

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

CHARLES BARRAT

Les forces hydrauliques de la France et la houille verte

Journal de la société statistique de Paris, tome 48 (1907), p. 273-297

<http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1907__48__273_0>

© Société de statistique de Paris, 1907, 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/>

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ DE STATISTIQUE DE PARIS

N° 9. — SEPTEMBRE 1907

I

LES FORCES HYDRAULIQUES DE LA FRANCE ET LA HOUILLE VERTE (¹)

La transformation de l'énergie hydraulique en énergie électrique, en provoquant l'installation de puissantes usines de distribution d'électricité, a attiré l'attention sur les ressources hydrauliques que renferme la France et contribué dans une certaine mesure à arrêter l'abandon des moteurs hydrauliques pour les moteurs à vapeur. Il est dès lors intéressant d'examiner, au point de vue statistique, comment se répartissent les moteurs hydrauliques en France au commencement du vingtième siècle, leur importance, les industries principales qui les utilisent.

Nous emprunterons les renseignements nécessaires à cette étude aux documents mis à notre disposition par les rapports publiés par les services du recensement, à la Direction du travail, sur la répartition des forces motrices à vapeur et hydrauliques en France en 1899 (²), rapports que vient de compléter tout récemment un atlas de cartogrammes (³).

Nous examinerons ensuite, plus particulièrement, la situation dans certains départements de l'Ouest de la France, en nous servant des nombreux et intéressants documents contenus dans une récente enquête entreprise par M. Henri Bresson, et qu'il a fait paraître sous le titre : *La Houille verte, mise en valeur des moyennes et basses chutes d'eau* (⁴).

Pour répondre immédiatement à une question que doit faire naître chez beaucoup de personnes cette dénomination un peu nouvelle de « houille verte », disons que M. Bresson a entendu désigner par là la force hydraulique développée par les cours d'eau issus des hauteurs couvertes de forêts ou de prairies, par opposition

(¹) Communication lue dans la séance du 15 mai 1907. Voir numéro de juin, page 174.

(²) *Répartition des forces motrices à vapeur et hydrauliques en 1899*. Tomes I et II. Ministère du commerce et de l'industrie. Imprimerie nationale, 1900 et 1901.

(³) *Album graphique de la statistique générale de la France*. Direction du travail. Services du recensement. Ministère du travail et de la prévoyance sociale. Paris, 1907.

(⁴) *La Houille verte, mise en valeur des moyennes et basses chutes d'eau en France*, par Henri BRESSON. Dunod et Pinat, éditeurs. Paris, 1906.

à la force hydraulique des cours d'eau provenant de la fonte des glaciers de nos montagnes et dénommée pour cela *houille blanche* par M. Bergès, qui en fit les premiers emplois importants.

M. Bresson, dans son étude des ressources hydrauliques disponibles dans certains départements, a eu parmi nous un précurseur, M. Cheysson, un des anciens présidents de notre Société. Vers 1860, M. Cheysson a collaboré à une enquête relative soit à l'état d'aménagement des cours d'eau, soit à leur utilisation. En 1875, il avait commencé au Ministère des travaux publics la publication des résultats de cette enquête. Un certain nombre de volumes grand in-8 ont paru sous le titre : *La Statistique des cours d'eau et irrigations*, concernant les départements suivants :

La Nièvre . . . 1 volume L'Ariège . . . 1 volume La Haute-Garonne . 1 volume

Le Ministère des travaux publics n'a malheureusement pas continué la publication de ces documents, qui constituent les premiers renseignements sur la topographie et les disponibilités de nos forces hydrauliques, tant en houille blanche qu'en houille verte.

I

On sait quelles transformations, certains disent quelles révolutions, ont été apportées dans l'industrie par l'emploi des moteurs à vapeur; les moteurs hydrauliques mis, il est vrai, au service de l'énergie électrique, transportée et distribuée à des distances souvent considérables des points où elle a été produite, ont déjà permis d'appliquer, dans un certain nombre de fabrications, d'heureuses modifications; on en espère de plus grandes encore.

On fait encore remarquer qu'une mise en valeur plus complète de nos richesses hydrauliques présenterait d'autres avantages qu'il est intéressant d'indiquer ici.

Nos ressources en charbon, en houille noire, sont limitées en France; elles sont de beaucoup inférieures à nos besoins. Au contraire, une plus rationnelle utilisation de nos richesses hydrauliques provenant de la houille blanche ou verte permettrait, suivant les appréciations des ingénieurs chargés d'en dresser l'inventaire, de satisfaire à toutes les demandes de notre industrie.

Depuis une trentaine d'années principalement, la différence entre notre consommation et notre production de houille a été en augmentant, malgré les progrès très sensibles faits par nos exploitations minières. Pendant la période quinquennale de 1873-1877, notre consommation annuelle a été de 23,8 millions de tonnes et notre production de 17,1 millions de tonnes seulement, soit une différence de 6,7 millions de tonnes pour laquelle on a dû recourir à l'importation. Pendant cette période, la puissance en chevaux-vapeur des machines utilisées en France (non compris les locomotives et les machines des bateaux à vapeur) était estimée à 410 000 chevaux.

Trente ans après, pour répondre au développement de la consommation, pendant la période 1903-1904, notre consommation annuelle s'est élevée à 46,5 millions de tonnes de houille, notre production à seulement 34,5 millions de tonnes, soit une différence de 12 millions de tonnes que nous avons tirée de l'importation; d'autre part, grâce aux progrès réalisés dans les moteurs à vapeur, la puissance totale de nos machines a atteint 2,14 millions de chevaux-vapeur. Ainsi, en trente ans, l'importation a presque doublé, mais la puissance en chevaux-vapeur a quintuplé.

On peut suivre les progrès de la consommation et de la production de houille et

ceux de la puissance des machines à vapeur dans le tableau suivant, dressé par périodes quinquennales.

Consommation de houille, production des combustibles minéraux et puissance des machines à vapeur (¹)

Moyennes quinquennales

Périodes	Consommation	Production	Puissance
	de houille	des combustibles	des machines à vapeur (²)
	millions de tonnes		millions de chevaux
1873-1877	23,8	17,1	0,41
1878-1882	27,2	18,8	0,55
1883-1887	29,8	20,4	0,70
1888-1892	34,2	25,0	0,87
1893-1897	37,4	28,2	1,17
1898-1902	43,9	32,2	1,76
1903-1904	46,5	34,5	2,14

On voit que, pour les quantités de charbon que nous demandons à l'étranger, dont partie sert pour alimenter nos machines à vapeur, nous payons une assez lourde contribution; aussi, M. Paul Lévy-Salvador, chef adjoint du service technique de la Direction de l'hydraulique agricole au Ministère de l'agriculture, a pu, dans son étude sur l'*Énergie hydro-électrique*, prétendre, avec quelque raison, que nous versions annuellement environ 200 millions de francs à l'étranger, mais que nous pourrions réduire considérablement cette contribution par une meilleure utilisation de nos forces hydrauliques, houille blanche et houille verte.

Une estimation des avantages qui en résulteraient est possible grâce aux travaux entrepris par MM. R. Tavernier et B. de la Brosse, ingénieurs en chef des ponts et chaussées, chargés par le Ministère de l'agriculture « de procéder à l'étude des questions se rapportant à l'estimation des grandes forces hydrauliques en pays de montagne, et à l'utilisation de l'énergie produite par l'aménagement des cours d'eau ou de l'eau elle-même ».

Ces messieurs ont évalué à 1 million au minimum (³) la puissance en chevaux-vapeur que nous réserve, à l'étiage, la houille blanche dans les quatre départements où elle domine, il est vrai : Haute-Savoie, Savoie, Isère, Hautes-Alpes, départements représentant 4,50 % de la superficie totale de la France.

En procédant par comparaison avec les autres centres de la France, M. de la Brosse en conclut que la puissance hydraulique pour la France continentale est, à l'étiage, de 4 millions et demi de chevaux. Il ajoute que cette énergie hydraulique ne doit pas être considérée seulement à l'étiage, c'est-à-dire à l'époque des plus basses eaux :

« La richesse hydraulique d'un pays ne se mesure pas seulement à son minimum d'étiage, et de nombreuses applications industrielles nous apprennent que l'on peut utilement profiter des eaux surabondantes des saisons favorables, représentées tout au moins par le régime moyen. C'est donc à 9 ou 10 millions de chevaux qu'il faut

(¹) D'après l'*Annuaire statistique. Statistique générale de la France* (Ministère du travail).

(²) Non compris les locomotives et bateaux.

(³) *Annales de la Direction de l'hydraulique et des améliorations agricoles. Ministère de l'agriculture*. Fascicule 30. Imprimerie nationale, 1904, p. 234.

évaluer la richesse hydraulique efficace de notre territoire. Or, c'est précisément la puissance totale nominale des machines à vapeur donnée par l'une des dernières statistiques officielles de l'industrie minérale...

Établissements industriels et agricoles.	1 900 000 chevaux.
Chemins de fer et tramways.	6 200 000 —
Batellerie et navigation fluviale.	80 000 —
	<hr/>
	8 180 000 chevaux.

« Ainsi, ajoute M. de la Brosse, la puissance hydraulique de nos cours d'eau ne serait pas moindre que celle de tout notre outillage à vapeur. En réalité, elle peut satisfaire un ensemble de besoins bien supérieurs, parce que l'utilisation en est beaucoup plus complète que dans le temps. Si, d'autre part, on considère que beaucoup d'appareils à vapeur ont une marche discontinue, on trouve que l'avantage reste aux moteurs hydrauliques, capables d'assurer un service de vingt-quatre heures par jour. »

Avant d'examiner l'état de concentration ou de dispersion des moteurs hydrauliques suivant les régions et suivant les industries, — très rapidement, afin de ne pas étendre hors de proportion les cadres de cette étude, — voyons comment se comportent ces mêmes phénomènes avec les moteurs à vapeur. Nous aurons là un élément de comparaison qui nous permettra d'apprécier si le faible accroissement et, dans certaines régions, la décroissance du nombre des moteurs hydrauliques est due à une crise ou à une transformation survenue dans nos industries.

Pour les moteurs à vapeur, la statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur nous fournit de précieuses indications. Si on remonte seulement à des statistiques vieilles d'un demi-siècle, on voit que, en 1852, le nombre des machines à vapeur employées dans l'industrie était d'un peu plus de 6 000 représentant 76 000 chevaux répartis dans 6 500 établissements ; cinquante ans plus tard, en 1902, on a compté 76 800 machines à vapeur développant une puissance de près de 2 millions de chevaux-vapeur, répartis dans 58 700 établissements.

