

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

MICHEL HUBER

Statistique des forces motrices en France et à l'étranger

Journal de la société statistique de Paris, tome 52 (1911), p. 443-457

http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1911__52__443_0

© Société de statistique de Paris, 1911, 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

STATISTIQUE DES FORCES MOTRICES EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

Dans un volume qui vient de paraître, la *Statistique générale de la France* présente les résultats d'une enquête sur les forces motrices, annexée au recensement général de 1906.

Le dénombrement des personnes actives et le classement des établissements suivant le nombre des individus occupés dans chacun d'eux ne suffisent pas, en effet, à caractériser l'importance d'une industrie. Les progrès du machinisme, les perfectionnements prodigieux de l'outillage mécanique exigent que l'on tienne compte, en outre, des forces motrices qui sont devenues un des principaux éléments de la production industrielle.

La nouvelle publication de la *Statistique générale de la France* présente un état des forces motrices utilisées dans notre pays en 1906, état qui peut être regardé comme suffisamment complet et précis, au moins en ce qui concerne les moteurs à vapeur et les moteurs à eau. Dans un appendice sont rassemblés et comparés les renseignements analogues recueillis dans les autres pays. Ce sont ces documents que nous nous proposons de résumer et de commenter ici.

I

STATISTIQUE DES FORCES MOTRICES EN FRANCE

La publication actuelle continue et met à jour les enquêtes anciennes sur les forces motrices utilisées en France. Dès 1837, les premiers volumes de la *Statistique générale de la France* font connaître, par département, la répartition des 83.000 moulins à vent et à eau existant dans notre pays vers la fin de 1834.

D'après la grande enquête industrielle de 1840-1845, limitée aux établissements occupant au moins 10 ouvriers, on comptait à cette époque, dans les établissements atteints par l'enquête, environ 37.000 moulins à eau, 8.650 moulins à vent et 2.500 machines à vapeur.

L'enquête industrielle de 1861-1865 n'a fourni que des résultats incomplets en ce qui concerne les forces motrices ; on peut les résumer ainsi en nombres ronds : 52.700 moulins à eau représentant une puissance totale de 298.000 chevaux-vapeur ; 11.300 moulins à vent ; 10.500 machines à vapeur représentant 165.000 chevaux-vapeur.

Dans les volumes de *Statistique annuelle* de 1873 à 1880, on trouve seulement quelques chiffres sur les forces motrices hydrauliques et à vapeur utilisées dans certaines industries : métallurgie, céramique et verrerie, papeterie, industrie textile, sucrerie, fabriques de savons et de sel de soude, etc.

En ce qui concerne les machines à vapeur seules, la *Statistique de l'industrie minérale*, publiée par le service des mines chargé du contrôle des appareils à vapeur, fait connaître, depuis 1837, la puissance des machines à vapeur employées dans les établissements industriels. Depuis 1878, cette puissance des machines à vapeur est fournie annuellement pour certains groupes d'industries : mines, métallurgie, industries chimiques, industries textiles, etc. Mais la statistique de l'industrie minérale ne permet pas d'étudier la répartition des établissements suivant la puissance motrice utilisée dans chacun d'eux, ni la distribution de la puissance motrice totale entre les établissements classés suivant l'importance du personnel occupé.

Cependant, la comparaison, pour chaque industrie, du nombre des chevaux-vapeurs utilisés et du nombre d'ouvriers occupés, offre un intérêt considérable tant au point de vue industriel qu'au point de vue social, en raison de l'extension du machinisme et de l'intervention croissante de la puissance mécanique dans la production. Dès 1896, l'Office du travail avait recueilli des renseignements fragmentaires sur cette question pour les établissements atteints par l'*Enquête sur les salaires et la durée du travail dans l'industrie française*. En 1899, l'Office du travail entreprit une grande enquête sur les forces motrices à vapeur et hydrauliques avec le concours du service des mines, qui fournit une fiche pour chaque établissement possédant un moteur à vapeur et des services hydrauliques du ministère des travaux publics et du ministère de l'agriculture qui communiquèrent une fiche pour chaque établissement disposant d'une force motrice hydraulique aménagée.

Malheureusement, cette statistique n'était pas strictement comparable avec le recensement industriel de 1896, la nature de l'industrie exercée dans un même

établissement ayant pu être appréciée différemment sur les bulletins de recensement et sur les fiches de moteurs. Aussi, l'enquête de 1899 fut-elle reprise sur des bases nouvelles, lors du recensement de 1901, par le dépouillement simultané des bulletins individuels du recensement et des fiches fournies par les divers services techniques. Pour chaque établissement industriel on a juxtaposé : 1° les bulletins individuels des personnes travaillant dans l'établissement, patrons, employés, ouvriers ; 2° la fiche établie par l'inspection du travail faisant connaître l'importance du personnel et la puissance des moteurs utilisés ; 3° la fiche des moteurs à vapeur fournie par le service des mines ; 4° la fiche de moteur hydraulique fournie par les services signalés précédemment. Les résultats de l'enquête jointe au recensement de 1901 ont été publiés dans le tome V des résultats du recensement de 1901.

En 1906, on a suivi la même méthode ; la juxtaposition des divers documents concernant un même établissement a permis un contrôle mutuel des renseignements recueillis. Lorsqu'on relevait des divergences un peu notables entre les renseignements d'origines différentes, une demande de renseignements complémentaires était adressée par lettre soit au maire de la commune, soit à l'industriel lui-même. La réponse permettait de rectifier les indications des fiches. Ce double contrôle semble assurer aux résultats les meilleures garanties d'exactitude.

