

# LA SCIENCE EN VIE





<p><b>L'avenir de l'aviation dépend de nos connaissances sur la « mécanique des fluides ».</b>  <i>C'est une science fort curieuse et relativement récente dont les applications, notamment à l'aviation, ont permis d'accroître la vitesse et la sécurité.</i> . . . . .</p>	<p>Victor Jouglu . . . . . 269</p>
<p><b>Qu'est-ce que la spéléologie, ou science des cavernes ?</b>  <i>Comment la découverte des grottes et l'étude de la circulation souterraine des eaux ont apporté un précieux tribut à la physique du globe.</i> . . . . .</p>	<p>L. Houllevigue . . . . . 279  <i>Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.</i></p>
<p><b>Verrons-nous bientôt des « éoliennes » de six cents mètres de haut ?</b>  <i>Les projets de l'Allemand Honnef, conçus pour l'Exposition de Chicago, permettront-ils d'obtenir l'énergie électrique « à très bas prix » ?</i> . . . . .</p>	<p>W. Lademann . . . . . 287</p>
<p><b>L'Amérique, grâce à sa politique des croiseurs, a conquis la suprématie sur mer.</b>  <i>Dans la « course aux croiseurs », après les accords de Washington (1922) et ceux de Londres (1930), les Etats-Unis tiennent la première place, grâce à la mise en chantier de tous les bâtiments qu'ils avaient le droit de construire.</i> . . . . .</p>	<p>L. Laboureur . . . . . 293  <i>Capitaine de corvette (R.).</i></p>
<p><b>L'œil électrique règle automatiquement l'éclairage public.</b>  <i>Comment la cellule photoélectrique permet d'allumer ou d'éteindre automatiquement les appareils d'éclairage suivant l'intensité de la lumière du jour.</i> . . . . .</p>	<p>Charles Brachet . . . . . 301</p>
<p><b>Après le balisage lumineux, voici le balisage électromagnétique des aérodromes.</b>  <i>L'aérodrome de Villeneuve-les-Vertus, près d'Eprenay, vient d'être doté d'un dispositif électromagnétique faisant connaître au pilote sa position exacte, en direction et en altitude au-dessus du terrain. La radioélectricité a vaincu la brume.</i> . . . . .</p>	<p>Jean Labadié . . . . . 307</p>
<p><b>Une poche de coulée géante pour le transport de la fonte en fusion.</b>  <b>La formidable consommation en munitions des armes automatiques modernes.</b>  <i>Nos stocks de munitions d'infanterie sont inférieurs à ceux de 1914, alors que le nombre des armes automatiques a décuplé. Le souci de la défense nationale exige que nos approvisionnements soient complétés.</i> . . . . .</p>	<p>J. B. . . . . 316</p>
<p><b>L'Allemagne possède l'industrie chimique la plus puissante du monde.</b>  <i>Les formidables usines de Leuna (Saxe), qui absorbent 15.000 tonnes de lignite par jour, produisent annuellement 820.000 tonnes d'azole, soit cinq fois la consommation française, 100.000 tonnes d'essence synthétique, plus que le monde entier.</i> . . . . .</p>	<p>Lieut.-Colonel Reboul . . . 317</p>
<p><b>La radioélectricité triomphe, grâce à l'emploi des ondes courtes.</b>  <i>L'étude de la propagation des ondes courtes a permis d'assurer les communications les plus lointaines avec le minimum d'énergie électrique.</i> . . . . .</p>	<p>Roger Francq . . . . . 325  <i>Ingénieur des Arts et Manufactures.</i></p>
<p><b>La mesure constante de l'isolement des circuits électriques s'impose sur les paquebots pour assurer la sécurité.</b>  <i>Un nouvel appareil permet de « tâter » périodiquement les divers circuits électriques et de déceler immédiatement les défauts d'isolement, causes d'incendie.</i> . . . . .</p>	<p>C. Gutton . . . . . 334  <i>Direct. du Laboratoire National de Radioélectricité.</i></p>
<p><b>L'automobile et la vie moderne.</b>  <i>Au Salon de New York, baisse des prix; au Salon de Berlin, triomphe des roues indépendantes et des roues avant motrices.</i></p>	<p>Jean Marival . . . . . 343</p>
<p><b>La T. S. F. et les constructeurs.</b> . . . . .</p>	<p>A. C. . . . . 347</p>
<p><b>Les « A côté de la science »</b> . . . . .</p>	<p>J. M. . . . . 350</p>
<p><b>Chez les éditeurs</b> . . . . .</p>	<p>V. Rubor . . . . . 351</p>
<p><b>Chez les éditeurs</b> . . . . .</p>	<p>J. M. . . . . 355</p>