On voit ainsi que, dans l'espace de cinquante ans, la puissance moyenne par moteur, qui était de 12 chevaux et demi en 1852, s'est élevée à 26 chevaux en 1902, soit une augmentation d'un peu plus du double, et que, d'autre part, la puissance moyenne par établissement, qui était de 11 chevaux et demi en 1852, s'est élevée à 34,3 chevaux en 1902, soit une augmentation du triple. D'après les documents du service du recensement, en 1899, cette puissance par établissement a été de 30 chevaux en moyenne ; de plus, un quart des établissements ne disposaient pas de 5 chevaux-vapeur.

On peut suivre encore les progrès des moteurs à vapeur dans l'industrie d'après le tableau suivant qui donne en moyennes quinquennales, à partir de 1873, la puissance en chevaux des machines à vapeur (nombres absolus) et, d'autre part, cette puissance en rapport au nombre d'habitants. On tient compte ainsi de l'augmentation de la production nécessitée par l'accroissement du pouvoir de consommation :

Puissance des machines à vapeur (non compris les locomotives et bateaux)

Moyennes quinquennales

	1873 à 1877	1878 — 1882	1883 — 1887	1888 — 1892	1893 — 1897	1898 — 1902	1903 — 1904
Millions de chevaux.	0,41	0,55	0,70	0,87	1,17	1,76	2,14
Nombre de chevaux par 1 000 habitants.	11,1	14,6	18,4	22,6	30,4	45,2	54,7

On voit ainsi que la puissance en chevaux-vapeur a un peu plus que quintuplé entre 1873 et 1903-1904; cette puissance, rapportée à 1 000 habitants, a eu un accroissement un peu moins rapide : elle a un peu moins que quintuplé dans le même espace de temps.

Si maintenant on rapporte la puissance des machines à vapeur au nombre des personnes actives, c'est-à-dire au personnel qui est en situation d'utiliser l'énergie de ces moteurs, on voit que, d'après les documents publiés par les services du recensement (Direction du travail) au Ministère du travail en 1899 (¹), l'agriculture en utilisait une toute petite partie, 1,81 cheval-vapeur par 100 personnes de la population active ; les départements qui en comptaient le plus étaient l'Oise et la Seine, avec environ 7 chevaux-vapeur par 100 cultivateurs.

L'industrie en employait une bien plus grande quantité, 22 chevaux-vapeur et demi par 100 personnes actives de l'ensemble de la population active de la France, et les départements où leur emploi était particulièrement développé étaient la Meurthe-et-Moselle (76 chevaux-vapeur par 100 personnes actives), le Pas-de-Calais, la Saône-et-Loire, le Territoire de Belfort, les Vosges avec plus de 50 chevaux par 100 personnes actives ; puis le Nord et la Loire avec plus de 40 chevaux. Ce sont, comme on le sait, des départements dans lesquels l'industrie minière et métallurgique est très développée, sauf dans les Vosges où l'industrie dominante est l'industrie textile.

On compte ensuite la Seine-Inférieure, la Somme, les Ardennes, l'Allier, le Gard, l'Oise, avec plus de 30 chevaux-vapeur par 100 personnes actives ; puis l'Aisne, l'Eure, les Bouches-du-Rhône, l'Aveyron, la Loire-Inférieure, la Haute-Marne, la Haute-Saône, la Nièvre, les Landes avec plus de 20 chevaux par 100 personnes actives.

Les autres départements comptent moins de 20 chevaux-vapeur. Parmi ces derniers départements, sauf pour le département des Vosges, nous trouverons ceux qui, par une sorte de compensation, disposent des plus grandes ressources en forces hydrauliques.

En ce qui concerne les forces hydrauliques de la France pendant la deuxième moitié du dix-neuvième siècle, les renseignements statistiques sont moins précis que ceux relatifs aux moteurs à vapeur, sauf pour la dernière année du dix-neuvième siècle, l'année 1899, pendant laquelle il a été procédé, avec la même méthode, au recensement des forces hydrauliques et à celui des forces à vapeur. En ce qui concerne la période antérieure, signalons qu'une statistique dressée entre les années 1861 et 1865 (²) par le Ministère de l'agriculture et du commerce fait connaître le nombre des moulins à eau et leur puissance en chevaux-vapeur ; une autre, plus récente, reproduite dans l'*Annuaire statistique de la France* de 1892-1894, donne les mêmes renseignements pour l'année 1893-1894.

Mais les renseignements sont souvent incomplets ; ils s'appliquent bien au nombre et à l'importance des prises d'eau existant sur les rivières non navigables ; mais on a considéré non seulement les chutes d'eau aménagées et utilisées ; mais aussi celles de tous les barrages usiniers et celles appartenant à des usines abandonnées.

(¹) Ouvrage déjà cité, t. I, p. xiv.

(²) Voir *Documents statistiques de la France*, « Résultats généraux de l'enquête sur l'industrie », 1861-1865.

Aussi bornerons-nous notre étude rétrospective à celle de la période 1861-1865 qui, étant très éloignée de celle de 1899 que nous considérerons en dernier, peut encore présenter quelque intérêt par les modifications qu'on relève dans les utilisations des forces hydrauliques. En ce qui concerne cette période 1861-1865, un état récapitulatif dressé par département permet de voir que les départements qui comprenaient les forces hydrauliques les plus importantes n'étaient généralement pas ceux qui présentent les profils montagneux les plus accentués, ceux qui sont actuellement recherchés pour leurs hautes chutes d'eau. A cette époque, les turbines, qui permettent d'utiliser des chutes d'eau de plusieurs centaines de mètres, n'étaient pas encore employées; les roues des moulins ne dépassaient pas quelques mètres de diamètre. Une chute d'eau de plus grande hauteur ne trouvait donc pas son emploi.

La puissance moyenne par moulin dans les départements les plus favorisés ne dépassait pas 10 chevaux. Les départements qui possédaient la plus grande puissance en moteurs hydrauliques étaient l'Eure avec 10 000 chevaux, les Côtes-du-Nord, le Doubs, le Finistère, le Jura, les Vosges, qui avaient chacun plus de 8 000 chevaux, la Dordogne, la Haute-Garonne, la Manche, le Puy-de-Dôme et la Saône-et-Loire, réunissant chacun des forces hydrauliques variant de 5 000 à 8 000 chevaux; les autres départements en possédaient moins de 5 000; des départements comme l'Isère en avaient à peine 1 000, la Haute-Savoie 750, la Savoie 700, etc.

Les moulins étaient affectés principalement aux industries de l'alimentation, en particulier à la mouture du grain. Un état récapitulatif par groupe d'industries montre que, sur 52 000 moulins groupant 295 000 chevaux, 44 000 moulins avec 212 000 chevaux, soit 80 % des moulins et un peu moins des trois quarts de la force hydraulique, étaient consacrés aux industries de l'alimentation.

Examinons, maintenant, comment se répartissaient, en 1899, les chutes d'eau aménagées, c'est-à-dire celles qui sont utilisées et non plus celles qui sont plus ou moins éventuellement utilisables.

D'après le recensement des forces hydrauliques en 1899, on a compté environ 49 000 chutes d'eau sur les cours d'eau non navigables, 1 600 seulement sur les canaux et rivières navigables.

Le nombre total des établissements pourvus de moteurs hydrauliques, quels que soient les cours d'eau sur lesquels ils sont situés, a atteint à peu près le chiffre de 48 000, tandis que la puissance totale disponible a été de 575 000 chevaux-vapeur. Chaque établissement disposait en moyenne de 12 chevaux de force hydraulique. Rappelons qu'on trouvait pour les moteurs à vapeur une puissance moyenne de 30 chevaux.

Si on ne considère que les chutes d'eau sur les rivières non navigables, soit 49 000 chutes d'eau, le nombre des établissements auxquels elles ont été rattachées n'est que d'environ 46 000, un même propriétaire possédant parfois plusieurs chutes d'eau; la puissance totale de ces usines hydrauliques placées sur les rivières non navigables a été évaluée à 489 000 chevaux, soit en moyenne 10 chevaux par établissement. On voit ainsi que le plus grand nombre d'établissements et la plus grande puissance totale en chevaux-vapeur se trouvent dans le groupe des chutes d'eau sur les rivières non navigables. Suivant l'importance des forces hydrauliques dont ils disposent, les établissements se répartissent ainsi : dans l'ensemble des établissements dont les chutes sont situées sur des cours d'eau non navigables, les établissements de moins de 11 chevaux comptent pour près des trois

quarts; si on ne considère que les établissements de moins de 6 chevaux, ceux-ci comptent pour près de moitié.

Dans l'ensemble des établissements dont les chutes sont situées sur des canaux ou rivières navigables, ceux d'une force de 10 chevaux au plus comptent pour un peu plus du quart, les établissements de plus de 10 chevaux pour les trois quarts. On voit ainsi que, si on ne considère que la répartition des établissements selon leur puissance, les petits établissements sont en plus grande proportion sur les rivières non navigables que sur les canaux et rivières navigables.

Le tableau suivant permet de voir comment se répartissent les établissements suivant la puissance de leurs moteurs hydrauliques.

Établissements	Pour 1 000 établissements situés	
	sur des rivières non navigables	sur des canaux ou des rivières navigables
De 4 chevaux au plus	464,8	66,2
De 5 à 10 chevaux	323,7	210,4
De 11 à 20 —	131,7	216,2
De 21 à 50 —	62,8	264,1
De 51 à 100 —	11,5	131,0
De 101 à 200 —	3,7	66,2
De 201 à 500 —	1,2	38,0
De 501 à 1 000 —	0,2	4,6
De plus de 1 000 chevaux	0,4	3,3
	1 000,0	1 000,0

D'autre part, la force totale des 488 900 chevaux des chutes d'eau sur les rivières non navigables et la force des 86 000 chevaux sur les canaux et les rivières navigables se distribuent de la manière suivante entre les établissements, suivant les diverses catégories d'importance :

Établissements	Pour 1 000 chevaux dans des établissements situés	
	sur des rivières non navigables	sur des canaux ou des rivières navigables
De 10 chevaux au plus	331,6	32,4
De 11 à 50 chevaux	366,4	214,1
De 51 à 200 —	124,7	340,7
De 201 à 1 000 —	52,3	270,6
De plus de 1 000 chevaux	125,0	142,2
	1 000,0	1 000,0

Ainsi, en ce qui concerne la répartition de la force motrice totale entre les établissements, les établissements ayant leurs chutes placées sur des rivières non navigables et disposant d'une force de 10 chevaux au plus absorbent un tiers de la puissance totale; ceux d'une force de 50 chevaux au plus, un peu plus des deux tiers de la puissance totale; cependant, les établissements d'une puissance de plus de 1 000 chevaux absorbent un peu plus de 12 % de la puissance totale. On sait que déjà en 1899, de puissantes chutes d'eau étaient aménagées dans certains départements à houille blanche, dans l'Isère notamment. Les établissements aux chutes d'eau situées sur des canaux ou rivières navigables, d'une puissance de 50 chevaux au plus, n'absorbent qu'un peu plus du cinquième de la puissance totale, ceux de

plus de 200 chevaux représentent un peu plus des quatre dixièmes de la puissance totale.