Résultats généraux

La puissance totale des moteurs installés le 4 mars 1906 dans les établissements agricoles, industriels et commerciaux, ainsi que dans les divers services publics, y compris les moteurs fixes des usines de tramways, gares, dépôts et ateliers des compagnies de chemins de fer, mais non compris les locomotives, bateaux et voitures automobiles, s'élève en nombres ronds à :

à 3.550.000	chevaux-vapeur pour l'ensemble des moteurs
dont 2.604.000	— pour les moteurs à vapeur
— 773.000	— pour les moteurs à eau
— 173.000	— pour les autres moteurs (gaz, pétrole, électricité, etc.).

Parmi ces derniers, certains peuvent être considérés, au même titre que les machines à vapeur, les roues et turbines hydrauliques, comme des *moteurs primaires*, empruntant leur énergie motrice à un agent naturel ; ce sont, par exemple, les moteurs à vent, les divers moteurs thermiques autres que la machine à vapeur : moteurs à gaz de ville, à gaz pauvre, à gaz de haut fourneau ; moteurs à pétrole, essence, alcool, benzol ; moteurs à air chaud, etc. D'autres, au contraire, ne font que restituer l'énergie mécanique fournie par un moteur primaire et transmise par un agent intermédiaire ; c'est le cas des moteurs électriques, des moteurs à air comprimé ou raréfié, etc.

Il y a double emploi lorsque la puissance de ces moteurs est ajoutée à celle des moteurs primaires. En réalité, ce fait ne se produit que pour les électromoteurs alimentés par une distribution publique d'énergie électrique. Dans ce cas, la fiche d'inspection du travail fait connaître la puissance du moteur électrique constituant la seule force motrice installée dans un établissement industriel. Au contraire, lorsqu'un industriel produit lui-même l'électricité distribuée aux moteurs installés

dans ses ateliers, la fiche d'inspection du travail ne fait connaître que la puissance du moteur à vapeur, à eau, à gaz, etc., qui actionne la dynamo génératrice. Quant aux moteurs à air comprimé ou raréfié, leur nombre est très faible, leur puissance totale peu importante. On peut donc dire que le double emploi ne se produit que pour une fraction de la puissance totale de 173.000 chevaux indiquée précédemment.

D'autre part, si les omissions ont pu être évitées pour les moteurs à vapeur et pour les moteurs hydrauliques, grâce au contrôle mutuel des fiches d'inspection et des fiches du Service des mines ou du Service de l'hydraulique, il n'en est pas de même pour les autres moteurs (1), l'unique source de renseignements étant alors la fiche d'inspection du travail; il est donc possible qu'un certain nombre d'établissements pourvus de moteurs électriques, de moteurs à gaz, de moteurs à pétrole, ou même de moteurs à vent, aient échappé au recensement des forces motrices.

Ajoutons enfin que la puissance indiquée pour les moteurs hydrauliques est celle des moteurs en activité; on n'a pas tenu compte des chutes aménagées, mais inutilisées par suite de chômage momentané ou d'abandon prolongé, comme cela se produit pour un grand nombre de moulins ruraux.

On peut donc admettre, semble-t-il, que ces diverses omissions compensent, et au delà, le double emploi déjà signalé; par suite, le nombre de 3.550.000 chevaux-vapeur peut être considéré comme représentant à très peu près la puissance des moteurs de toute nature installés en mars 1906 dans les établissements industriels.

Mais parmi les moteurs installés, certains sont utilisés régulièrement pendant un certain nombre d'heures chaque jour, d'autres, au contraire, sont des *moteurs de réserve* qui ne sont mis en marche que pour suppléer à une insuffisance momentanée des moteurs principaux; par exemple, les moteurs à vapeur, à gaz, à pétrole, installés comme moteurs de secours pour pallier aux défaillances des moteurs hydrauliques en cas de crue ou de sécheresse.

Pour éviter ce double emploi, au moins dans le cas de beaucoup le plus fréquent, on avait fait inscrire sur la fiche fournie pour chaque usine hydraulique :

1° La puissance des moteurs à eau;

2° La puissance des moteurs à vapeur;

3° La *puissance totale utilisée*, qui peut être inférieure à la somme des deux précédentes lorsque la puissance du moteur à vapeur est employée, d'une manière intermittente, en totalité ou en partie, pour venir en aide au moteur hydraulique.

En 1906, la puissance totale disponible s'élevait à 3.550.000 chevaux, la puissance

(1) Le chiffre de 173.000 chevaux pour les moteurs autres que les machines à vapeur et hydrauliques est certainement de beaucoup inférieur à la réalité. Voici un exemple à l'appui de cette opinion : la Compagnie électrique de la Loire fournit dans son rapport de 1906 les renseignements suivants pour les moteurs électriques alimentés par elle en 1906 :

1° Département de la Loire : moteurs pour métiers à rubans : 1.940 chevaux (7.761 métiers à raison de 1/4 de cheval par métier); autres moteurs électriques : 2.334 chevaux; ensemble : 4.274 chevaux;

2° Département de la Haute-Loire : moteurs pour métiers à rubans : 871 chevaux (3.482 métiers); autres moteurs électriques : 129 chevaux; ensemble : 1.000 chevaux.

Or le recensement n'a fourni pour la puissance totale des autres moteurs (électriques, à gaz, etc.) que 3.888 chevaux dans la Loire et 541 dans la Haute-Loire.

totale utilisée à 3.450.000 chevaux environ; la différence, soit 100.000 chevaux environ, représente la puissance globale des moteurs à vapeur de secours.

Pour avoir une idée précise et complète de l'activité réelle des moteurs installés, il ne suffirait d'ailleurs pas de mettre à part les moteurs de réserve ou de secours. Il faudrait connaître en outre la durée journalière de marche pour chaque moteur, de même que l'activité industrielle dépend non seulement du nombre des ouvriers occupés, mais encore du nombre des heures de travail. Il serait excessif de demander à une statistique d'ensemble de forces motrices de fournir des détails aussi circonstanciés; la connaissance exacte de la puissance des moteurs installés présente déjà, comme on l'a vu, d'assez sérieuses difficultés.