La captation de l'énergie du vent préoccupe, dans tous les pays, de nombreux chercheurs. Parmi les projets envisagés, celui de l'ingénieur allemand Honnef, conçu pour être réalisé à l'Exposition de Chicago qui va s'ouvrir, est certainement le plus grandiose. Il vise, en effet, à utiliser les courants aériens au moyen de tours géantes de six cents mètres de haut et des roues de cent cinquante mètres de diamètre, telles que celles que représente la couverture de ce numéro. Le problème de la production de l'énergie électrique « à très bas prix » pourrait-il être ainsi résolu ? (Voir l'article, page 287.)



# VERRONS-NOUS BIENTOT DES ÉOLIENNES DE SIX CENTS MÈTRES DE HAUT ?

Par R.-W. LADEMANN

*Le vent est certainement la source d'énergie — à part l'énergie animale — la plus anciennement utilisée. Mais, depuis l'avènement de la houille et de l'énergie hydraulique, les moulins à vent ont été à peu près complètement abandonnés à cause de leur mauvais rendement mécanique. Or, une étude approfondie des courants aériens a montré les possibilités immenses qu'offre l'utilisation rationnelle de l'énergie du vent. Un ingénieur allemand, M. Honnef, vient de créer dans ce but des modèles de turbines éoliennes à haut rendement, impressionnantes par leurs dimensions. Elles ont, en effet, des roues de plus de 150 mètres de diamètre et sont montées sur des tours de 600 mètres de haut — altitude à laquelle le vent a une vitesse beaucoup plus grande et plus régulière qu'au voisinage du sol. La première turbine de ce genre a été conçue en vue de l'Exposition de Chicago qui va être inaugurée le mois prochain. Si les résultats obtenus sont conformes aux prévisions de l'inventeur, nous assisterons à une véritable révolution dans le domaine économique ; la diminution considérable du prix de l'énergie bouleverserait les conditions mêmes de la vie moderne.*

## Le problème de l'utilisation du vent

**A**u cours des études qui précédèrent la mise au point du deuxième plan quinquennal russe, le professeur Ramsin a

dressé une statistique des quantités d'énergie disponibles dans le monde : d'après elle, le charbon forme 75 % environ du total et le vent 11 %. Le reste se partage entre l'eau et le bois, avec, chacun, 5 %, la tourbe avec 3,5 % et les huiles lourdes avec seulement 0,15 %. Ce qui frappe immédiatement dans cette énumération, c'est la part importante qui revient au vent. Cela s'explique si l'on songe qu'en Russie seulement, la « houille bleue » fournit environ 800.000 ch, que les Etats nordiques — malgré leurs formidables réserves de « houille blanche », qui, d'ailleurs, ne leur permettent nullement d'obtenir de l'énergie à meilleur marché que par des centrales thermiques — y font appel également pour une grande partie de leurs besoins. Le Danemark économise ainsi 50 % de son combustible. En France également

existent de nombreux moulins à vent et aéromoteurs qui, au point de vue strictement économique, présentent plus d'importance que l'on ne croit généralement. Les Etats-Unis doivent à l'activité de plusieurs

certaines de milliers d'installations d'irrigation actionnées par le vent la fertilité de certaines régions de l'Ouest, normalement désolées par la sécheresse.