Ces résultats ne sont pas pour nous surprendre ; sur les rivières non navigables de faible importance, celles à faible débit principalement, l'aménagement des chutes d'eau a présenté de grandes commodités, ce qui en explique la fréquence ; cet aménagement a été fait il y a longtemps ; l'entretien est relativement peu coûteux ; ces petites chutes d'eau sont pour la plupart utilisées par des industries qui cherchent l'écoulement de leurs produits dans la région toute voisine ; ces conditions sont généralement plus favorables que celles des chutes d'eau d'une certaine puissance, celles de plus de 10 chevaux que l'on rencontre les plus fréquentes sur les canaux ou sur les rivières navigables. Les frais que nécessite l'installation de pareilles usines expliquent que l'on n'y recourt que pour des chutes d'une certaine puissance.

D'autre part, l'aménagement de quelques chutes d'eau d'une grande puissance — certaines dépassent 15 000 chevaux, — permet de comprendre comment une part importante de la puissance totale en chevaux-vapeur est absorbée par des établissements de plus de 200 chevaux ($4/10$ sur les canaux et rivières navigables et $2/10$ sur les rivières non navigables).

Au point de vue de la répartition de la puissance totale des chevaux-vapeur, on voit que la plus grande partie appartient aux industries de l'alimentation — pour les deux tiers aux moulins à blé ou à huile et industries annexes, pour un peu moins de 9 % aux scieries de bois, pour un peu plus de 5 % aux distributions d'électricité.

Le tableau ci-dessous résume ces divers renseignements :

Industries	Nombre d'établissements	Puissance en chevaux-vapeur
Moulins à blé ou à huile et industries annexes	34 625	248 244
Scieries de bois	3 825	32 470
Produits chimiques non spécialement désignés	26	30 998
Fabrication de papiers ou cartons	380	28 765
Distribution d'électricité	313	20 214
Fabrication de l'alun ou de l'aluminium.	2	13 300
	39 171	873 991

Il ne faut pas oublier que ces renseignements sont relatifs à l'année 1899. Il est certain qu'actuellement, la répartition par industrie donnerait une part plus élevée à la distribution de l'énergie électrique ; pour ne prendre que la région normande, qui sera étudiée plus loin, sur 74 usines dont les moteurs hydrauliques servent à la production de l'énergie électrique relevée en 1904, près de 45 % sont postérieurs à 1899.

Si, maintenant, on examine la répartition par département des usines hydrauliques placées sur des rivières non navigables, on voit que tous les départements en possèdent. Ceux qui, en 1899, comptaient le plus d'établissements de ce genre étaient le Puy-de-Dôme, le Finistère, les Basses-Pyrénées, les Côtes-du-Nord, l'Isère, la Haute-Loire, les Vosges et la Dordogne ; dans chacun d'eux, on avait relevé plus de 1 000 établissements (1 500 dans le Puy-de-Dôme et 1 050 dans la Dordogne) ; 5 autres départements : Ardèche, Aveyron, Loire, Savoie, Haute-Savoie comptaient de 900 à 1 000 établissements ; 8 autres départements suivaient ensuite avec un nombre d'usines hydrauliques compris entre 700 et 900 (Ariège, Cantal, Creuse, Jura, Lot,

Morbihan, Saône-et-Loire, Tarn; les autres départements avaient un nombre d'usines hydrauliques inférieur à 700.

Mais, si l'on considère la répartition de la puissance des usines hydrauliques par département, le classement des départements n'est plus le même; on trouvait l'Isère avec 37 000 chevaux, la Savoie avec 31 000, les Basses-Pyrénées avec 22 000, la Haute-Savoie avec 20 000, les Hautes-Pyrénées avec 17 000, les Vosges 13 000, le Doubs 11 000.

Les chutes d'eau installées sur des canaux ou des rivières navigables n'ont été trouvées en 1899 que dans 68 départements. Un seul département, celui de la Haute-Garonne, renfermait plus de 100 établissements utilisant les forces de cours d'eau navigables; ces établissements disposaient au total de près de 8 000 chevaux. Le département qui, après la Haute-Garonne, présentait la plus grande puissance en moteurs hydrauliques aménagés sur des cours d'eau navigables, était le Jura, avec près de 6 000 chevaux.

Sur les rivières et canaux navigables, on a rencontré des établissements d'une très grande puissance; dans le Rhône un établissement disposait d'une force de 5 000 chevaux qu'il utilisait pour la production et la distribution de l'énergie électrique.

On peut essayer aussi d'évaluer les ressources que nous fournissait, en 1899, la houille blanche seule au moyen des chutes aménagées, en empruntant les renseignements aux statistiques publiées par le service du recensement et en classant comme provenant de la houille blanche toutes les chutes d'eau aménagées sur les cours d'eau non navigables des départements du Doubs, du Jura, de la Haute-Savoie, de la Savoie, de l'Isère, des Hautes-Alpes, des Basses-Alpes, des Alpes-Maritimes, des Pyrénées-Orientales, de l'Ariège, des Basses-Pyrénées, des Hautes-Pyrénées et de la Haute-Garonne; les cours d'eau non navigables pouvant, par cette classification un peu arbitraire, il est vrai, mais se rapprochant assez de la réalité, être considérés comme formés par la fonte des neiges et des glaciers qui dominent dans ces 13 départements. On a relevé ainsi dans ces 13 départements 8 400 établissements possédant ensemble une puissance en moteurs hydrauliques de 170 000 chevaux; ce qui représente, pour les établissements et les moteurs établis dans l'ensemble de la France sur les rivières non navigables, 18 % des établissements et un peu plus du tiers de la puissance hydraulique. D'autre part, tandis que dans l'ensemble de la France la force hydraulique est de 10 chevaux en moyenne par établissement, elle s'élève à 21 dans l'ensemble des 13 départements considérés. Il est à remarquer, par contre, que dans ces 13 départements, l'emploi des moteurs à vapeur s'est peu développé; en 1899, la puissance moyenne des moteurs à vapeur par établissement était de 13 chevaux seulement, la puissance moyenne par établissement (France entière) étant de 30 chevaux.

Bien qu'il soit assez délicat de faire une comparaison sur des renseignements statistiques qui n'ont pas été recueillis avec les mêmes méthodes, il est intéressant de rapprocher quelques-uns des renseignements mentionnés précédemment sur la puissance en chevaux des moteurs hydrauliques de ceux que nous possédons sur les moteurs à vapeur. Pendant la période des années 1861 à 1865, la puissance en chevaux-vapeur de ces deux genres de moteurs semble avoir été à peu près égale, plutôt même avec une supériorité en faveur des moteurs hydrauliques (250 000 chevaux-vapeur pour les moteurs à vapeur et 300 000 chevaux pour les moulins à eau); mais nous avons vu que plus tard, dans l'année 1899, la puissance des moteurs à vapeur

est passée à 1 400 000 chevaux et celle des moteurs hydrauliques à 500 000 chevaux seulement. On peut s'expliquer cette différence dans le développement des deux genres de moteurs, en rappelant que pour les moteurs à vapeur, les industries des mines, des textiles, de la métallurgie du fer, de l'acier et des métaux, absorbent moitié de la puissance totale et que ce sont précisément des industries dont la production en grande industrie a particulièrement augmenté dans la deuxième partie du dix-neuvième siècle. Pour les moteurs hydrauliques, on a vu que les moulins à blé, à huile ou industries annexes prennent les deux tiers de la puissance totale ; or, on sait qu'un grand nombre de petits moulins ont été arrêtés par suite de la concurrence des grandes minoteries disposant pour la plupart de moteurs à vapeur puissants, capables d'actionner les cylindres employés dans les nouveaux procédés de mouture. Par suite, on comprend que le progrès des moteurs hydrauliques soit si faible.

II

Nous avons vu précédemment que dans l'ensemble des 13 départements, ceux qui sont sillonnés par les cours d'eau issus des glaciers des Alpes, des Pyrénées et, pour cela, considérés comme départements à houille blanche, la puissance des forces hydrauliques aménagées était, en 1899, d'environ un tiers de la puissance totale des forces hydrauliques de la France établies sur des cours d'eau non navigables. On voit qu'il reste encore une part considérable pour les forces hydrauliques que M. Bresson range sous le nom de *houille verte*. Nous étudierons l'importance de ces cours d'eau dans les 7 départements suivants de la région normande : *Calvados, Eure, Eure-et-Loir, Manche, Mayenne, Orne, Sarthe*.

L'importance des forêts dans cette région justifie pleinement la dénomination de houille verte donnée aux cours d'eau qui en sont issus : l'Eure compte 113 600 hectares de forêts, la Sarthe près de 88 000, l'Orne 84 000, l'Eure-et-Loir 54 500, la Mayenne 28 300, le Calvados 28 200, la Manche 20 800.

Cette région ne comporte pas de chutes d'eau de grande hauteur et de grande puissance, comme on en rencontre dans les massifs montagneux de la houille blanche. Cette région, quoique assez accidentée, ne comporte pas de hauteurs dépassant 400 et quelques mètres ; le point le plus élevé, le mont des Avaloirs, a 417 mètres. Le signal de la forêt d'Écoutes a 413 mètres. Il est placé sur la ligne de partage des eaux dont le versant nord renvoie les eaux sur le bassin de la Seine et sur les côtes de la Manche, et dont le versant sud renvoie les eaux sur le bassin de la Loire.

