

LA HOUILLE BLANCHE

Revue Mensuelle des Forces Hydro-Electriques et de leurs Applications

12^e Année. — Septembre 1913. — N^o 9.

La houille noire a fait l'industrie moderne ;
la houille blanche la transformera.

LES FORCES HYDRAULIQUES

Dans le volume V des publications du Service d'Etudes des grandes Forces hydrauliques, d'où nous extrayons quelques documents, présentés plus loin, pour donner un aperçu des récents travaux exécutés dans la région des Alpes et dont ce volume contient les résultats, nous trouvons un chapitre spécialement consacré à l'Economie industrielle de la houille blanche. Les idées qui y sont exprimées et les faits sur lesquels elles reposent ont été maintes fois développés dans cette Revue par son directeur et ses principaux collaborateurs ; mais comme leur exposé revêt ici une forme synthétique qui fait d'une manière frappante ressortir leur importance et qu'il est dû à M. R. DE LA BROUSSE, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur du Service dans la région des Alpes, nous sommes certains d'intéresser nos lecteurs en mettant sous leurs yeux ces pages. Ils leur attribueront d'autant plus de valeur qu'ils savent y trouver la double garantie de la plus haute compétence technique et de l'impartial jugement d'un esprit uniquement préoccupé du plus grand bien du Pays.

Les Usines Hydrauliques.

INSTALLATIONS RÉCENTES ET PROJETS. — L'état des principales usines hydrauliques existant aujourd'hui dans les Alpes françaises a été donné dans le tome IV (annexe I) et les changements survenus depuis l'édition de ce volume ne sont pas assez importants pour qu'il y ait intérêt à en dresser dès maintenant un nouvel état. Nous nous bornerons à indiquer que, si le mouvement d'utilisation des chutes hydrauliques est quelque peu ralenti par rapport à la période si active et encore récente des débuts de la houille blanche, il continue cependant à peu près partout : la Compagnie des produits chimiques d'Alais et Camargue vient de terminer sa nouvelle usine de Pontamafrey sur l'Arc (Savoie), la Société générale de Force et Lumière a mis en marche cette année sa belle usine de Bozel, la Société des Forces motrices du Vercors augmente considérablement ses installations dans la vallée de la Bourne, la Compagnie générale d'électrochimie de Bozel aménage en ce moment une nouvelle chute sur le Doron de Champagny, la Société de l'Energie électrique du Littoral Méditerranéen en commence une autre sur la Roya, à Fontan (Alpes-Maritimes) ; la Société hydro-électrique de Lyon poursuit (non sans de sérieuses difficultés d'exécution), l'aménagement de la chute du Val de Fier en Haute-Savoie, celle de l'Eau d'Olle étend beaucoup ses ouvrages, prépare des réservoirs régulateurs et augmente considérablement sa puissance ; plusieurs grosses affaires vont entrer dans la période d'exécution sur la Durance, enfin de nombreux projets sont actuellement à l'étude sur l'Isère, l'Arc, le Drac, la Durance, le Var et la Tinée, etc. Il y en a dans le nombre de considérables : sans parler de celui du Haut-Rhône et des autres projets d'aménagement de ce

fleuve en aval de Lyon qui sortent des limites de ce service, nous citerons les suivants :

1^o Sur la Haute-Isère le projet d'aménagement des chutes de Sainte-Foy entre Tignes et Bourg-Saint-Maurice (près de 500 m. de chute) et celui de la Société des Forces motrices de la Tarentaise (115 m. de chute, 12 000 à 40 000 chevaux) ;

2^o Sur l'Arc, le projet de la Société française des Nitrates (150 m. de chute, 12 000 à 60 000 HP) ;

3^o Les projets du Drac inférieur (25 m. de chute, 5 000 à 10 000 HP) à côté de Grenoble, et de la Basse-Isère (11 m. de chute, 5 000 à 25 000 HP) entre Romans et le confluent du Rhône ;

4^o Sur la Durance, un groupe de projets plus vastes encore (ensemble 250 000 HP) dont le plus important de beaucoup est celui de Serre-Ponçon avec création d'un réservoir de plus de 500 000 000 m³, chute de 80 m., etc (1) ;

5^o Dans le bassin du Var, plusieurs projets, dont le principal entre le Plan-du-Var et la mer, aura pour la région de Nice un intérêt particulier.