Les conditions actuelles de la production et de la distribution de force motrice et de courant ont tué la profession autrefois si pénible et si romantique de meunier, car les commandes ne vont plus guère qu'aux moulins électriques, travaillant plus vite et meilleur marché. La raison profonde de

cette évolution ne se trouve pas, comme on le dit souvent, dans l'irrégularité du vent, mais bien dans l'insuffisance technique des moulins et des roues éoliennes. La technique de l'utilisation de l'énergie est aujourd'hui si développée que les moteurs de toutes sortes si perfectionnés surclassent complètement les moulins à vent qui, toujours du même point

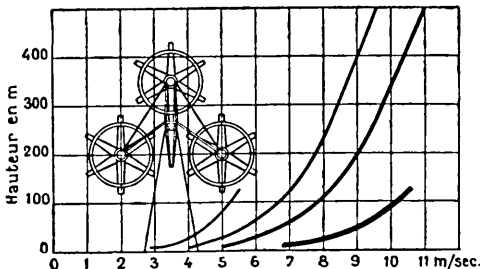


FIG. 1. — COMMENT VARIE LA VITESSE DU VENT AVEC L'ALTITUDE

*Les courbes d'épaisseur variable se rapportent à des vents de plus en plus forts. On remarque l'augmentation très nette de vitesse à partir d'une hauteur d'environ 70 mètres. La centrale éolienne esquissée à gauche est dimensionnée de manière à travailler au-dessus de 100 mètres, c'est-à-dire dans des conditions bien meilleures qu'à quelques dizaines de mètres au-dessus du sol.*



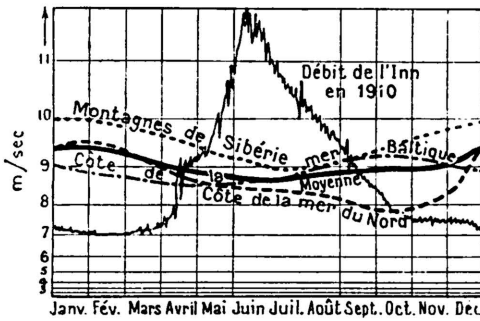


FIG. 2. — COMMENT VARIE, AU COURS D'UNE ANNÉE, L'ÉNERGIE UTILISABLE POUR UNE RIVIÈRE DE HAUTE MONTAGNE (L'INN, ALLEMAGNE) ET POUR LE VENT

La courbe, très irrégulière, représente le débit de l'Inn, type de rivière de haute montagne à grande pente, et les autres courbes, plus régulières, l'intensité du vent dans les montagnes de Sibérie, sur la côte de la mer du Nord et celle de la Baltique. On voit que le coefficient d'utilisation des génératrices qui doivent être prévues pour la puissance maximum est meilleur dans le cas du vent que pour l'Inn, malgré sa grande hauteur de chute. C'est pour cela que le fonctionnement des centrales hydrauliques est plus onéreux que celui des centrales éoliennes.

de vue technique, fonctionnent encore dans des conditions voisines de celles du moyen âge ; mais un jour viendra où les grandes centrales éoliennes vraiment modernes exerceront une influence décisive sur les conditions de la production de l'énergie électrique.

Ce problème fait l'objet, dans le monde entier, de nombreuses conférences ; on invente constamment des appareils de plus en plus économiques ; mais, depuis quelques années, la consommation d'énergie n'augmente guère. Au contraire, depuis vingt mois, celle-ci diminue impitoyablement. Les raisons en semblent insignifiantes : ce sont, en résumé, quelques pourcentages en trop dans la tarification du courant. Pourquoi n'utilise-t-on pas le courant électrique pour la cuisine dans les intérieurs ? Pourquoi les petits artisans ne l'emploient-ils pas pour sécher, fondre, raffiner, etc. ? Pourquoi