Ainsi que le signalait M. J.-B. Pasquier, le professeur géographe bien connu (¹), « nous trouvons là un grand nombre de ruisseaux et de rivières ; on n'en compte pas moins de 5 840 dans les départements mentionnés plus haut. Quelles sources inépuisables de richesses ou de forces naturelles, qu'il importerait au plus vite de mettre en valeur !... »

« La Vire se développe sur 133 kilomètres, l'Eure sur 91, la Sarthe sur 342, le Loir sur 127, la Mayenne sur 242, l'Orne sur 182. »

D'après les résultats du recensement de 1899, les établissements possédant des chutes d'eau situées sur des cours d'eau, navigables ou non, sont les plus nombreux

(¹) *Économiste français* du 2 mars 1904.

dans la Sarthe (723 établissements), puis dans la Manche (677); ils sont les moins nombreux dans l'Eure-et-Loir (325 établissements). Mais la puissance de ces chutes est la plus élevée dans l'Eure (7 900 chevaux), avec 18,4 chevaux-vapeur par établissement; la Manche vient aussitôt après l'Eure, elle possède 6 400 chevaux-vapeur, mais seulement un peu plus de 9 chevaux par établissement, tandis que dans l'Orne, qui n'a, dans l'ensemble, que 4 600 chevaux, on en trouve 10,6 par établissement.

La puissance en chevaux-vapeur par établissement est beaucoup plus élevée quand on ne considère que les chutes d'eau sur les cours d'eau navigables. Ainsi la Sarthe, qui est la plus favorisée, compte 44,6 chevaux par établissement, la Mayenne 32,8, l'Eure 23,9, le Maine-et-Loire 21,5. Mais, ainsi qu'il est facile de le voir d'après le tableau ci-dessous, la grande majorité des établissements, quel que soit le département considéré, disposent de chutes de faible puissance, 10 chevaux au plus.

Par contre, une partie notable de la puissance en chevaux dans chaque département appartient à des établissements disposant chacun de plus de 10 chevaux. Ainsi, dans le département de l'Eure, qui est le plus favorisé, sur une puissance totale de 7 900 chevaux, 15 % de la puissance est réuni par des établissements disposant d'une force hydraulique de 10 chevaux au plus, moitié environ par des établissements de 11 à 50 chevaux, mais un peu plus du quart par des établissements de 51 à 200 chevaux; en outre, pour le reste, par un établissement disposant d'une force de 250 chevaux environ. Dans la Manche, également, moitié de la puissance en chevaux-vapeur est constituée par des établissements dans lesquels la force motrice est comprise entre 11 et 50 chevaux; il en est de même dans l'Orne, la Sarthe. Le département dans lequel la puissance totale en chevaux est la plus faible est l'Eure-et-Loir, avec un peu plus de 1 850 chevaux; mais un peu moins de moitié est constitué par des moteurs hydrauliques variant entre 11 et 200 chevaux.

Le tableau suivant résume ces renseignements pour l'année 1899 :

DÉPARTEMENTS	NOMBRE des établissements	FORCE TOTALE en chevaux-vapeur	FORCE par établissement	ÉTABLISSEMENTS OU LA FORCE DES MOTEURS EST EN CHEVAUX-VAPEUR											
				de 1 à 6	de 5 à 10	de 1 à 10	de 11 à 20	de 21 à 50	de 11 à 20	de 51 à 100	de 101 à 200	de 51 à 200	de 201 à 500	de 201 à 500	de 201 à 500
				FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE	FORCE TOTALE
Ensemble des cours d'eau navigables et non navigables															
Calvados . . .	431	3 577	8,3	178	182	1 729	98	26	1 363	7	"	185	*	*	*
Eure . . .	428	7 916	18,4	76	148	1 296	93	83	4 087	23	4	2 253	1	*	250
Eure-et-Loir .	325	1 868	5,7	202	84	1 087	37	7	638	1	1	203	*	*	*
Manche . . .	677	6 399	9,4	136	383	2 831	170	37	3 186	1	"	80	*	*	*
Mayenne . . .	389	2 671	6,5	276	62	1 076	35	9	836	4	3	759	"	*	*
Orne . . .	414	4 609	10,6	85	197	1 737	188	20	2 557	3	1	313	*	*	*
Sarthe . . .	723	5 605	7,7	558	49	894	22	72	2 810	17	5	1 901	*	*	*
Canaux et rivières navigables															
Calvados . . .	1	4	4,0	1	"	1	"	"	407	2	"	*	*	*	*
Eure . . .	24	575	28,9	1	7	53	3	11	407	2	"	115	*	*	*
Manche . . .	9	66	7,0	3	5	52	1	"	14	"	"	*	*	*	*
Mayenne . . .	37	1 215	32,8	"	5	40	20	7	551	2	3	624	*	*	*
Sarthe . . .	54	2 413	44,6	"	4	32	16	15	703	11	5	1 678	*	*	*

Examinons, maintenant, l'utilisation des chutes d'eau dans chacun des 7 départements déjà énumérés. Nous emprunterons nos renseignements, pour la plus grande partie, à MM. Pasquier et Rabot, les savants géographes bien connus, et à M. Henri

Bresson, tout particulièrement, qui a fait une enquête spéciale sur ce sujet, grâce aux facilités que lui a procurées M. Dabat, directeur au Ministère de l'agriculture; c'est à M. Bresson que nous devons les clichés des cartes des départements de l'Orne, de l'Eure, de la Sarthe et de la Mayenne, qui accompagnent cette étude (¹).

M. Henri Bresson fait très justement remarquer dans son livre sur la *Houille verte*, que, à la différence de la houille blanche, la houille verte arrive à donner le maximum de sa puissance à l'époque où les nuits sont les plus longues, pendant les mois d'hiver, pendant lesquels les services de la lumière électrique produite par les moteurs hydrauliques sont, par suite, les plus appréciables; son *creux de sécheresse* est, en été, période des nuits courtes. La houille blanche, au contraire, ne donne son maximum de puissance que lorsque les chaleurs du printemps et de l'été amènent la fonte des neiges et des glaces accumulées pendant les mois d'hiver.

L'irrégularité du débit des petits cours d'eau, ceux provenant de la houille verte principalement, présente de grands inconvénients sur lesquels il est inutile d'insister; le moindre est de donner une puissance trop faible, presque inutilisable; on y remédie par un barrage qui laisse accumuler l'eau dans un bassin de retenue; en se vidant, cette masse d'eau donne, pendant un certain temps, une force hydraulique d'autant plus considérable que la masse d'eau ainsi mise en réserve sera plus élevée.

Mais ces bassins de retenue, lorsqu'ils sont d'une certaine étendue, ont d'autres avantages, ils permettent de donner à la rivière un débit plus régulier; ils font l'office du volant de la machine à vapeur qui atténue les troubles qu'amèneraient ou l'augmentation ou la diminution brusque de la consommation ou de la production de la vapeur. Le plus important des bassins de ce genre construit dans un des départements normands, le département de l'Eure, est l'étang de la Trappe, régulateur des débits de l'Iton.

Dans les départements considérés, la plupart des usines hydrauliques sont encore consacrées aux industries de l'alimentation; — c'est ce qui avait été déjà constaté dans l'ensemble des départements de la France; — ce sont surtout des moulins à blé qui utilisent encore la force de ces cours d'eau, bien que la concurrence des grandes minoteries, avec cylindres et machines à vapeur, ait réduit leur importance et amène chaque année de nouveaux chômagés. Les industries textiles, principalement dans les départements de l'Eure et de l'Orne; les scieries de bois, ces dernières favorisées par le voisinage des forêts, ont conservé une certaine importance et possèdent la presque totalité de la puissance hydraulique qui n'est pas consacrée à l'industrie de l'alimentation.

Depuis une vingtaine d'années, mais plus particulièrement dans ces cinq à six dernières années, on a vu se développer les installations d'usines hydrauliques spécialisées parfois dans l'industrie électrique, mais, souvent aussi, consacrant à cette industrie une partie du temps, la nuit principalement, et, pour le reste du temps, exerçant une des industries habituelles de la région : minoterie, scierie, etc.

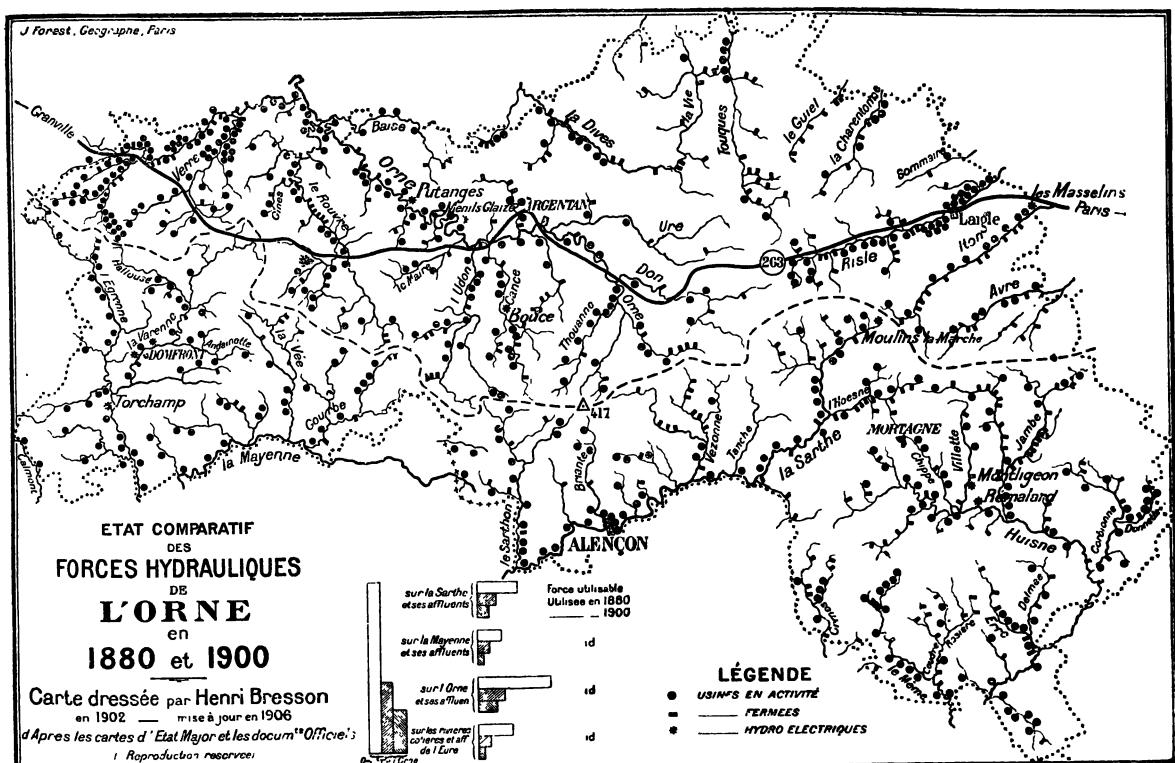
A la différence des usines hydrauliques placées dans les régions à profil montagneux accentué, qui, pour la plupart, empruntant leur force à la houille blanche, se servent presque exclusivement des turbines hydrauliques, parce que ces appareils présentent l'avantage d'utiliser très avantageusement des chutes d'eau de grande hauteur (jusqu'à quelques centaines de mètres), nous trouvons dans les usines

(¹) Voir pages 285 et suivantes.

hydrauliques de la région normande, région de houille verte, les appareils hydrauliques les plus variés ; sans doute, l'antique rouet, la roue horizontale, a disparu, mais on rencontre encore très fréquemment des roues ordinaires à palettes ou à augets, plus ou moins perfectionnées, les roues Sagebien, concurremment avec les turbines. Les roues à palettes ont, malgré leur rendement moins élevé que celui des turbines, conservé une certaine faveur ; d'abord parce que, utilisées depuis de longues années, elles jouissent d'une possession d'état et aussi parce qu'elles ne bourrent pas et ne doivent pas être souvent arrêtées pour procéder aux nettoyages, comme les turbines, quand, à la tombée des feuilles, à l'automne, l'eau charrie beaucoup de feuilles et de branchages dans les conduites des moteurs hydrauliques.