DÉPENSES. — L'ensemble des devis correspondants s'élève à peu près à 300 millions de francs, ce qui montre que, malgré les difficultés assurément grandes que soulèvent quelques-uns d'entre eux, la confiance des intéressés n'a point faibli et que de nouvelles richesses ne tarderont sans doute pas à être mises en valeur.

Cependant certains mécomptes ont marqué les débuts de la houille blanche : à plusieurs reprises l'offre a dépassé la demande et les dépenses ont la plupart du temps aussi dépassé les prévisions. Il semble qu'actuellement ces écueils soient moins à craindre, d'abord parce que l'on a su profiter de l'expérience acquise et que l'on fait aujourd'hui les devis plus larges, ensuite parce que de nouveaux débouchés surgissent qui ne laisseront sans emploi aucun des nouvelles forces.

Il est certain que les forces hydrauliques, si séduisantes à tant d'égards, coûtent plus cher qu'on ne se l'était d'abord figuré : les propriétaires riverains des cours d'eau privés ont pris conscience de la valeur de leurs riverainetés qu'ils font payer de plus en plus cher ; il devient même fort difficile dans certaines régions de traiter pour l'acquisition des chutes, des passages ou des points d'appui ; le prix de la main-d'œuvre croît rapidement d'année en année ; on exige davantage pour tout ce qui touche la sécurité, la régulation automatique des moteurs, l'isolement des appareils et des lignes, il suffit de voir successivement deux usines construites à quelques années d'intervalle pour constater dans la plus récente des progrès considérables dans les ouvrages, dans les dimensions et dans tout l'outillage et tout cela se traduit par de notables augmentations de dépenses. Il faut donc absolument se garder de l'illusion de croire la force hydraulique gratuite ou à peu près. Sans doute, lorsque les

(1) N. D. L. R. — Voir à ce sujet, *La Houille Blanche*, avril 1913. « La Durance et son utilisation pour l'agriculture et l'industrie ».

frais d'installation, de constitution, etc. seront amortis, l'exploitation proprement dite coûtera peu, mais on n'en sera pas là de longtemps et la génération présente doit s'habituer à considérer la force hydraulique, en France tout au moins, comme chère d'établissement. Il n'en est pas ainsi partout : certains pays sont sous ce rapport bien plus favorisés que le nôtre ; le kilowatt revient, en Norvège (1) ou dans le Nord de l'Amérique, à la moitié ou au tiers de ce qu'il coûte ici, c'est pour ces pays un avantage naturel que nous ne pouvons leur disputer et dont nous sommes d'ailleurs nous-mêmes favorisés par rapport à d'autres certainement encore plus nombreux.

UTILISATION ET AVENIR. — Quant aux emplois de ces forces, s'ils ont été parfois insuffisants, il y a une dizaine d'années par exemple, ils semblent ne pas devoir manquer désormais ; l'électro-métallurgie se développe de plus en plus et demande des puissances toujours croissantes ; les distributions de force et lumière progressent également, la traction électrique, encore peu développée en dehors des lignes secondaires, ne tardera sans doute pas à étendre son champ d'action comme elle le fait déjà sur notre réseau des chemins de fer du Midi, mais c'est surtout du côté de l'électrochimie que l'avenir paraît largement ouvert. La fixation de l'azote atmosphérique, la fabrication des nitrates, nitrures métalliques, acide nitrique, etc... sont à peine abordés chez nous, elles peuvent certainement y prendre une large place. Sans doute nous ne pouvons y affecter des puissances aussi considérables ni aussi économiques que la Norvège, où ces industries sont nées et qui reste le principal théâtre de leur activité, mais il y a cependant beaucoup à faire chez nous dans cette voie (2).