Les chiffres qui précèdent s'appliquent aux moteurs des établissements industriels, des services publics, etc., non compris les locomotives, automotrices des chemins de fer et tramways, bateaux à vapeur, automobiles, etc. Cette puissance peut être évaluée à l'aide de divers documents officiels. Dans la statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur, on trouve la puissance des locomotives et automotrices à vapeur; la puissance des machines à vapeur installées sur les bateaux et servant soit à la propulsion, soit à d'autres usages: grues, dragues, etc. La taxe sur les automobiles servant au transport des personnes étant graduée suivant la puissance des moteurs, les rôles font connaître la puissance totale des voitures en service (1); de même pour les motocycles. En négligeant les moteurs des canots automobiles à pétrole, alcool, etc., on peut dresser le tableau ci-après:

	Puissance en chevaux	
Moteurs des établissements industriels, etc.	{ Vapeur Eau Autres	2.604.000
		773.000
		173.000
Locomotives, automotrices à vapeur (1)		7.000.000
Moteurs à vapeur des bateaux :		
Navigation maritime (marine de guerre exclue)		1.120.000
— intérieure		80.000
Automobiles, motocycles, etc., (2)		400.000
Ensemble.		12.150.000

Sous toutes les réserves qu'exige le rapprochement de chiffres d'origines différentes et de valeur inégale, on peut donc évaluer à 12 millions de chevaux-vapeur la puissance totale des forces motrices utilisées en France vers 1906. On voit que plus de la moitié de ce chiffre est fournie par les locomotives.

Comparaison avec les autres statistiques de forces motrices

Revenons aux résultats relatifs aux établissements; la comparaison entre les

(1) Les moteurs électriques des voitures de chemins de fer et tramways électriques ne sont pas comptés, car leur puissance ferait double emploi avec celle des moteurs fixes (machines à vapeur, à eau, à gaz) actionnant les dynamos qui fournissent le courant électrique.

(2) Automobiles: 250.000 chevaux-vapeur au 1^{er} janvier 1906, 337.000 chevaux au 1^{er} janvier 1907; comme les rôles ne comprennent ni les voitures effectuant un service public (fiacres et omnibus automobiles, soumis à un impôt direct), ni les automobiles servant au transport des marchandises, on sera au-dessous de la vérité en évaluant à 340.000 chevaux la puissance totale des voitures en service en mars 1906. Il faut y ajouter 60.000 chevaux pour les motocycles.

résultats de 1901 et de 1906, limitée aux moteurs à vapeur et aux moteurs hydrauliques, s'établit comme suit, en chiffres ronds :

	1906	1901	Accroissement
Nombre d'établissements avec moteurs	98.000	78.000	20.000 ou 27 %
Puissance en chevaux-vapeur des moteurs à vapeur	2.604.000	1.761.000	843.000 ou 48 %
— — à eau	773.000	524.000	249.000 ou 47 %

En cinq ans, de 1901 à 1906, la puissance des moteurs à vapeur et à eau installés a augmenté presque de moitié (48 % environ).

Pour les moteurs à vapeur, la puissance totale relevée au recensement de 1906, 2.604.000 chevaux, est un peu supérieure à celle qui figure dans la statistique de l'industrie minérale pour 1906 : 2.500.000 chevaux-vapeur (1). Cette différence provient sans doute des rectifications apportées à la fiche de moteurs à vapeur, d'après les renseignements demandés au maire ou à l'industriel lui-même, lorsque la fiche de l'inspection du travail et celle du service des mines étaient en désaccord.

Pour les moteurs hydrauliques, l'enquête de 1899 avait fourni le chiffre de 575.000 chevaux-vapeur ; lors du recensement de 1901, l'élimination des chutes abandonnées avait ramené ce chiffre à 524.000 chevaux. De 1901 à 1906, l'augmentation de la puissance des chutes en activité est de 249.000 chevaux, soit 47 %.

Au total, on compte, en 1906, 55.000 chutes aménagées réparties entre 41.000 établissements ; 53.300 chutes étaient situées sur des cours d'eau non navigables ni flottables, 1.700 sur des rivières ou fleuves navigables ou sur des canaux ; mais 43.500 chutes seulement étaient en activité, 11.500 étaient en chômage temporaire ou totalement abandonnées ; celles-ci étaient surtout des chutes de faible puissance, actionnant de petits moulins ruraux. L'abandon des faibles chutes d'une part, l'installation d'usines hydro-électriques puissantes d'autre part, ont fait passer de 12 chevaux en 1899 à 48 chevaux en 1906, la *puissance moyenne* par chute.

Répartition des forces motrices suivant la puissance

1° Moteurs à vapeur. — En 1906, sur environ 50.000 établissements ayant au moins un moteur à vapeur, 30.500, soit 61 %, ne disposaient que d'une puissance inférieure à 10 chevaux-vapeur ; dans 17.800 autres, soit plus du tiers du total, la puissance était comprise entre 11 et 200 chevaux ; les établissements utilisant plus de 200 chevaux, au nombre de 1.688, forment seulement 3 % du total.

Le tableau ci-après (voir page 449) permet de rapprocher les chiffres de 1906 de ceux de 1899.

En 1899, on avait déterminé directement, par totalisation, le nombre des chevaux-vapeur utilisés dans chacune des catégories d'établissement. En 1906, la totalisation n'a été faite que pour les 143 établissements de plus de 2.000 chevaux ;

(1) Dont : 2.322.000 dans les établissements industriels, etc. ; 147.000 pour les moteurs fixes utilisés pour divers modes de traction (électrique, funiculaire, etc.) et 38.000 pour les moteurs fixes des gares, dépôts et ateliers des compagnies de chemins de fer et tramways.

pour les autres, on a procédé à une évaluation en prenant pour base les chiffres moyens de 1899, de manière à obtenir le total général, 2.605.000 chevaux.