III

Parmi les départements de la région normande considérée, celui de l'*Orne* occupe une position à peu près centrale ; il est coupé par la ligne de partage des eaux dont il a été parlé précédemment ; le versant nord envoie ses eaux dans le bassin de la



Observation. — Les chutes d'eau aménagées sont marquées sur la carte ci-dessus par des points lorsque l'établissement auquel appartient la chute est en activité ; par un rectangle quand il est en chômage ; les chutes d'eau utilisées par des stations centrales produisant l'énergie électrique sont marquées par une étoile. *Cette observation s'applique également aux autres cartes insérées dans cette étude.*

Seine et dans la mer de la Manche, le versant sud dans le bassin de la Loire. « Ainsi que le fait remarquer M. J.-B. Pasquier (1), au sud les pentes sont relativement

⁽¹⁾ *Économiste français*, 2 mars 1903.

douces, fertiles, consacrées à la culture des céréales. Aussi les moulins y étaient-ils nombreux ; un grand nombre ont été abandonnés, mais pourraient être transformés en petites usines électriques, sans grands frais. Sur le versant nord, au contraire, les pentes sont plus brusques et les chutes meilleures. On remarque sur la Verre, près de Tinchebray, la chute la plus élevée du département, soit 12 mètres produisant 77 chevaux-vapeur utilisables. Sur cette pente se succèdent des centres industriels assez actifs : filatures, tréfileries, clouteries, fabriques d'épingles, etc., établies depuis longtemps et qui semblent avoir mieux résisté au grand courant qui tendait à rejeter vers les villes la population ouvrière. »

Le département possède 970 ruisseaux ou rivières. D'après M. Bresson, la puissance totale utilisable des chutes d'eau est de 10 000 chevaux ; en 1800, 3 500 chevaux étaient utilisés ; en 1900, 2 500 seulement. Ainsi à peine un quart de la puissance totale était employé.

Le tableau suivant présente la variation du nombre des chutes utilisées par les diverses industries aux époques considérées :

	1880	1900
Moulins à blé	630	342
Industries textiles	49	24
Papeteries	7	5
Scieries de bois	20	18
Moulins à tan	20	6
Traitement des métaux	43	32
Divers.	10	27
	779	454

Au point de vue de la répartition entre les diverses industries de la puissance des chevaux-vapeur, les industries de l'alimentation disposaient en 1899, d'après les renseignements publiés par le service du recensement, de la plus grande partie des chevaux, un peu plus des deux tiers ; le travail de l'acier et des métaux environ 8 %, les industries textiles environ 10 %, les industries du bois (scieries principalement) environ 5 %.

On comptait, en 1905, 28 usines produisant, grâce à leurs moteurs hydrauliques, l'énergie électrique nécessaire à leur éclairage en même temps que la force nécessaire à leur industrie ; parmi ces 28 usines on comptait 11 moulins à céréales et 12 filatures et tissages. En outre, 5 villes employaient la force hydraulique pour produire l'énergie électrique nécessaire à l'éclairage électrique tant public que chez les particuliers abonnés. A Domfront, depuis 1880, 3 fermes ou châteaux utilisent aussi la force hydraulique d'une chute voisine pour la production de l'énergie électrique nécessaire à fournir l'éclairage et aussi la force motrice nécessaire aux travaux domestiques ; ainsi à Torchamp, pour des scieries (15 chevaux), des batteuses (9 chevaux), un appareil frigorifique (8 chevaux) et même le moulin agricole (12 chevaux).

Aux Masselins, où M. Bresson a commencé son étude de la *Houille verte* en installant lui-même la distribution d'électricité qui lui était nécessaire, en plus d'une cinquantaine de lampes, l'énergie électrique est employée pour actionner une scie circulaire, un grugeoir et d'autres outils agricoles.

Parmi les applications de l'énergie électrique dans les villes, signalons qu'à Domfront, en plus de 78 lampes réverbères dans la ville et de 2 000 lampes chez les abonnés, un imprimeur possède un moteur électrique pour ses presses.

A Rémalard, une chute de 1^m 70 de hauteur et de 30 chevaux produit l'énergie électrique pour l'éclairage de Rémalard, distant de 2 kilomètres ; il y a là 1500 lampes en service (Rémalard compte 1 500 habitants). Mais, avant d'arriver à Rémalard, le courant est distribué à 2 fermes qui sont éclairées électriquement ; il sert aussi à actionner des aplatisseurs de grains, des grugeoirs, une pompe à éléver l'eau, etc.

A Beaucé, bourg de 900 habitants, à une scierie qui s'était montée récemment pour utiliser une chute d'eau abandonnée, a été adjointe depuis 1904 une entreprise d'éclairage électrique ; la lampe la plus éloignée est à 600 mètres ; parmi les utilisations originales, un boulanger, pour économiser la main-d'œuvre, fait actionner son pétrin mécanique par l'électricité.

Le département de l'Eure est arrosé par 142 cours d'eau, fleuve, rivières et ruisseaux. C'est un des départements les plus favorisés, tant au point de vue du nombre des établissements que de la puissance en forces hydrauliques ; l'industrie, qui est très développée, maintient l'activité dans les usines hydrauliques. Sur 18 000 chevaux utilisables dans l'ensemble des chutes d'eau du département, 1 100 doivent être comptés sur l'Eure dans la très courte partie comprise entre son embouchure dans la Seine et le point où, aux environs de Louviers, elle devient navigable. Remarquons aussi que le département de l'Eure bénéficie de rivières à gros débit, la Rille et l'Iton, dont nous avons étudié le cours supérieur dans le département de l'Orne.

En 1899, d'après les renseignements du service du recensement, les industries de l'alimentation possédaient moitié des établissements et un cinquième de la puissance en chevaux-vapeur, les industries textiles proprement dites un peu moins de 15 % des établissements et un peu moins de 40 % des chevaux-vapeur, l'industrie des bois et accessoires, fabriques de peignes, jouets, etc., un peu plus de 12 % des établissements et de 10 % des chevaux-vapeur.

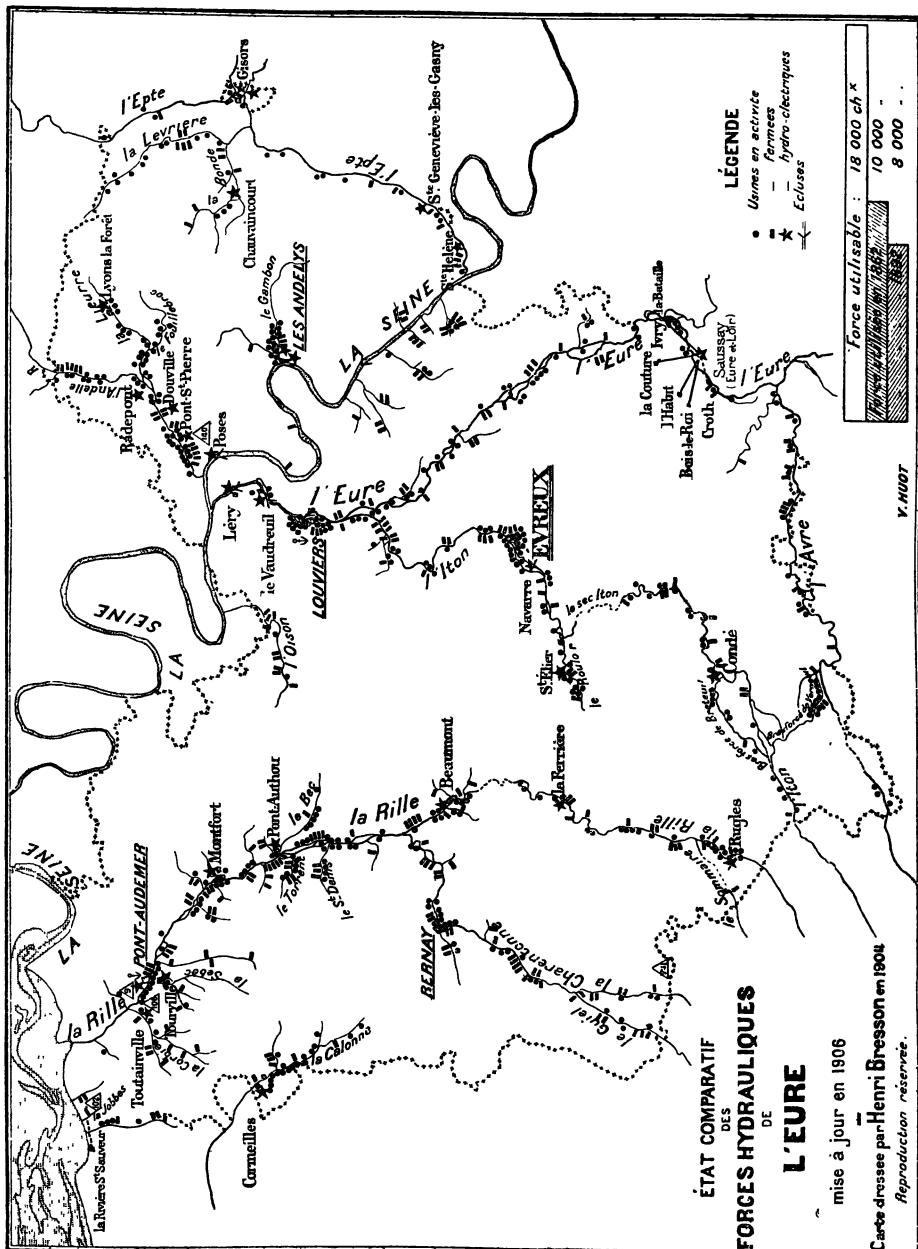
D'après les renseignements de M. Bresson, sur 18 000 chevaux utilisables dans les chutes d'eau aménagées, 10 000 étaient utilisés en 1862 et 8 000 en 1892.