La demande d'engrais azotés paraît devoir augmenter pour ainsi dire sans limites, puisque la consommation croît sans cesse non seulement avec l'extension de la culture du blé dans les pays neufs, mais encore avec la poursuite de rendements meilleurs dans ceux où elle est déjà florissante, à tel point que l'on a pu voir dans la production artificielle des engrais azotés indispensables à toute culture un des facteurs de l'accroissement de la population humaine. Les nitrates naturels du Chili qui en est jusqu'ici l'unique producteur et qui n'en exporte guère plus de deux millions et demi de tonnes, ne dureront pas toujours. Comme tous les produits de mines, ils vont en s'épuisant et il faudra nécessairement les remplacer dans une proportion de plus en plus grande par des équivalents artificiels sous peine d'arrêter les progrès de l'agriculture. Il se peut que l'on obtienne l'azote par des voies entièrement nouvelles, comme le pro-

(1) Nous avons donné dans notre mémoire sur les forces hydrauliques scandinaves (Imprimerie nationale, 1911. — Mémoire reproduit par *La Houille Blanche*, Janvier et Février 1911), quelques prix de revient qui descendent à 200 fr., 150 fr. et même 135 fr. par cheval électrique installé, c'est-à-dire à 150 ou 100 fr. par HP hydraulique sur l'arbre des turbines. En France il est fort rare de voir ce dernier descendre au-dessous de 500 fr., il se tient d'ordinaire entre 700 et 1 000 fr.

(2) Les principaux centres actuels de fabrication des produits azotés synthétiques sont les suivants : En Norvège, Saaheim (130 000 HP et prochainement 240 000) et Notodden (40 000 HP) qui produisent déjà 80 000 tonnes de nitrates de chaux, 10 000 de nitrite de soude, 10 000 de nitrate d'ammoniaque et produiront bientôt 15.000 tonnes.

En Amérique, une des usines du Niagara produisant 15.000 tonnes de cyanamide.

En Italie, les usines de Piano d'Orto et Saint-Marcel (Val d'Aoste).

En France, on ne peut guère citer jusqu'ici que la Roche de Rame (6 000 HP) consacrées à l'acide nitrique pur et l'annexe de N-D. de Briançon où l'on commence aussi (600 HP) à fabriquer de la cyanamide. Toutefois d'importants projets d'usines à nitrures métalliques sont sur le point d'aboutir à St-Jean-de-Maurienne sur l'Arc, à Château-Arnoux sur la Durance, à Jarrie-Vizille (Isère), etc...

édé Müntz et Lainé qui utilise des ferments spéciaux sur un lit de tourbe et dont le rendement dépasserait beaucoup celui des méthodes électro-chimiques, mais aucune application n'a encore été faite des méthodes biologiques qui n'ont pas franchi le seuil du laboratoire, tandis que l'électro-synthèse des divers composés nitrés est aujourd'hui non seulement bien connue mais encore appliquée sur une vaste échelle et donne déjà des résultats industriels certains. Les forces hydrauliques encore disponibles doivent trouver là des emplois très étendus, même celles qui ont de forts prix de revient comme les nôtres, parce que la demande dépassera vraisemblablement toujours les possibilités de la production. Les 300 000 HP qui sont ou vont être consacrés à cette fabrication en Norvège ne procureront guère que 150 000 à 200 000 tonnes de nitrates, ce qui représente à peine l'accroissement annuel de la consommation générale du monde ; on peut supposer que les rendements s'amélioreront, que de nouvelles chutes d'eau seront consacrées à cette industrie, que des progrès ou des procédés meilleurs seront réalisés, il n'en reste pas moins probable, on pourrait même dire certain, que l'offre restera toujours inférieure à la demande. Il est donc à prévoir que les prix monteront et que la fabrication deviendra de plus en plus accessible aux forces hydrauliques de notre région malgré leurs conditions générales moins favorables que celles des pays scandinaves et de l'Amérique.