l'agriculture ne met-elle pas en œuvre les procédés de chauffage du sol et d'irrigation qui rendent, toute l'année, l'humidité et la température des champs indépendantes du temps qu'il fait, du climat et de la nature du sol ? Parce que le prix de l'énergie électrique est si élevé que le revenu du sol, compris entre 3 et 5 %, ne peut supporter ces frais supplémentaires, parce que ménagères, artisans et industriels doivent employer l'énergie sous sa forme la moins chère, sinon la plus hygiénique et la plus commode. Incontestablement, les communes, comme les états, en sont réduites à ce que peut livrer les usines, et le service des intérêts du capital ne laisse à ces dernières qu'une marge si faible dans la tarification que beaucoup d'inventions profitables ne peuvent voir le jour et sont refoulées dans le néant des archives.

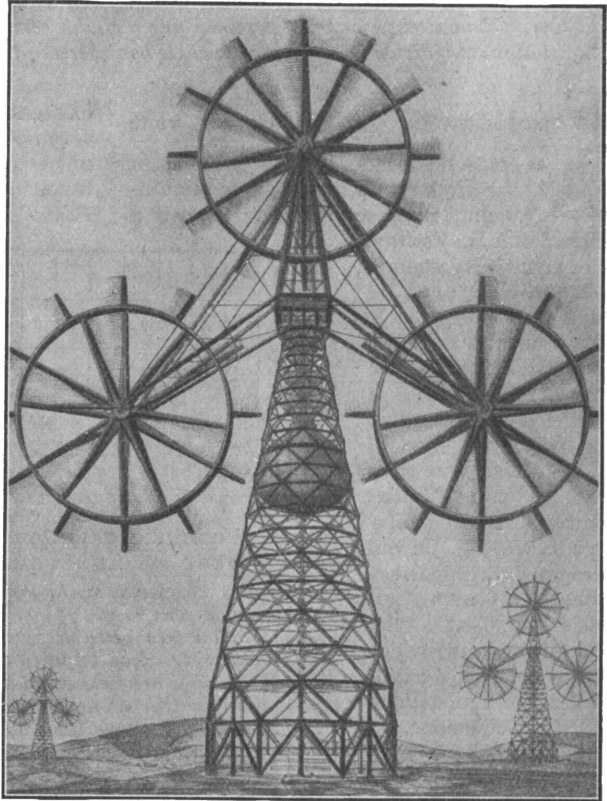


FIG. 3. — PROJET DE TOUR TOUT ACIER DE 500 MÈTRES DE HAUT PORTANT SIX ROUES DE 160 MÈTRES DE DIAMÈTRE COUPLÉES PAR PAIRES ET TOURNANT EN SENS INVERSE. Les extrémités des aubes des immenses roues atteignent une vitesse de 325 km-heure, et le poids total de l'installation est de 5.000 tonnes environ. Les pôles des générateurs sont disposés en couronne sur les roues (voir fig. 6).

C'est pour ces raisons que les états, les grandes entreprises et les techniciens s'intéressent si vivement au problème de l'énergie. Rien ne peut empêcher, en fin de compte, que le fourneau domestique ou la chaudière n'engloutissent d'une manière désespérante nos combustibles, puisque les meilleures machines ne nous rendent sous forme de travail utilisable que 15 ou 20 % au total, et même seulement, la plupart du temps, 3 à 8 % de l'énergie du charbon ou des huiles de pétrole. Quel résultat, en face de la valeur énorme que représente chaque kilogramme de charbon ou d'huile considéré comme matière première de l'industrie chimique ! Et, de plus, il n'est pas téméraire d'envisager l'épuisement des réserves. Mais, par contre, nous disposons de sources d'énergie qui se renouvellent constamment, parmi lesquelles la force du vent est appelée à jouer le rôle principal. Ne représente-t-elle pas en énergie plus de cinq mille fois la production mondiale de charbon, et ne se renouvellera-t-elle pas intarissablement, aussi longtemps que le soleil enverra de l'énergie à notre planète !