Les usines hydrauliques, malgré la diminution constatée par M. Bresson, sont encore affectées, en 1904, pour la plupart à la minoterie et aux industries textiles, ainsi que l'indique le tableau suivant :

	1869	1892	1900
Moulins à blé	325	345	210
Industries textiles	175	160	80
Papeteries	14	13	6
Scieries de bois	19	35	23
Moulins à tan	28	18	10
Huileries	15	6	1
Traitement des métaux	50	67	43
Divers	43	85	65
Totaux	669	729	438

On a compté, en 1904, 97 usines hydrauliques produisant l'énergie électrique nécessaire pour leur éclairage en même temps que la force pour leur industrie, notamment 25 moulins à céréales, 18 filatures et tissages, 10 fabriques de drap, 5 fonderies et tréfileries, 4 fabriques de peignes, 3 scieries, 3 filatures de mèches, 3 papeteries, 3 fabriques de quincaillerie, 2 laiteries-beurreries, etc. En outre, 17 villes ont une installation d'éclairage et de force électrique avec moteurs hydrauliques : Montfort-sur-Risle, depuis 1883 ; Léry, depuis 1884 ; Cormeilles, depuis 1889 ; Le Vaudreuil, depuis 1892 ; Pont-Audemer, Beaumont-le-Roger, depuis 1893 ;

Rugles, depuis 1895 ; Les Andelys, Lyons-la-Forêt, Chauvaincourt, depuis 1897 ; Pont-Saint-Pierre et Tourville, depuis 1898 ; Douville, depuis 1902 ; Pont-Authou, depuis 1903 ; La Ferrière-sur-Risle, Sainte-Geneviève-lès-Gasny, Gisors, depuis 1905 ;



5 châteaux ou domaines particuliers ont utilisé les usines hydrauliques situées sur leur propriété pour produire l'énergie électrique nécessaire à leur consommation ; d'autre part, 5 petites usines produisent l'énergie électrique presque uniquement comme force motrice, telle par exemple celle du barrage de Poses, qui est employée pour la manœuvre des écluses.

En outre de l'éclairage électrique, tant public que chez les abonnés particuliers,

il est intéressant de signaler plusieurs applications particulières : à La Ferrière-sur-Risle, petite bourgade de 300 habitants, 2 tanneries, une beurrerie, une corderie et des meules à aiguiseur font actionner leurs machines par l'énergie électrique produite par la roue d'un ancien moulin (4 mètres de chute).

A Pont-Audemer, un meunier, chose remarquable, emprunte à la distribution publique d'énergie électrique les 8 chevaux qui lui sont nécessaires pour renforcer son moteur hydraulique trop faible ; 3 tanneries emploient 4 moteurs de 3 à 7 chevaux pour actionner diverses pompes ; un moteur est utilisé dans une cidrerie, des fabriques de colle, de chaux, d'agglomérés de ciment ; 3 imprimeurs, un charcutier, un café, un entrepreneur de transports (ce dernier pour le concassage de l'avoine pour ses chevaux) utilisent chacun un moteur. Au château de Tourville, un chute de 11 mètres sur la Sébec, obtenue grâce à une dérivation, fournit le courant alimentant 250 lampes au château et à ses dépendances, plus 2 moteurs électriques de 4 à 6 chevaux pour la laiterie, le coupe-racines, le hache-paille, etc., y compris une batterie d'accumulateurs.

A Saint-Élier, le propriétaire d'un simple moulin de 8 chevaux a eu l'idée de renforcer la puissance de son usine de celle d'un moulin situé à 480 mètres en aval du sien et produisant 7 chevaux ; l'installation, aussi simplifiée que possible, étant donné le peu d'espace dont on dispose, permet cependant de donner une grande régularité au travail des cylindres à blé du moulin (il y en a trois maintenant), et de fournir l'énergie pour 28 lampes électriques.

Aux Andelys, une tannerie distribue l'éclairage électrique (1 200 lampes en service) grâce à la puissance de deux petites chutes d'eau qu'un transport d'énergie électrique permet de combiner avec un service d'accumulateurs ; le jour, 8 chevaux sont employés par un menuisier, un coutelier, un charcutier ; des pompes élévatrices utilisent des moteurs plus ou moins puissants ; la nuit seulement, on doit avoir recours à une machine à vapeur de renfort.

A Chauvaincourt, existe une vraie utilisation agricole de la force hydraulique ; une chute, abandonnée pendant dix ans, permet maintenant, grâce à la mise en place du moteur hydraulique (une vieille roue) et d'une dynamo, de donner l'éclairage avec 30 lampes et d'actionner à une distance de 500 mètres des machines à battre, coupe-racines, aplatisseur de grains, grugeoir, etc.

A Saussay, usine hydraulique sur l'Eure, existe un moteur hydraulique de 75 chevaux renforcé de 3 moteurs à gaz pauvre de 100 chevaux chacun ; c'est une importante distribution d'énergie électrique qui actionne à Ivry-la-Bataille (à 6 kilomètres) 23 moteurs de petite industrie de 1 à 11 chevaux ; à La Couture-Boussey (à 5^{km} 500), 25 moteurs de 1 à 5 chevaux ; à L'Habit (4^{km} 500) 25 moteurs.

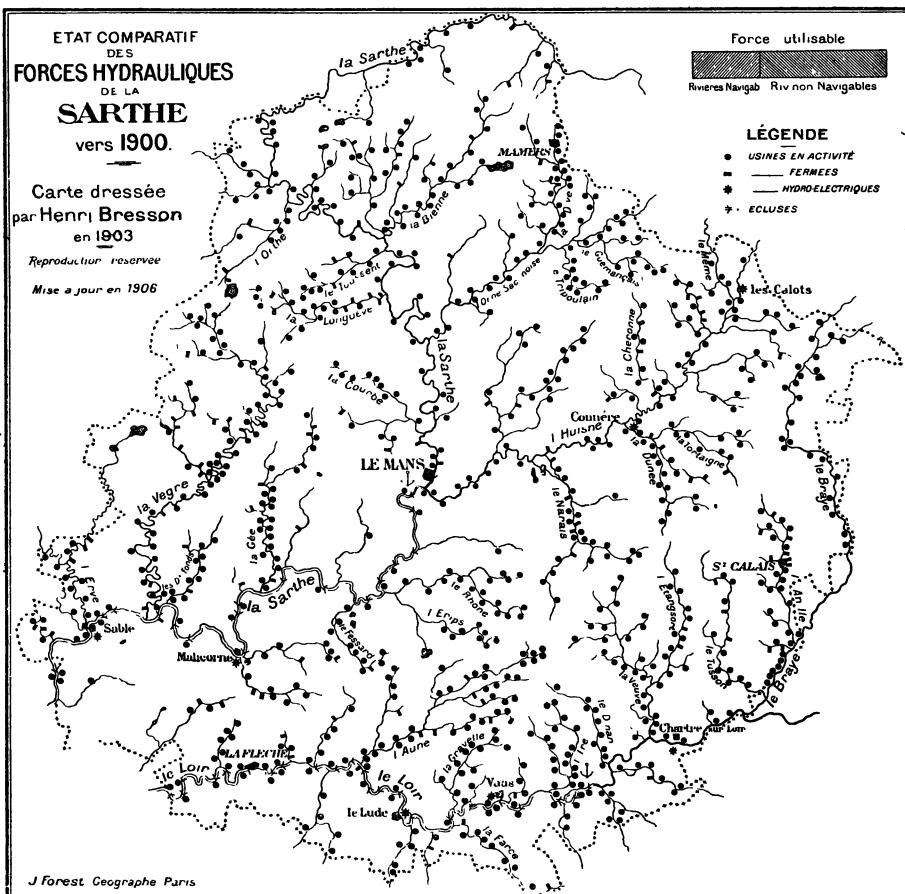
A Sainte-Geneviève-lès-Jasny, l'ancienne roue d'une usine située à 6 kilomètres en aval sur l'Eure produit depuis 1904, avec une chute de 1^m 30, du courant à 4 200 volts pour alimenter, après transformation, 500 lampes particulières, 4 moteurs tant industriels qu'agricoles (élévation d'eaux, outils de charron, batteuse, et divers instruments agricoles).

Dans le département de la Sarthe, sur 938 cours d'eau, 173 sont utilisés par les forces hydrauliques.

« La Sarthe donne, dit M. Pasquier (¹), à la sortie du département, un débit de

(¹) *Économiste français*, 2 mars 1903.

10 000 litres en moyenne à la seconde, le Loir 20 000. Sur la Sarthe (partie navigable), il y a 16 biefs utilisés, sur 19, par 21 établissements ; et sur le Loir (partie navigable), 22 sur 23, avec 35 établissements. Beaucoup plus favorisé que la Sarthe, grâce à son débit, le Loir attire une nombreuse clientèle et l'on y trouve quelquefois jusqu'à quatre industriels qui se partagent la force motrice d'un même barrage. La chute la plus élevée est à La Suze : 1^m 45 ; la plus faible (0^m42) donne cependant 28 chevaux-vapeur. Sur la Sarthe non navigable, on compte aujourd'hui 20 usines hydrauliques ayant entre 50 et 150 chevaux ; sur l'Huisne, 23 entre 70 et 160. »



En 1899, d'après les renseignements du service du recensement, 90 % des établissements et environ 70 % de la puissance totale des chevaux-vapeur appartenaient aux industries de l'alimentation ; les industries du papier, carton et caoutchouc, qui venaient ensuite comme les plus importantes, absorbaient un peu plus de 10 %. de la puissance totale des chevaux-vapeur et les industries du bois 6 %.

En 1903, 18 usines utilisaient la force hydraulique de leur chute pour la production du courant nécessaire à l'éclairage électrique de leurs ateliers ; parmi ces usines, on comptait 10 minoteries, 4 papeteries, 2 filatures et tissages.