Dans le même ordre d'idées quoique avec un avenir moins étendu, la métallurgie présente des perspectives également dignes d'attention : la consommation de l'aluminium qui n'excédait pas quelques 10 000 tonnes, il y a encore peu d'années, augmente régulièrement et dépasse aujourd'hui 50 000 tonnes, celle des ferro-alliages se développe peu à peu, la métallurgie de l'acier au four électrique fait sans cesse de nouveaux progrès, des aciéries importantes comme celle de la Société P. Girod, à Ugine, en sont la preuve frappante. Elles pourront d'ailleurs s'établir près des grandes voies de communication, grâce à l'extension de plus en plus grande des transports d'énergie. Les industriels du bassin de la Loire commencent à chercher des forces hydrauliques dans les Alpes, car des lignes de 100 à 150 kilomètres n'ont rien qui puisse les effrayer, le courant électrique étant moins cher de transport que le minerai, la houille ou les produits fabriqués.

COURS D'EAU PUBLICS ET PRIVÉS. — Ces raisons expliquent la faveur persistante avec laquelle on envisage l'aménagement de chutes nouvelles, par exemple dans le bassin de la Durance qui en réserve encore de considérables. Il est à remarquer toutefois combien jusqu'ici le développement a été plus rapide sur les cours d'eau privés que sur ceux du domaine public. Il existe dans les Alpes, entre la rive gauche du Rhône et les frontières de Suisse et d'Italie, un peu plus de 150 usines hydrauliques (1) ; sur ce nombre on n'en compte guère qu'une douzaine sur le domaine public, dont seulement trois vraiment importantes (Jonage sur le Rhône, la Brillanne et Ventavon sur la Durance). Presque toutes les grandes chutes aménagées jusqu'ici dans les Alpes françaises sont en dehors de ce domaine, le fait est particulièrement frappant à l'aspect d'une carte de la région où figu-

(1) On ne parle ici que des usines d'une puissance d'au moins 100 HP. Il existe un nombre beaucoup plus grand de moulins, scieries, petites forges, etc..., antérieurs à l'époque de la houille blanche, comme dans tout le reste de la France. Nous ne les envisageons pas dans cette étude car ils n'ont rien de commun avec les grandes forces hydrauliques et leur rôle, quoique très utile à la vie générale du pays, reste étranger aux applications de la houille blanche.

rent ces usines avec les cours d'eau correspondants. On les voit se presser par lignes serrées dans les régions supérieures en amont des zones domaniales sur l'Arve en amont du Fayet, l'Arc en amont d'Hermillon, l'Isère et le Doron en amont de Moutiers, le Guiers, la Romanche, le Drac en amont de Champ, la Durance en amont d'Embrun, etc..., tandis que les régions inférieures de ces grands bassins où commencent seulement les zones domaniales restent encore presque dégarnies. Les causes de cette préférence sont faciles à discerner : il y a d'abord une raison technique, c'est qu'il est en général plus facile et moins coûteux d'obtenir une puissance déterminée avec un faible débit et une grande hauteur qu'avec un gros débit et une faible hauteur ; c'est pourquoi les premiers venus ont naturellement pris les chutes les plus avantageuses, c'est-à-dire celles des parties supérieures des vallées où ils trouvaient en outre des terrains moins chers que ceux d'aval, plus riches et plus peuplés. Cependant cette raison à elle seule n'aurait pas suffi car, si les chutes plus avantageuses se rencontrent d'ordinaire dans le haut des vallées, on en trouve aussi quelquefois dans le bas vers les plaines où les facilités d'accès, la densité de la population, etc..., peuvent aussi compenser de plus fortes dépenses d'aménagement.

CONCESSIONS SUR LE DOMAINE PUBLIC. — Il y a donc d'autres raisons et celles qu'allèguent toujours en premier lieu les intéressés ce sont la complication et les exigences qui accompagnent chez nous les concessions sur le domaine public : d'abord la procédure qui est en général longue, qui prend toujours plusieurs années pendant lesquelles les dispositions des prêteurs se refroidissent, la main-d'œuvre renchérit et la concurrence augmente, ensuite la précarité de l'affaire si l'on n'a qu'une autorisation illimitée mais révocable sans indemnité à toute époque, ou le retour gratuit à l'Etat de tous les ouvrages si l'on a une concession à durée limitée, puis dans ce dernier cas la difficulté d'obtenir une durée assez longue qui non seulement permette des amortissements faciles mais encore laisse des perspectives de bénéfices suffisantes pour attirer les capitaux, les exigences du fisc qui ont atteint dans certains cas 4 francs par cheval brut et menacent de s'accroître encore davantage, enfin les redevances en nature qui grèvent lourdement l'exploitation.