Moteurs à vapeur

Puissance en chevaux-vapeur par établissement	Nombre d'établissement		Évaluation de la puissance en chevaux-vapeur	
	1906	1899	1906	1901
Moins de 10	30.498	32.136	170.000	173.000
11 à 50	14.238	11.811	330.000	262.000
51 à 200	3.549	2.560	380.000	263.000
201 à 1.000	1.351	836	580.000	350.000
1.001 à 2.000	194	89	270.000	} 388.000
Plus de 2.000	143	56	875.000	
Ensemble	49.973	47.488	2.605.000	1.436.000

On voit que l'accroissement du nombre de chevaux-vapeur est nul pour les puissances inférieures à 10 chevaux, faible pour les puissances moyennes, et va en croissant pour les grandes puissances. La puissance totale des installations de 1.000 chevaux et plus a triplé : 1.145.000 chevaux en 1906, au lieu de 390.000 en 1899 ; soit 44 % du total au lieu de 27.

On a fait un relevé spécial des 143 usines disposant de plus de 2.000 chevaux en moteurs à vapeur ; elles comprennent 34 mines de houille, 34 usines sidérurgiques, 21 usines centrales électriques, 14 usines de chemins de fer ou tramways électriques, 22 filatures ou tissages, etc.

2° *Moteurs hydrauliques.* — Le nombre total des chutes aménagées a passé de 50.500 environ en 1899 à 55.000 en 1906, soit une augmentation d'un dixième environ ; mais, sur 54.935 chutes, 43.374 seulement étaient en activité, 5.235 étaient en chômage, et 6.236 abandonnées. La plupart des chutes aménagées mais inutilisées étaient d'ailleurs des chutes peu puissantes ; sur 11.561, on en compte 8.208 de moins de 10 chevaux.

Le tableau ci-après fait connaître la répartition des chutes suivant la puissance :

Ensemble des chutes hydrauliques aménagées

Puissance en chevaux-vapeur	Nombre de chutes			Évaluation de la puissance en chevaux-vapeur	
	1906		1899	1906	1899
	En activité	En chômage ou abandonnées	Ensemble	En activité en chômage ou abandonnées	
Moins de 10	32.696	8.208	40.904	39.166	140.000
11 à 50	9.195	1.283	10.478	10.105	205.000
51 à 200	1.171	76	1.247	1.049	114.000
201 à 1.000	159	13	172	128	66.000
1.001 à 2.000	23	»	23	14	39.000
Plus de 2.000	30	»	30	12	206.000
Non déclarée	100	1.981	2.081	»	»
Ensemble	43.374	11.561	54.935	50.474	770.000

Les faibles chutes sont de beaucoup les plus nombreuses : 76 % des moteurs

hydrauliques en activité en 1906 n'avaient qu'une puissance inférieure à 10 chevaux ; les chutes de 11 à 50 chevaux en activité forment 21 % du total, les chutes de plus de 50 chevaux, 3 % seulement. Par rapport à 1899, on observe une diminution du nombre proportionnel des chutes de moins de 10 chevaux, une augmentation pour toutes les catégories supérieures.

Le nombre des chutes de plus de 1.000 chevaux a plus que doublé : 26 en 1899, 53 en 1906 ; voici le relevé détaillé des chutes de plus de 2.000 chevaux :

Chutes de :	1906	1899
2.001 à 5.000 chevaux	14	10
5.001 à 10.000 —	9	1
10.001 à 15.000 —	6	1
22.000 chevaux	1	»

Les 30 chutes de plus de 2.000 chevaux en 1906 se répartissaient ainsi : stations centrales électriques, 13 ; électro-chimie, 9 ; électro-métallurgie, 6 ; papeterie, 2. Presque toutes ces chutes sont, on le voit, utilisées pour la production d'énergie électrique.

En 1899 on avait déterminé, par totalisation des nombres portés sur les fiches, la puissance totale de chaque catégorie de chutes classées suivant la puissance. Comme pour les moteurs à vapeur, on a procédé en 1906 à une évaluation dont les résultats ont été portés ci-dessus ; cependant, la puissance totale (206.000 chevaux) des chutes de plus de 2.000 chevaux a été déterminée directement.

On voit que la part proportionnelle des chutes de plus de 200 chevaux est seule en augmentation, passant de 21 à 40 %. Les petites chutes (moins de 10 chevaux) ne forment plus que 18 % du total au lieu de 29 % ; la part des moyennes chutes (11 à 200 chevaux) s'est abaissée de 50 à 41 % de la puissance totale. Parmi les fortes chutes (plus de 500 chevaux), celles de 501 à 1.000 forment en 1906, comme en 1899, 8,5 % du total, mais la part des chutes très puissantes (plus de 1.000 chevaux) a presque triplé, 32 % au lieu de 12. Ce mouvement ne fera que s'accroître par suite de la mise en service, depuis 1906, de nombreuses usines hydrauliques très puissantes destinées à l'alimentation de réseaux très étendus de distribution d'énergie électrique.

Évaluation de la puissance motrice utilisée pour la production d'énergie électrique

1° *Moteurs hydrauliques.* — La fiche de force motrice hydraulique portait une question ainsi conçue : la puissance des moteurs hydrauliques est-elle utilisée, même accessoirement, pour la production d'énergie électrique ?

D'après les déclarations ainsi obtenues, sur 43.300 chutes en activité, 3.770, soit 8,6 %, seraient utilisées, plus ou moins complètement, pour la production d'électricité. On trouvera leur répartition sur le tableau ci-après (Voir page 451).