En outre, il existait 5 stations centrales d'électricité distribuant du courant pour l'éclairage ou pour la force motrice. Parmi les applications les plus curieuses, il convient de citer celle du Lude, chef-lieu de canton de 3 700 habitants, qui pos-

sède 86 lampes de service public et 1 500 lampes chez les abonnés ; de plus, cette usine, montée en 1893, alimente 32 moteurs électriques faisant marcher notamment une scie à scier le bois en grume (18 chevaux) et une scie circulaire (12 chevaux) ; puis, chez un menuisier, 2 moteurs prenant 4 et 7 chevaux ; d'autres moteurs chez 2 mécaniciens, un charron, un tourneur sur bois, un coutelier, deux huiliers, un grainetier (un élévateur de fourrage automatique), une laiterie-beurrerie, un grand atelier de confection de vêtements, et jusqu'à une fabrique d'eau gazeuse. Signalons aussi que des bouchers et des charcutiers utilisent le courant en été pour actionner les ventilateurs du garde-manger où leur provision de viande est déposée et ainsi préservée d'une fermentation trop rapide, système de beaucoup préféré maintenant aux glacières. Nous trouvons encore des installations agricoles : à Malicorne (1 500 habitants), le moulin à céréales se transforme, la nuit venue, en usine distribuant l'électricité à 38 lampes de service public et 200 lampes d'abonnés ; à La Chartre-sur-le-Loir (1 600 habitants), c'est une filature qui, après 7 heures du soir, après le départ des ouvriers, utilise dans les mêmes conditions sa force hydraulique ; à Sablé, le concessionnaire de l'usine à gaz utilise toute la force de la chute d'eau d'un ancien moulin à blé pour l'éclairage électrique (17 lampes à arc et 140 lampes à 110 volts chez les abonnés) ; il utilise à l'occasion un moteur à gaz pour renforcer au besoin le moteur hydraulique. A Vaas, c'est un ancien moulin à tan qui fournit l'électricité à 150 lampes, dont 110 chez les abonnés ; enfin, la force du moulin de Calot, dans la commune de La Ferté-Bernard, est transportée et ajoutée, grâce à un transport électrique, à celle d'une usine voisine (900 mètres) ; la force transportée est d'environ 35 chevaux.

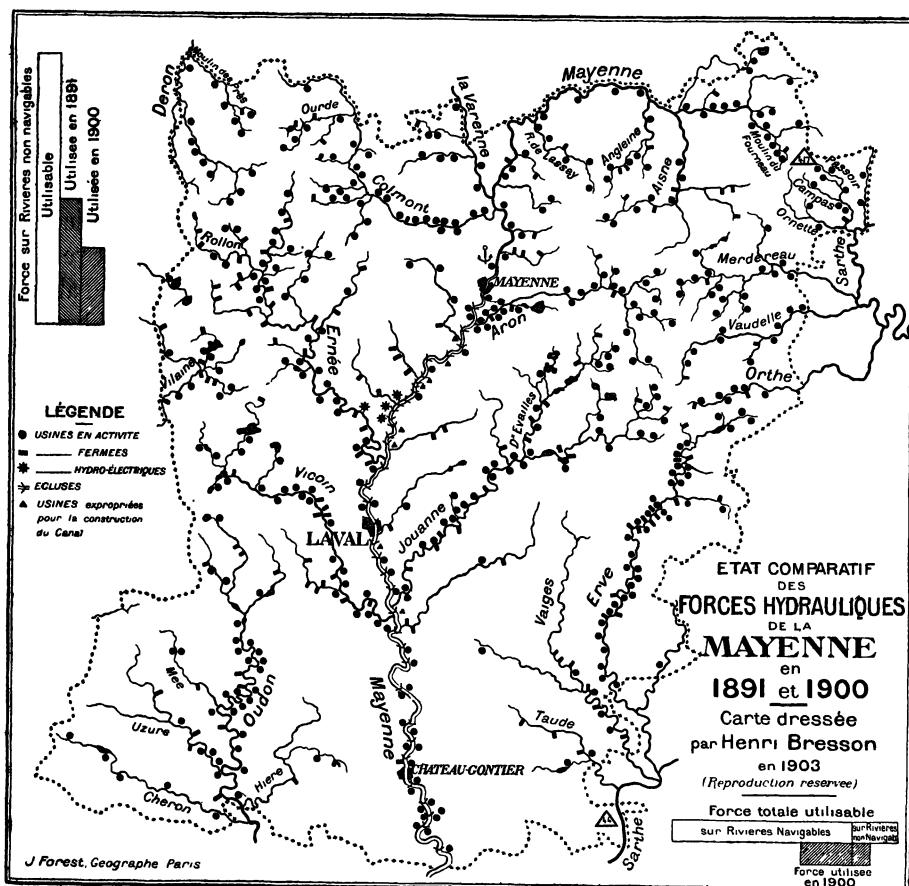
La Mayenne compte 1 496 cours d'eau, rivières ou ruisseaux. La puissance totale utilisable est évaluée à 18 500 chevaux par M. Pasquier. La plus grande partie de cette force (12 800 chevaux) est fournie par 38 chutes sur la Mayenne, qui est navigable sur presque toute son étendue dans ce département, depuis un peu en amont de la ville de Mayenne. La Mayenne est malheureusement, dans le nord, un cours d'eau capricieux qui en rend l'emploi difficile. Dans la partie sud du département, la Mayenne n'a plus que les allures d'une rivière de plaine à pentes trop faibles pour être utilisées par les usines. Les deux groupes de l'Ernée et de l'Oudon, ses affluents, ne sont guère mieux disposés.

D'après le relevé des forces existantes en 1899, dressé par le service du recensement, sur 390 établissements en activité et ayant une puissance totale de 2 700 chevaux, 37 établissements avec une puissance de 1 200 chevaux ont leur chute placée sur un cours d'eau navigable ; mais, quelle que soit l'origine de la force motrice, cours d'eau navigable ou non navigable, l'industrie de l'alimentation prend une part prépondérante, plus des trois quarts des établissements et de la force sur les rivières non navigables, et seulement moitié de la force totale sur les rivières navigables. Un établissement métallurgique avec fours électriques, un tissage d'amianté et un transport de force, tous trois placés sur la Mayenne, absorbent un tiers de la force totale des moteurs des rivières navigables.

M. Bresson, d'autre part, a relevé, en 1903, 21 établissements qui s'éclairent à l'électricité, grâce aux forces hydrauliques dont ils disposent ; un tiers de ces établissements sont des moulins à céréales.

Parmi les applications les plus intéressantes figurent les usines de Rochefort,

commune d'Andouillé, dont les trois chutes sur la Mayenne navigable sont espacées sur à peine 1 kilomètre ; le courant est utilisé principalement pour les fours électriques. Un autre four électrique fonctionne dans la commune du Bas-Coudray, grâce



à une chute d'eau placée sur la Vicoin, de 7^m 80 de hauteur, mais de faible débit. En outre, à Andouillé et à Gorron, deux moulins à blé assurent, la nuit venue, l'éclairage des localités voisines et fournissent, le premier 100 lampes de 16 bougies à 110 volts et le second 200 lampes.

Le *Calvados* comprend 1 374 cours d'eau (rivières et ruisseaux) ; mais six cours d'eau sont particulièrement importants : l'Orne, la Vire, la Touques, la Dives, la Seulles, l'Aure. Dans cette région ancienne, constituée par des terrains imperméables, les rivières ont un cours rapide, notamment la Vire, qui a presque les allures d'un torrent. D'après M. Bresson, on comptait, en 1863, 9 500 chevaux utilisables ; 3 600 étaient utilisés en 1863. C'est la même puissance qui est donnée par le service du recensement en 1899 ; cette force se répartissait, pour la moitié, entre les industries de l'alimentation ; entre les industries textiles (tissages et filatures), pour un peu plus du tiers ; entre les scieries de bois et les moulins à tan, pour environ un dixième. A cette époque, la production de l'énergie électrique, encore très peu développée, ne prenait que 4 % de l'ensemble des forces hydrauliques utilisées.

Le tableau suivant donne la répartition des établissements aux diverses époques considérées :

	1863	1897	1900
Moulins à blé	—	—	—
Industries textiles	577	436	316
Papeteries	139	93	28
Scieries de bois	14	8	3
Moulins à tan	5	26	22
Huilleries	16	31	23
Divers	37	11	—
	67	42	51
	855	647	443

Comme on le voit, les moulins à blé, les usines hydrauliques actionnant des fabriques de l'industrie textile, des papeteries, ont particulièrement souffert ; beaucoup d'usines ont été abandonnées.

On a compté, en 1905, 41 usines hydrauliques produisant l'énergie électrique pour leur éclairage en même temps que la force nécessaire pour leur industrie, notamment : filatures, 16 ; moulins à céréales, 7 ; fabriques de drap, 2 ; bonneteries, 2 ; cidreries, pour les égrugeoirs, 3 ; laiteries-fromageries, 2 ; scieries de bois, 3 ; scierie de granit, 1 ; papeterie, 1 ; fabrique de produits caoutchoutés, ferronnerie, chacune 1.

En outre, 7 villes ont une installation d'éclairage électrique au moyen d'usines hydrauliques : Thury-Harcourt depuis 1883, Vire depuis 1893, Mézidon depuis 1894, Orbec et Falaise depuis 1902, Pontfarcy depuis 1903, Aunay-sur-Odon depuis 1904. Les usines de Jussaud aux environs de Vire, sur la Virène, ont été montées en 1894, pour la production et le transport d'énergie électrique à Vire et dans les environs. Au château de Saint-André, depuis 1902, une chute de 60 centimètres, mais d'un gros débit, produit l'énergie électrique nécessaire à 50 lampes.

Quelques applications de l'énergie électrique sont intéressantes à citer. A Vire, où 9 000 lampes sont posées et 3 000 lampes en service courant ; dans le jour, l'énergie électrique disponible trouve son emploi chez quelques industriels ; ainsi 2 moteurs à 6 chevaux sont placés, un chez un charpentier, l'autre chez un menuisier ; 2 autres moteurs à 3 chevaux, un chez un carrossier, un autre chez un fondeur de cuivre ; d'autres, de 1 cheval au moins, chez un imprimeur, chez deux couteliers, un fabricant de parapluies, un fabricant d'eau de Seltz, un pâtissier, jusque chez un pharmacien pour vider une cave dans laquelle se produisent de fréquentes infiltrations. Dans les environs de Vire, on compte 7 usines employant l'énergie électrique soit uniquement pour leur propre usage, soit sous forme de renfort de force à des usines du voisinage, particulièrement aux époques du creux de sécheresse.

A Pontfarcy, la force hydraulique d'un moulin à blé (19 chevaux) sert le jour à moudre le blé, la nuit à l'éclairage : 14 lampes sur la voie publique, 350 chez des particuliers.

A Mézidon, la force d'un moulin est surtout utilisée pour l'alimentation des réservoirs à eau de la gare de Mézidon ; mais on emploie aussi une partie de cette force à la production de l'énergie électrique nécessaire à 270 lampes chez des particuliers.

