 2 ^e ligne taux annuel moyen		
Allemagne.	{ 1907 6.683 1925 17.563	{ 5.263 13.791	{ 850 1.983	163 9	162 9	133 7 1/2
Australie.	{ 1906 192 1926-27 1.013	{ 177 858	{ " 72	428 21	382 19	" "
Canada.	{ 1910 1.431 1926 5.310	{ 767 1.019	{ 628 4.213	271 17	33 2 3/4	571 36
États-Unis.	{ 1907 19.000 1927 55.403	{ 15.300 42.241	{ 3.600 10.442	192 9 1/2	176 9	190 9 1/2
Finlande.	{ 1906 134 1926 512	{ 60 278	{ 73 219	282 14	363 18	200 10
France.	{ 1906 2.860 1926 9.680	{ 1.992 6.380	{ 727 2.625	238 12	220 11	261 13
Grande-Bretagne.	{ 1907 8.294 1924 12.473	{ 7.277 12.166	{ 170 134	50 3	67 4	" "
Italie.	{ 1911 1.620 1927 5.560	{ 471 1.499	{ 952 3.632	243 15	218 13 1/2	282 17 1/2
Japon.	{ 1906 275 1926 2.858	{ 203 1.696	{ 25 1.103	939 47	735 37	4.312 216
Suède.	{ 1906 565 1926 2.019	{ 238 564	{ 312 1.398	257 13	137 7	348 17
Suisse.	{ 1911 712 1929 1.755	{ 139 112	{ 538 1.612	146 8	" "	200 11
Union Sud-Africaine.	{ 1904 41 1926-27 635	{ " 607	{ " "	1.449 65	" "	" "

Si l'on classe les pays dans l'ordre du pourcentage d'accroissement annuel moyen pendant la période d'observation voisine de 1906 à 1926, on obtient la liste suivante, pour la puissance primaire totale de l'industrie manufacturière, y compris les usines électriques :

Afrique du Sud	65 %
Japon.	47
Australie	21
Canada	17
Italie.	15
Finlande	14
Suède.	13
France	12
États-Unis	9 1/2
Allemagne.	9
Suisse.	8
Grande-Bretagne.	3

Ce sont naturellement les pays dont l'équipement industriel était encore rudimentaire au début du xx^e siècle et s'est développé grâce à la guerre et à ses conséquences économiques, qui montrent les taux d'augmentation les plus élevés : Afrique du Sud, Japon, Australie, Canada. Les anciens pays industriels, malgré le grand développement donné à leurs installations manufacturières, ne présentent que des proportions moyennes d'accroissement bien inférieures : voisin de 10 % : 9 1/2 aux États-Unis, 9 en Allemagne. Si le taux français atteint 12, c'est qu'il comprend non seulement l'accroissement de 1906 à 1926 sur l'ancien territoire, mais aussi l'appoint de l'outillage mécanique des trois départements recouvrés. La Grande-Bretagne arrive en fin de liste avec 3 % seulement.

Les résultats changent quelque peu, si l'on fait la même comparaison pour les moteurs à vapeur seuls :

Japon.	37 %
Australie	19
Finlande	18
Italie.	13 1/2
France	11
États-Unis	9
Allemagne	9
Suède	7
Grande-Bretagne	4
Canada	2 3/4

C'est le Canada qui montre le plus faible accroissement des forces motrices à vapeur, parce que son effort s'est porté vers l'utilisation de ses immenses ressources hydrauliques.

Voici, en effet, le classement obtenu d'après le taux d'accroissement des puissances hydrauliques :

Japon.	216 %
Canada	36
Italie.	17 1/2
Suède.	17
France	13
Suisse.	11
Finlande	10
États-Unis	9 1/2
Allemagne.	7 1/2

Ces chiffres permettent d'apprécier l'importance relative des efforts déployés, au cours du premier quart du xxe siècle, pour la mise en valeur des ressources hydrauliques. Si l'on met à part le Japon, où l'utilisation industrielle des chutes d'eau était presque nulle au début de la période considérée, et le Canada dont les progrès dans cette branche ont été impressionnants, on voit que dans certains pays européens : Italie, Suède, France, Finlande, le pourcentage annuel moyen d'augmentation a été plus élevé qu'aux États-Unis qui peuvent cependant présenter de magnifiques exemples d'utilisation des puissances hydrauliques.

Cette utilisation a été liée, comme on le sait, aux progrès de la technique de l'électricité qui a permis le transport et la distribution à grande distance de l'énergie captée sur les cours d'eau. Pour mettre en évidence le formidable accroissement de la puissance motrice électrifiée, on a réuni dans un dernier tableau, des données relatives aux centrales électriques dont certaines sont d'une date plus récente que celles des tableaux précédents.

CENTRALES ÉLECTRIQUES
Puissance en milliers de chevaux.

Pays et années	Totale	Vapeur	Eau
<i>Allemagne.</i>	1895 61	55	5
	1907 935	780	66
	1925 6.400	5.030	922
<i>Canada.</i>	1917 1.844	»	»
	1927 4.173	200	3.975
<i>États-Unis.</i>	1902 1.845	1.394	439
	1912 7.530	4.949	2.470
	1922 19.851	13.726	5.822
	1930 43.700	31.500	11.600
<i>France.</i>	1906 349	203	135
	1926 4.508	3.100	1.455
<i>Grande-Bretagne.</i>	1907 1.560	1.536	10
	1912 2.111	2.071	10
	1924 5.610	5.491	15
<i>Italie.</i>	1911 791	173	569
	1927 3.675	661	2.929
<i>Norvège.</i>	1922 1.350	»	»
	1930 1.897	21	1.873
<i>Suède.</i>	1913 397	76	307
	1920 829	159	6.410
	1929 1.231	250	950

Il nous paraît indispensable, en terminant, de rappeler encore une fois les réserves dont on doit entourer les rapprochements entre les données relatives aux forces motrices dans les divers pays. Ces réserves portant sur les divergences de méthode, l'inégale étendue des enquêtes, etc., ne permettent d'attacher aux résultats obtenus qu'une valeur tout à fait relative, propre seulement à fixer une base d'appréciation sur les différences constatées, sans pouvoir en donner une exacte mesure.

Michel HUBER.