Ce sont surtout les chutes puissantes qui servent à la production d'énergie électrique ; la proportion, qui n'atteint pas 3 % pour les chutes de moins de 10 chevaux, s'élève à 21 % pour les chutes de 11 à 50 chevaux, 59 pour celles de 51 à 200 chevaux, 71 pour celles de 201 à 1.000 chevaux. Plus des neuf dixièmes des chutes de 1.000 chevaux et plus actionnent des génératrices électriques.

Puissance en chevaux-vapeur	Nombre de chutes en activité	Chutes servant, même accessoirement, à la production d'énergie électrique		
		Nombre	Proportions pour 100	Évaluation de la puissance en chevaux
Moins de 10	32.696	959	2,9	5.000
11 à 50	9.195	1.954	21,2	49.000
51 à 200	1.171	693	59,2	68.000
201 à 1.000	159	113	71,0	47.000
1.001 à 2.000	23	21	91,3	31.000
Plus de 2.000	30	29	96,5	200.000
Ensemble.	43.274	3.769	8,6	400.000

La puissance totale de 400.000 chevaux-vapeur indiquée dans le tableau ci-dessus est certainement supérieure à la puissance réellement utilisée à produire de l'électricité, puisqu'une chute employée accessoirement à cet usage est comptée pour sa puissance totale. Mais, d'autre part, les chutes de 2.000 chevaux et plus qui sont presque toutes exclusivement employées à la génération du courant électrique entrent dans ce total pour 200.000 chevaux. Le nombre cherché est donc compris entre 200.000 et 400.000 chevaux ; on peut admettre, semble-t-il, qu'en 1906, la puissance des moteurs hydrauliques réellement utilisés en France à la production de l'énergie électrique était comprise entre 300.000 et 350.000 chevaux-vapeur.

2° *Moteurs à vapeur.* — On ne dispose pas des éléments nécessaires pour opérer d'une manière analogue en ce qui concerne les machines à vapeur. Mais on peut faire une évaluation indirecte, en utilisant les résultats obtenus dans d'autres pays. En 1906, la puissance des moteurs à vapeur utilisés en Prusse pour la production de l'électricité était de 883.000 chevaux, soit 20 % de la puissance totale des machines à vapeur installées, 5 millions de chevaux. En Suède, la proportion correspondante était de 29 % : 54.000 chevaux sur 183.000. Si l'on admet pour la France un coefficient intermédiaire, 25 %, on peut estimer que la puissance des moteurs à vapeur actionnant des dynamos génératrices était comprise entre 600.000 et 650.000 chevaux-vapeur. Ce nombre ne paraîtra pas exagéré, si l'on observe que les usines centrales de distribution électrique représentent à elles seules 220.000 chevaux-vapeur, et les usines de tramways et chemins de fer électriques 130.000 chevaux environ ; il resterait donc 300.000 chevaux pour les moteurs à vapeur servant à la production de l'électricité dans les autres entreprises industrielles : mines, métallurgie, etc.

3° *Ensemble.* — En résumé, sous toutes les réserves exigées par l'insuffisance des éléments d'appréciation, on peut admettre que la puissance des machines servant à la production de l'électricité était comprise entre 600.000 et 650.000 chevaux pour les moteurs à vapeur, entre 300.000 et 350.000 chevaux pour les moteurs hydrauliques. A ces chiffres, il faudrait ajouter la puissance des moteurs à gaz d'éclairage, à gaz pauvre, à gaz de haut fourneau, des moteurs à pétrole, essence, alcool, etc., employés dans le même but ; celle-ci est d'ailleurs relativement peu considérable à côté des précédentes. En tenant compte de ces divers éléments, on peut admettre comme voisin de la réalité le chiffre de 1 million de chevaux-vapeur pour la puissance totale des moteurs de tous genres utilisés en France, vers

1906, à la production de l'énergie électrique. Ce chiffre représente un peu plus du quart (28 %) de la puissance totale recensée : 3.550.000 chevaux-vapeur.

Distribution géographique des forces motrices

1° Moteurs à vapeur. — Sur 50.000 établissements disposant de moteurs à vapeur, la région de Paris et du Nord formée des neuf départements de la Seine, Seine-et-Oise, Seine-et-Marne, Oise, Seine-Inférieure, Somme, Aisne, Pas-de-Calais et Nord, en possède à elle seule près de 17.000, soit le tiers environ.

Voici les départements qui disposent des forces motrices à vapeur les plus considérables :

Nord	483.000 chevaux, soit 18,5 % du total 2.604.000			
Seine	323.000	—	12,4	—
Pas-de-Calais	192.000	—	7,4	—
Seine-Inférieure.	124.500	—	4,8	—
Meurthe-et-Moselle.	123.500	—	4,8	—
Loire	112.000	—	4,3	—

2° Moteurs hydrauliques. — Sur un total de 773.000 chevaux, plus du tiers, soit 292.000 chevaux environ, revient au massif alpestre, c'est-à-dire aux départements situés sur la rive gauche du Rhône. Voici les chiffres relatifs aux plus importants de ces départements (en nombres ronds) :

	Puissance hydraulique en chevaux-vapeur	
	1906	1901
Savoie	105.000	30.000
Isère.	98.000	36.000
Haute-Savoie	35.000	12.000
Alpes-Maritimes.	18.000	2.000

Les progrès ont d'ailleurs continué dans cette région ; le service des grandes forces hydrauliques évaluait, en 1910, la puissance totale des 130 principales usines hydro-électriques des Alpes françaises (usines de plus de 100 chevaux) à 475.000 chevaux, dont 210.000 pour l'électro-métallurgie, 165.000 pour la traction électrique, 60.000 pour l'électro-chimie, 30.000 pour la papeterie, etc. Les projets en cours portaient à cette date sur un total de 720.000 chevaux.