Sans doute on peut objecter que sur les cours d'eau privés les difficultés ne manquent pas non plus et que les barreaux ont toujours gêné et rançonné de leur mieux les entrepreneurs de chutes d'eau : les intéressés en conviennent, ils savent mieux que personne combien parfois il leur en a coûté pour vaincre les exigences de certains barreaux, mais ils font observer que malgré ces difficultés, ils n'en ont pas moins abouti, que les indemnités payées aux riverains, quelque lourdes qu'elles soient, ne relèvent généralement pas d'une façon considérable le prix des chutes, qu'il est rare par exemple que des prétentions excessives aient majoré de 20 fr. ou de 30 fr. le prix du cheval tandis qu'une redevance de 4 fr. payée à l'Etat sur le domaine public équivaut à une majoration d'au moins 100 fr. ; enfin ils déclarent que la propriété définitive et indéfinie d'une usine est dans tous les cas bien préférable à une simple jouissance condamnée à prendre fin avec abandon gratuit de tous les ouvrages au terme d'une concession même de longue durée.

Ces raisons ne sont pas dépourvues de valeur, elles expliquent la préférence avec laquelle jusqu'ici les industriels se sont portés sur les cours d'eau privés. Il est donc à désirer que, pour les attirer sur ceux du domaine public, on leur

accorde toutes les facilités compatibles avec l'intérêt général qui est évidemment de voir mettre en valeur le plus tôt possible les ressources de ce domaine.

AVANTAGES SOCIAUX DE LA HOUILLE BLANCHE. — L'aménagement d'une chute de 10 000 à 30 000 HP comme celles qui restent sur l'Isère, l'Arc ou la Durance domaniales, est pour toute la région et même pour l'ensemble du pays une source féconde de prospérité : les nombreux millions absorbés en salaires par la construction apportent l'aisance dans des vallées naturellement pauvres, le personnel attiré par l'exploitation s'y fixe et arrête le fléau de la dépopulation, comme on le voit depuis peu par exemple en Maurienne ; les salaires des ouvriers laissent dans le pays une fortune qui n'y serait jamais venue sans cela, les impôts directs et indirects, patentes, droits de voirie, douane, etc., fournissent au Trésor des plus-values inespérées ; bref, il est manifeste que tout le monde, propriétaires, communes, départements, Etat, ne peut que bénéficier de la création de nouveaux centres actifs de production où l'on doit voir le moyen le plus efficace pour retenir au pays une population jadis décimée par l'émigration et pour lui donner par le travail une richesse durable. A une époque où l'on se préoccupe à juste titre du mouvement qui vide les campagnes, comment n'encouragerait-on pas de toutes manières l'éclosion de foyers industriels puissants comme les grandes usines hydrauliques qui transforment en lumière, force motrice, produits chimiques ou métallurgiques de première nécessité l'énergie qui se perd sous nos yeux dans les rivières dont la pente reste encore inutilisée ? Comment hésiterait-on à recourir au moyen qui s'offre si simple et si efficace, non seulement de retenir dans ces vallées la population actuellement clairsemée mais encore d'y fixer de nouveaux habitants, prodige qui aurait passé pour tout à fait impossible il n'y a pas encore longtemps ?