Falaise possède pour sa production d'électricité, outre une importante machine à vapeur de 150 chevaux, 3 turbines placées sur de petits cours d'eau d'un faible

débit, mais ayant des chutes de 4 à 5 mètres ; quelques industriels utilisent le courant électrique : un armurier, un coutelier, 1 cheval et demi chacun ; deux boulanger, 1 cheval chacun, (pour le pétrin mécanique) ; deux fabricants d'eau gazeuse, un moteur chacun, puis d'autres moteurs pour des pompes à eau, etc.

A Orbic, la force hydraulique d'une scierie sert, la nuit, à la production de l'électricité pour les 250 lampes d'une trentaine d'abonnés.

A Thury-Harcourt, une grande roue Sagebien de 30 chevaux actionne 6 moteurs : 3 de 2 chevaux dans des beurreries, 2 dans une petite fabrique de tire-bouchons en fil d'acier, un chez un boulanger pour un pétrin mécanique.

Cette usine de Thury-Harcourt fournit en outre, grâce à un transport de force de 14 kilomètres, l'éclairage électrique à Aunay-sur-Odon : 50 lampes chez les abonnés, 32 lampes sur la voie publique.

Dans la *Manche*, qui possède 820 rivières et ruisseaux, la presque totalité de la puissance hydraulique est due aux rivières non navigables : une soixantaine de chevaux seulement sur 6 400 sont fournis par des rivières navigables.

Sur les 680 établissements avec une puissance totale de 6 400 chevaux trouvés en 1899, un peu plus des trois quarts des établissements et de la puissance en chevaux-vapeur étaient affectés aux industries de l'alimentation ; l'industrie textile prenait un peu moins de 1 % des établissements et environ 5 % des chevaux-vapeur.

L'enquête de M. Bresson montre aussi que le moulin à blé est l'industrie principale, mais combien déchue de l'importance qu'elle avait avant 1900 ; moitié de ces moulins ont disparu entre 1863 et 1900.

Le tableau suivant résume les renseignements par industries aux époques considérées :

	1863	1900
Moulins à blé	1 122	569
Industries textiles	67	39
Papeteries	31	2
Scieries de bois	4	18
Moulins à tan	18	9
Huileries.	95	3
Traitements des métaux	24	27
Divers.	6	38
Totaux.	1 367	705

20 usines hydrauliques, dont 11 moulins à blé, assurent leur éclairage électrique en même temps que la marche de leur industrie. En plus, 10 villes ont recours à la force hydraulique pour la production de l'énergie électrique pour l'éclairage ou pour la distribution de force motrice dans de petits ateliers, à Saint-Hilaire-du-Harcouët depuis 1889, à Mortain depuis 1893, à Bricquebec, Saint-Sauveur-le-Vicomte et Anneville-en-Saire depuis 1898, à Ducey depuis 1899, à Cérences depuis 1901, à Torigny depuis 1901, à Sourdeval et Tessy depuis 1903, à Saint-James depuis 1904.

Le château de Tourlaville emploie depuis 1883, la force de sa chute d'eau à la production de l'énergie électrique nécessaire à 140 lampes.

Parmi les applications intéressantes, citons : Saint-Hilaire-du-Harcouët (usine à 2km 500 du bourg de 3 700 habitants), qui emploie 1 400 lampes chez des particuliers et 100 lampes pour l'éclairage public ; en plus 3 moteurs, un chez un imprimeur, chez un charcutier et chez un menuisier.

L'usine de Ducey est intéressante par son organisation ; la chute n'a que 1^m 50 de hauteur ; elle est distante de 3^{km} 500 de la localité, où elle assure l'éclairage électrique à 300 lampes d'abonnés, grâce à l'élévation de voltage jusqu'à 2 000 volts avec des courants triphasés.

L'*Eure-et-Loir* ne possède que 91 rivières et ruisseaux ; mais quelques rivières ont de bons débits ; ainsi l'Eure avec 5 250 litres, en moyenne, à la seconde, à la sortie du département ; il est vrai que la chute la plus élevée n'est que de 2^m 30 ; le Loir a un débit de 1 000 litres, et des chutes généralement moins élevées que sur l'Eure ; l'Huisne a un cours d'eau assez accidenté et assez bien utilisé.

D'après les renseignements du service du recensement, en 1899, les trois quarts de la puissance totale des chutes utilisées étaient employés par l'industrie de l'alimentation ; les industries du papier, carton et caoutchouc, qui venaient ensuite dans l'ordre d'importance, n'en prenaient que 7 %. D'après M. Bresson, sur 4 160 chevaux utilisables, 2 400 étaient utilisés en 1885 et environ 1 930 en 1900. Ainsi que le montre le tableau ci-dessous, comparant la situation en 1885 et en 1900, ce sont surtout les moulins à blé qui ont été atteints par le chômage :

	1885	1900
Moulins à blé	405	287
Industries textiles	8	4
Papeteries	4	1
Scieries de bois	7	4
Moulins à tan.	10	5
Traitement des métaux	7	3
Divers	<u>24</u>	<u>78</u>
	<u>465</u>	<u>382</u>

En 1903, 21 établissements, dont 11 moulins à blé, 2 laiteries, des ateliers de confections, 1 scierie, 1 fabrication de liqueurs, etc., assuraient leur éclairage grâce à l'utilisation d'une force hydraulique et, en même temps, actionnaient les machines de leur industrie.

On trouvait, en outre, 2 transports d'énergie électrique installés, celui de Sorel-Moussel, depuis 1893, et celui de Vriseuil depuis 1897 ; 3 châteaux ont eu recours à la force hydraulique pour l'éclairage électrique et pour le transport de la force motrice nécessaire aux usages domestiques ; à Bouche-d'Aigre depuis 1897, à Mémillon depuis 1901 et à Marmousse depuis 1903.

Il est maintenant intéressant d'indiquer quelques-uns des prix de vente de l'énergie électrique dans la région normande (prix au kilowatt-heure, sauf mention contraire) :

Dans l'Orne, à Putanges : lumière, 0^f 55 ; force motrice, 0^f 40 à 0^f 80 ; à Domfront : lumière, 1 franc ; force, 0^f 55.

Dans le Calvados, à Falaise : lumière, 1 franc ; à Thury-Harcourt : lumière, 1 franc ; force, 0^f 15 (le jour seulement) ; à Orbec : lumière, 1 franc.

Dans l'Eure, à Rugles : lampes 5 bougies, 36 francs par an ; 10 bougies, 48 francs ; 16 bougies, 60 francs ; Beaumont-le-Roger : lumière, 0^f 70 le kilowatt ; la lampe par jour, 5 bougies, 0^f 70 ; 10 bougies, 0^f 125 ; 16 bougies, 0^f 165 ; 32 bougies, 0^f 32 ; à Courcelles : lampe 8 bougies, 2^f 50 par mois ; 10 bougies, 3^f 50, et 16 bougies, 5 francs ; à Pont-Audemer : lumière, 0^f 90 le kilowatt.

Dans la Manche, à Bricquebec et à Torigny : lampe 8 bougies, 32 francs par an ; 10 bougies, 36 francs ; 16 bougies, 54 francs par an.

On voit par la variété et aussi par le bon marché des prix de certaines distributions d'énergie électrique les facilités que cette force a apportées dans cette région normande.

Ainsi que nous avons essayé de le montrer, la richesse de notre pays en forces hydrauliques est considérable ; d'après les ingénieurs chargés d'en faire l'inventaire, la puissance des forces hydrauliques que l'on peut aménager en France équivaudrait à celle de l'ensemble des moteurs à vapeur en service en France.

La houille blanche, à cause de la grande puissance que développent les chutes qui l'utilisent, attire particulièrement l'attention et les capitaux. Mais, quoique beaucoup plus ancienne, bien plus délaissée à la fin du dix-neuvième siècle, la houille verte, celle de nos moyennes et basses chutes d'eau, retrouve maintenant une certaine faveur grâce à son emploi à la production de l'énergie électrique. La houille verte, dispersée sur toute l'étendue de notre pays, présente même certains avantages ; elle permet aux petites bourgades de nos campagnes d'avoir à leur disposition l'éclairage et aussi la force motrice électriques à des conditions que souvent nos grandes villes pourraient leur envier. L'augmentation du nombre des stations centrales dans la région normande en est un indice.

Rappelons aussi que la petite industrie utilise avantageusement l'énergie électrique qui est ainsi mise à sa disposition et qui lui permet de se perfectionner en employant des moteurs électriques. La facilité de mise en marche, le bon marché des prix d'installation et d'achat des moteurs électriques les font préférer aux moteurs qui ont recours à d'autres sources d'énergie, vapeur, gaz, etc. D'importantes améliorations ont été apportées dans les exploitations industrielles par la distribution de l'énergie électrique, dans les petits ateliers principalement. On a vu que, dans la région normande considérée ci-dessus, des exploitations agricoles, de petits industriels ou commerçants, exerçant les métiers les plus divers, utilisent l'énergie électrique. L'examen des résultats obtenus pourrait faire l'objet d'une étude spéciale. Bornons-nous à citer un exemple des transformations, des améliorations que l'on peut attribuer, dans une grande mesure, à la commodité d'emploi de l'énergie électrique. On a vu qu'un certain nombre de boulangeries ont recours à l'énergie électrique pour faciliter leurs travaux, principalement pour actionner un pétrin mécanique. Le travail, si fatigant et si contraire à l'hygiène, du *geindre*, de l'ouvrier qui peinait et suait pour pétrir la pâte, s'est ainsi trouvé considérablement simplifié ; il n'a plus consisté que dans une surveillance de la machine à pétrir. Cette transformation s'est généralisée dans certaines régions, grâce au bon marché de l'énergie électrique. Un inspecteur du travail, M. Lenoble, dont la circonscription se trouve dans un pays de houille blanche, m'a signalé ainsi, au cours d'un récent voyage, que beaucoup de boulangeries, surtout depuis la loi sur le repos hebdomadaire, ont adopté le pétrin mécanique actionné par l'énergie électrique ; ils peuvent augmenter leur production, sans grande fatigue, la veille des jours où leur ouvrier doit se reposer, au besoin suffire au travail quotidien, avec l'aide des membres de la famille, le jour où l'ouvrier est au repos. Il est vrai que l'énergie électrique, dans ces régions, est vendue très bon marché : le cheval-vapeur coûte 1 franc environ pour une journée de dix heures, avec l'énergie électrique, il coûte 1'50 environ avec le moteur

à gaz. Mais nous avons vu aussi que dans les pays à houille verte le prix de l'énergie électrique est souvent peu élevé, c'est ce qui facilitera les améliorations dans l'industrie de ces régions.

Charles BARRAT.