En 1906, les cinq départements frontières des Pyrénées disposaient d'une puissance hydraulique de 70.000 chevaux.

En dehors de ces deux régions, les chiffres les plus élevés sont fournis par les départements des Vosges, 19.000 chevaux ; de l'Ain, 17.000 ; du Tarn, 15.800 ; du Doubs, 15.000 ; du Puy-de-Dôme, 14.500 ; du Jura, 13.000 ; de la Haute-Vienne, 10.400 ; de la Dordogne, 10.000 ; de la Corrèze, 9.500 ; la Loire et l'Aveyron, 8.500 ; l'Ardèche et la Haute-Loire, 8.000, etc.

Répartition des forces motrices entre les industries.

Sur 98.000 établissements utilisant de la force motrice en 1906, plus des trois quarts (75.000) étaient des entreprises industrielles proprement dites, mines, usines, ateliers, chantiers, etc. ; il y avait en outre 18.000 exploitations agricoles

ou forestières, soit 19 %; les autres établissements avec moteur (commerce, administrations, etc.) étaient au nombre de 4.000, soit à peine 4 %.

Parmi les groupes industriels, la première place, quant au nombre des établissements avec moteur, revient aux industries de l'alimentation, 31.000 établissements (dont 25.000 moulins à farine), soit 32 %; viennent ensuite les industries du bois (scieries), 11.000 établissements avec moteur; les industries des métaux, 10.000; les industries textiles, 8.500, etc.

La puissance totale utilisée, 3.455.000 chevaux-vapeur, abstraction faite des moteurs à vapeur de secours dans les usines hydrauliques, se répartit comme suit entre les principaux groupes industriels :

Métallurgie et travail des métaux	638.000 chevaux, soit 18,5 %
Industries textiles	594.000 — 17,0 —
— de l'alimentation.	444.000 — 13,0 —
Distributions urbaines : électricité, eau	348.000 — 10,0 —
Mines et carrières	347.000 — 10,0 —

Ces cinq groupes d'industries absorbent à eux seuls 2.366.000 chevaux-vapeur, soit environ 70 % de la puissance totale utilisée.

La répartition n'est pas très différente pour la puissance des moteurs à vapeur qui constitue les trois quarts de la puissance totale utilisée : 2.605.000 chevaux-vapeur sur 3.550.000 :

Industries textiles	541.000 chevaux, soit 21 %
Métallurgie et travail des métaux	492.000 — 18 —
Mines et carrières	337.000 — 13 —
Industries de l'alimentation.	230.000 — 9 —
Distributions urbaines : électricité, eau.	230.000 — 9 —

Quant aux moteurs hydrauliques, les trois quarts de la force motrice qu'ils fournissent, soit 600.000 chevaux-vapeur sur 773.000, sont absorbés par les industries ci-après :

Industries de l'alimentation.	230.000 chevaux, soit 30 %
dont : moulins, minoteries	219.000 — 28 —
Distribution urbaines : électricité, eau	135.000 — 18 —
Métallurgie	83.000 — 11 —
Industries chimiques (électro-chimie).	69.000 — 9 —
Industrie du bois (scieries, etc.).	45.000 — 6 —
Fabrique de papier, carton	40.000 — 5 —

La puissance moyenne installée par établissement utilisant de la force motrice s'est élevée de 28 chevaux-vapeur en 1901 à 34 en 1906. Dans les mines, la puissance moyenne a crû de 921 à 1.219 chevaux-vapeur, dans les usines métallurgiques, de 1.272 à 2.140 chevaux, dans les stations centrales électriques, de 197 à 396 chevaux-vapeur.

Le nombre des chevaux-vapeur par établissement est un indice du degré de concentration d'un des éléments principaux de la production; il n'est pas moins intéressant de comparer la force motrice utilisée à cet autre élément de la production : le personnel des établissements. On peut le faire commodément, en calculant

le nombre des chevaux-vapeur pour 100 salariés dans la totalité des établissements (avec ou sans moteur), ou seulement dans les établissements employant des moteurs.

Le nombre des chevaux-vapeur pour 100 salariés, au total, est naturellement considérable dans les usines électriques, 3.892 chevaux pour 100 salariés. Dans les usines métallurgiques, il est de 398 chevaux pour 100 salariés, il s'abaisse à 162 dans les mines, 161 dans l'industrie chimique, 154 dans les industries du papier, caoutchouc, etc. Pour l'ensemble des industries de transformation, on trouve 78 chevaux-vapeur pour 100 salariés, au total, en 1906, au lieu de 46 chevaux en 1901.

Si l'on rapporte la puissance utilisée non plus au personnel total des industries, mais seulement au nombre des personnes occupées dans les établissements avec moteur, on trouve naturellement des chiffres plus élevés que les précédents. Pour l'ensemble des industries de transformation la puissance motrice était de 140 chevaux pour 100 salariés dans les établissements avec moteur.