Pour qu'il en soit ainsi, pour qu'un résultat si désirable se réalise sous nos yeux, il convient de donner de larges facilités à ceux qui osent risquer leurs peines et leurs capitaux dans l'établissement d'usines nouvelles, de ne pas les décourager par de longues procédures, de leur accorder des concessions d'une durée telle qu'ils puissent non seulement amortir leurs capitaux mais encore réaliser les bénéfices qui sont la rémunération légitime de tout effort intelligent et persévérant, de ne pas les taxer au maximum sans égard pour les risques qu'ils courent, pour les mauvaises années inévitables et pour l'apport gratuit qu'ils doivent faire à l'Etat de tous leurs ouvrages au terme de leurs concessions. C'est par des facilités de ce genre largement consenties et accompagnées si l'on veut d'une participation aux bénéfices intéressant l'Etat à la prospérité de l'affaire, que les pouvoirs publics peuvent témoigner leur bienveillance, encourager la mise en valeur de l'énergie qui se perd sur les grands cours d'eau et contribuer de la façon la plus efficace à repeupler leurs vallées.

Tout aménagement de chute sur le domaine public surtout lorsqu'il doit procurer une puissance de quelque importance devrait être considéré comme entreprise d'utilité publique quel que soit l'usage à faire de l'énergie, même s'il s'agit de l'employer à des opérations industrielles telles qu'électro-chimie, métallurgie, etc. L'aménagement d'une telle chute, en effet, est une opération essentiellement utile au pays, ses résultats restent acquis puisque une nouvelle puissance se trouve définitivement obtenue et que d'importants ouvrages (barrages, prises d'eau, canalisations, usines)

entrent dans le domaine public ; l'emploi momentané que l'on peut faire de l'énergie ne change rien à ce caractère, il est d'ailleurs indépendant de l'aménagement proprement dit de même que l'emploi fait du charbon extrait d'une mine est indépendant de la mine elle-même. On accorde sans hésiter aux concessions de mines le bénéfice de la déclaration d'utilité publique, tout au moins le pouvoir d'expropriation qui en est la conséquence. Pourquoi n'en serait-il pas de même des concessions de forces hydrauliques ? Une chute de 5 000 HP, par exemple, comme il y en a dans tout pays moyennement accidenté, produit dans l'année 32 millions de kilowatts-heure. Pour les obtenir avec de la houille, il faut en brûler à peu près 50 000 tonnes, c'est le produit d'une mine déjà importante à laquelle personne ne refuserait la reconnaissance d'utilité publique, et cependant la mine de houille noire ne peut les donner qu'en s'épuisant, tandis que la chute d'eau les donne sans s'épuiser et en conservant intacte au profit du pays la source même qui les produit. Elle est donc incontestablement plus avantageuse et digne tout au moins des mêmes encouragements.

D'autre part, on sait que les transformations de l'énergie sont loin d'être économiquement équivalentes, que certaines d'entre elles l'amènent à une forme d'où elle ne peut pas intégralement revenir, qu'elles la « dégradent », suivant l'expression adoptée. Dans ce nombre sont précisément celles qui ont pour point de départ l'usage des combustibles dont l'énergie chimique est transformée d'abord en énergie calorifique, ensuite, mais avec une énorme perte malheureusement inévitable, en énergie électrique ou mécanique. Toute tonne de charbon qui est consommée appauvrit donc la Société non seulement de la valeur propre de cette tonne qui ne se reforme pas et qui est perdue sans retour, mais encore de tout ce qui est perdu par rayonnement, condensation, échauffement des milieux ambiants, etc., pertes qui représentent de beaucoup la majeure partie de la chaleur totale obtenue (au moins 80 ou 90 %). On peut donc dire que l'emploi usuel des combustibles constitue un véritable gaspillage de l'énergie dont ils sont le réservoir d'ailleurs essentiellement limité.

Tout autres sont les caractères de la houille blanche : comme il s'agit là non plus d'une source d'énergie chimique utilisable seulement par le passage à la forme calorifique et de là à la forme mécanique, mais bien d'une source déjà mécanique, il n'y a plus cette double transformation si coûteuse par suite du rendement déplorable des foyers thermiques et l'on économise de ce fait l'énorme perte qui en résulte. Comme d'ailleurs le réservoir se reconstitue sans cesse, il n'y a plus consommation ni gaspillage d'un produit limité, mais simplement usage d'une énergie sans cesse reformée, c'est-à-dire en résumé emploi beaucoup plus judicieux et plus sage des forces naturelles. Par conséquent, il serait tout à fait conforme aux règles d'une bonne prévoyance de ménager le charbon qui s'épuise et dont on utilise fort mal la chaleur et de développer largement au contraire l'utilisation des forces hydrauliques qui ne s'épuisent pas et dont le rendement général est si supérieur. A ce point de vue encore, la reconnaissance de l'utilité publique des concessions sur les cours d'eau navigables ou flottables, comme les facilités signalées plus haut, marqueraient dans cette voie un progrès très appréciable (1).