Répartition des forces motrices suivant l'importance des établissements

L'enquête de 1906 permet d'étudier la répartition de la puissance motrice entre les diverses catégories d'établissements classés d'après l'importance de leur personnel. En limitant cette étude aux industries proprement dites, y compris les mines et carrières, et aux établissements constitués par un groupe d'au moins deux personnes travaillant en commun, on obtient les chiffres d'ensemble ci-après :

1° Nombres absolus

Nombre de salariés par établissement	Ensemble des établissements		Établissements avec moteurs		
	Nombre d'établissements	Nombre de salariés	Nombre d'établissements	Nombre de salariés	Puissance en chevaux-vapeur
1 à 5	531.958	916.441	35.150	78.822	348.034
6 à 20	54.935	555.387	15.686	173.851	333.229
21 à 100	17.274	735.961	10.619	479.275	564.628
101 à 500	3.911	790.957	3.542	722.217	787.353
501 et plus	574	681.042	563	673.331	924.008
Ensemble.	608.652	3.679.788	65.560	2.127.406	2.957.252

2° Proportions

Nombre de salariés par établissement	Proportion pour 100 des établissements avec force motrice	Puissance en chevaux-vapeur	
		par établissement avec force motrice	Pour 100 salariés dans les établissements avec force motrice
1 à 5	7	10	442
6 à 20	29	21	192
21 à 100	61	53	118
101 à 500	91	222	109
501 et plus	99	1.641	137
Ensemble.	11	45	139

La proportion des établissements avec force motrice, un peu supérieure à un

dixième pour l'ensemble (11 %), ne dépasse pas 7 % pour les très petites entreprises (1 à 5). Elle croît très rapidement avec l'importance du personnel : plus des neuf dixièmes des établissements de plus de 100 salariés emploient des moteurs. La progression est encore plus rapide en ce qui concerne la puissance installée par établissement : de 10 chevaux pour les très petits (1 à 5 salariés), elle s'élève à 1.641 chevaux-vapeur pour les très grands (plus de 500 salariés); la moyenne pour l'ensemble est de 45 chevaux-vapeur.

En calculant le nombre de chevaux-vapeur pour 100 salariés occupés dans les établissements avec force motrice, on peut voir si la concentration du personnel en grands établissements a pour effet d'accroître ou de diminuer la puissance mécanique utilisée.

Pour l'ensemble des industries extractives et transformatrices, on trouve une proportion moyenne de 139 chevaux-vapeur pour 100 salariés occupés dans les établissements avec moteur. Dans les très petits ateliers (1 à 5 salariés) la proportion est très élevée : 442 chevaux-vapeur; elle s'abaisse ensuite progressivement à 192, 118, 109 chevaux-vapeur, dans les petites, moyennes et grandes entreprises, ayant respectivement 6 à 20, 21 à 100, 101 à 500 salariés. Cette diminution semble démontrer que l'utilisation de la puissance motrice s'améliore quand augmente l'importance de l'installation, ce qui semble assez naturel. Mais, on constate ensuite que les très grands établissements (plus de 500 salariés) fournissent un chiffre supérieur : 137 chevaux-vapeur pour 100 salariés. Il est permis de penser que, dans les entreprises très importantes, l'abondance des capitaux permettant l'adoption des dispositifs les plus perfectionnés, les installations mécaniques tendant à se substituer à la main-d'œuvre humaine, la proportion des chevaux-vapeur comparée à l'importance du personnel doit aller en croissant.

D'ailleurs, l'emploi de la force motrice présente des caractères très différents suivant la nature des opérations industrielles; l'influence de la concentration industrielle sur l'importance relative de l'effectif ouvrier et de la puissance motrice devrait être étudiée séparément par industrie. On voit alors que le nombre des chevaux-vapeur pour 100 salariés varie parfois de la même manière que pour l'ensemble des industries; d'autres fois, au contraire, ce nombre décroît constamment quand l'importance des établissements augmente.

II

STATISTIQUE DES FORCES MOTRICES EN DIVERS PAYS

Dans une vingtaine d'États on a dressé des statistiques de forces motrices. Les unes résultent de recensements industriels généraux ou limités à certaines branches d'activité : industrie proprement dite, industries extractives, agriculture et forêts, commerce, transports, etc. Ces recensements peuvent d'ailleurs être étendus à toutes les personnes actives dans chaque branche, groupées en établissements ou travaillant isolément, ou bien porter seulement sur les entreprises, manufactures, usines, fabriques d'une certaine importance. C'est ainsi qu'en Allemagne (1895, 1907), en France (1901, 1906), on a procédé à des recensements industriels généraux, en Autriche (1902), au Danemark (1895, 1897), à un recensement des entreprises

industrielles, en Suisse (1905), à un recensement des entreprises agricoles, industrielles, et commerciales. Les Censuses industriels décennaux des États-Unis sont limités aux manufactures, le Censuse spécial de 1905 a même été restreint à celles dont la production annuelle dépasse 500 dollars ; le recensement de 1901 au Canada n'a porté que sur les manufactures occupant au moins 5 personnes.

D'autres statistiques de forces motrices sont publiées par les administrations chargées soit du contrôle des appareils à vapeur (Bavière, Belgique, France, Italie, Prusse, etc.), soit de l'application des lois sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs, sur l'assurance contre les accidents du travail (Danemark, Norvège, Suisse, etc.). Dans d'autres pays enfin, des enquêtes annuelles sur la production industrielle (Suède, Norvège, Finlande) font connaître en outre la nature et la puissance des moteurs employés dans les manufactures.

Ces statistiques ne comprennent naturellement que les catégories d'établissements visées dans les lois et règlements ; elles n'atteignent parfois que certaines catégories d'industries et les établissements d'une certaine importance. En supposant que les relevés soient tenus à jour avec soin, ils ne sauraient évidemment être comparés aux résultats généraux des recensements.

Pour rendre significative la comparaison des statistiques de forces motrices il importe, comme on voit, de posséder des indications précises sur l'étendue des enquêtes et sur le mode de récolement des matériaux (Voir tableau, page 457).

Le tableau ci-contre présente une évaluation de l'ensemble des forces motrices utilisées en divers pays. Dans la première partie sont groupés les résultats de recensements industriels généraux ; dans la seconde, les chiffres fournis par des recensements spéciaux des manufactures ; dans la troisième, des renseignements extraits de statistiques administratives.

D'ailleurs, les puissances motrices utilisées dans les divers États ne peuvent être comparées qu'en tenant compte de l'importance relative de ces États. A cet effet, on a rappelé, pour chacun d'eux, la population active dans l'industrie, qui fournit ici une indication meilleure que la population totale ou même que la population active totale, l'emploi des moteurs étant surtout le fait de l'industrie.

Nous rappellerons que les chiffres ci-dessus, d'origines très diverses et de valeur très inégale, ne doivent être comparés qu'avec de très grandes précautions. Les comparaisons les plus significatives résultent du rapprochement des chiffres fournis par les recensements généraux. Nous nous bornerons ici à la constatation suivante : en France (1906), pour une population active industrielle de 6.260.000 personnes, la puissance totale utilisée était de 3.550.000 chevaux-vapeur, soit 57 chevaux pour 100 personnes. En Allemagne, un an plus tard (1907), on a recensé 10.850.000 personnes actives et 8.264.000 chevaux-vapeur, soit 76 chevaux pour 100 personnes.

Michel HUBER.

Tableau :

Évaluation de l'ensemble des forces motrices utilisées en divers pays

ANNÉES	PAYS	POPULATION ACTIVE de l'industrie y compris les mines (en milliers)	PUISSANCE EN MILLIERS DE CHEVAUX-VAPEUR					Chemins de fer et tramways (locomotives, etc.)	Bateaux à vapeur (sauf la marine de guerre)
			MOTEURS DES EXPLOITATIONS INDUSTRIELLES MINÉRIÈRES, AGRICOLES, COMMERCIALES, ETC.				Ensemble		
			Moteurs à vapeur	Moteurs à eau	Autres moteurs (sauf moteurs électriques)				
A) D'après les recensements industriels généraux (sauf pour les chemins de fer et bateaux)									
1897	Danemark (1)	275	47	»	5	52	17	»	
1907	—	317	112	»	19	131	»	»	
1902	Autriche (2)	3.306	1.170	439	31	1.640	»	»	
1905	Suisse (3)	730	»	»	»	516	»	»	
1895	Empire allemand (4)	8.000	2.720	630	77	3.427	7.290	1.000	
1907	—	10.853	6.715	869	680	8.264	»	»	
1896	Belgique (5)	1.102	»	»	»	628	575	55	
1901	—	»	683	»	»	»	791	133	
1906	—	»	872	»	»	»	1.011	181	
1901	France (6)	6.086	1.761	524	»	2.285	6.207	973	
1906	—	6.260	2.605	773	173	3.551	7.192	1.203	
B) D'après les recensements des manufactures et des mines									
1905	États-Unis (7)	7.000	19.440	2.000	800	22.240	28.060	2.610	
1906	Nouvelle-Zélande (8)	60	»	»	»	75	»	»	
C) D'après les statistiques administratives (manufactures et fabriques)									
Ouvriers									
1905	Norvège (9)	135	79	225	4	308	47	343	
1896	Suède (10)	230	104	189	3	296	531	268	
1905	—	335	282	398	55	736	»	»	
1907	Finlande (11)	135	70	90	1	161	»	»	
1901	Suisse (12)	243	84	186	14	284	353	25	
1904	Pays-Bas (13)	»	331	»	»	»	384	347	
1905	Luxembourg (14)	»	92	3	5	100	105	»	
1899	Italie (15)	»	390	336	16	742	1.121	326	
1903	—	1.412	615	490	46	1.151	1.495	345	
1907	Confédération d'Australie (16)	250	180	»	17	»	»	»	
1895	Japon (17)	435	57	3	»	60	»	»	
1907	—	643	237	25	9	281	»	»	

(1) Danemark. — Recensements des industries et métiers. Locomotives seulement (avant-dernière colonne). Moteurs électriques, 5.000 chevaux en 1907.

(2) Autriche. — Recensement des entreprises industrielles et commerciales. Moteurs électriques, 152.000 chevaux.

(3) Suisse. — Recensement des entreprises agricoles, industrielles et commerciales. Moteurs électriques compris.

(4) Empire allemand. — Recensement des entreprises industrielles et commerciales. Locomotives seulement (avant-dernière colonne). Moteurs électriques, 1.545.000 kilowatts en 1907.

(5) Belgique. — Recensement des industries et métiers en 1896. Moteurs électriques compris en 1896. Machines à vapeur, chemins de fer et bateaux, d'après la statistique de l'industrie minière.

(6) France. — Recensements généraux en 1901 et 1906. Chemins de fer et bateaux, d'après la statistique de l'industrie minière. La puissance recensée pour les autres moteurs est inférieure à la réalité.

(7) États-Unis. — Recensement des manufactures, 1905 ; des mines et des carrières, 1902. Locomotives seules (avant-dernière colonne).

(8) Nouvelle-Zélande. — Recensement des manufactures et mines en 1906.

(9) Norvège. — Statistique de l'Office des assurances ouvrières (y compris les mines). Moteurs électriques, 24.000 chevaux. Locomotives et bateaux en 1901.

(10) Suède. — Statistique industrielle. Moteurs électriques, 7.000 chevaux en 1896, 115.000 chevaux en 1907. Locomotives en 1899. Bateaux en 1904.

(11) Finlande. — Statistique industrielle. Moteurs électriques, 3.000 chevaux.

(12) Suisse. — Statistique de l'inspection des fabriques. Moteurs électriques, 37.000 chevaux. Locomotives en 1899. Bateaux en 1898.

(13) Pays-Bas. — Chaudières à vapeur.

(14) Luxembourg. — D'après l'Office du travail de Luxembourg. Moteurs électriques, 16.000 chevaux.

(15) Italie. — Statistique des forces motrices. Il s'agit de chaudières à vapeur, la puissance des moteurs est sensiblement plus faible.

(16) Confédération d'Australie. — Manufactures seulement. Moteurs électriques, 25.000 chevaux.

(17) Japon. — Manufactures seulement. Moteurs électriques, 50.000 chevaux environ.