Grenoble, Septembre 1912.

LES TURBINES DE 10.000 HP DE KÉOKUK

Description des caractéristiques, de la fabrication et du transport des plus grandes turbines construites jusqu'à ce jour (1).

Le public et surtout les ingénieurs ont suivi avec beaucoup d'intérêt la construction de la gigantesque usine hydro-électrique étudiée par *The Hydraulic Engineering Company of Maine* pour le compte de *The Mississippi River Power Company*, à Keokuk, Iowa. Cette usine est remarquable non seulement par ses dimensions inusitées mais aussi par de nombreuses innovations dans sa construction. Sa puissance, et surtout ses dimensions dépassent de beaucoup tout ce qui a été fait à ce jour. Lorsqu'elle sera achevée, l'usine contiendra trente turbines de 10 000 chevaux chacune, sous la chute normale de 32 pieds. Leur puissance atteindra environ 14 000 chevaux sous la chute maxima de 39 pieds, et 6 000 chevaux avec la différence de niveau minima de 20 pieds. — Voir *La Houille Blanche*, N°s de mai 1912 et janvier 1913.

La Société possède à Saint-Louis une importante station de secours à vapeur ; une grande partie de l'énergie produite à Keokuk sera envoyée sur le tableau de cette dernière. Grâce à cette combinaison, la Société aura à sa disposition une puissance constante de 200 000 HP dans les conditions les plus désavantageuses, et pourra fournir en outre des résidus importants.

Plusieurs usines américaines atteindront des puissances semblables, mais sous une chute beaucoup plus considérable, et les dimensions des ouvrages ne seront comparables en rien à ceux de Keokuk. Bien que la puissance d'étiage (*primary load*) ne doive guère dépasser 200 000 HP, la capacité installée pour fonctionner dans des conditions normales est de 300 000 HP, chiffre qui place l'installation dans un rang hors pair. Cette capacité a été nécessitée par la puissance réduite des turbines au moment des basses eaux.

DISPOSITIONS PRINCIPALES. — Le type de turbine et sa fondation sont tous deux nouveaux en Amérique. C'est la première usine construite pour gros alternateurs à faible vitesse, directement accouplés sur l'arbre de turbines verticales à roue mobile unique, installées dans des baches spiraloïdes ménagées dans les fondations en béton de l'usine. Les canaux d'adduction sont généralement métalliques dans ces types de turbines, mais, à Keokuk, ils sont en béton moulé sur des formes en bois.

Les turbines font 57,7 t. p. m. ; c'est de beaucoup la plus faible vitesse connue pour des unités d'aussi grande puissance directement accouplées ; néanmoins, c'est la plus grande qu'il soit possible d'atteindre avec un bon rendement en employant des turbines à roue mobile unique sous une chute de 32 pieds. Le rendement obtenu à la station d'essais d'Holyoke sur un modèle réduit de cette machine dépassa 88 pour 100. Cette vitesse réduite fut encore imposée par le souci d'obtenir la plus grande puissance possible sous la chute de 20 pieds.

On aurait pu augmenter la vitesse en employant deux roues mobiles, comme on l'a fait souvent, mais les turbines de ce genre ne permettent pas une visite aussi facile, et n'ont pas la même robustesse d'installation. Les inconvénients dépassent les avantages de l'augmentation de vitesse.

Sept des unités principales et deux excitatrices furent

(1) N. D. L. R. — Voir *La Houille Blanche* n°s de mai et août 1913, à propos du nouveau projet de Loi.

(1) D'après Chester W. LARNER, ingénieur hydraulicien. (*The Wellman Seaver-Morgan Co*, Cleveland). *Engineering Record*, 15 mars 1913.