Au point de vue technique, l'utilisation de l'énergie du vent s'est répandue dès l'anti-

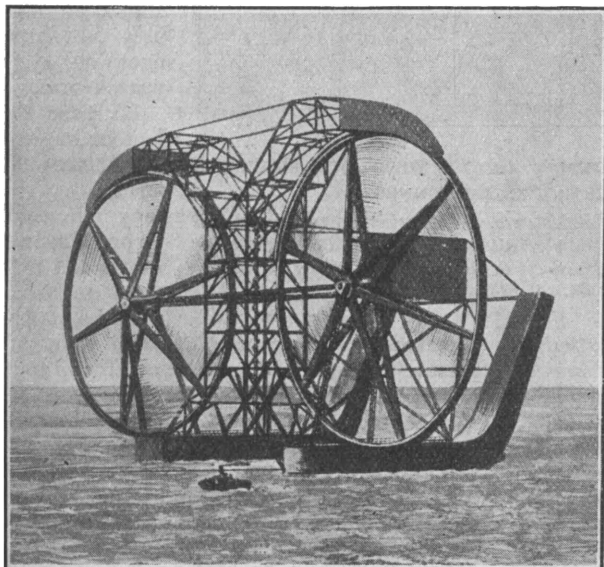


FIG. 4. — PROJET DE CENTRALE ÉOLIENNE MARINE DE 200 MÈTRES DE HAUT POUR L'UTILISATION DES VENTS DE L'ATLANTIQUE, DONT LA VITESSE MOYENNE, A CETTE HAUTEUR, ATTEINT 8 MÈTRES A LA SECONDE

*L'énergie serait amenée à terre par câble sous-marin. Pour des vitesses du vent supérieures à 15 m-seconde, l'ensemble de l'installation s'incline vers l'arrière où les flotteurs sont recourbés. Cette installation peut servir accessoirement de balise ou de phare.*

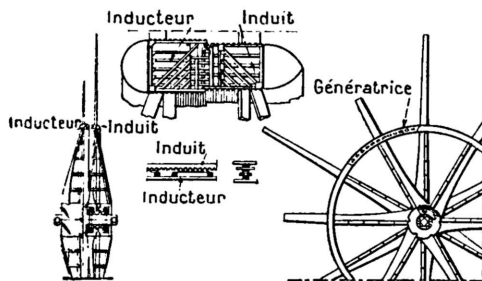


FIG. 5. — DÉTAILS D'UNE ROUE ÉOLIENNE MONTRANT LA DISPOSITION DES GÉNÉRATRICES EN COURONNE

*L'ensemble des deux roues forme une dynamo géante. La première porte les inducteurs et la deuxième constitue l'induit.*

quité. On connaît bien la silhouette du moulin à vent à quatre ailes et la roue éolienne à pales peu nombreuses qui en dérive et que l'on doit aux travaux de Gustave Eiffel et de Paul La Cour. D'autre part, nous trouvons, surtout aux États-Unis, les turbines éoliennes à pales nombreuses, construites sur le modèle des turbines hydrauliques axiales, mais peu appropriées au vent. Il paraît aujourd'hui, d'après des études récentes, que la roue éolienne à grande vitesse de rotation et à petit nombre de pales répond le mieux à l'utilisation du vent. Elle permet, tout d'abord, d'utiliser des vents de 2 mètres par seconde seulement et, de plus, fonctionne avec une régularité remarquable, le nombre de tours par seconde ne variant que de 3 à 4 %, ce qui est peu, même pour des machines modernes.

### L'étude du régime des vents est à la base des installations éoliennes

Et, maintenant, étudions la matière première: le vent dépend de la situation géographique et du profil du terrain; il varie d'un jour à l'autre et d'une saison à l'autre. Il y a donc lieu de prospecter l'atmosphère comme on prospecte une région pétrolière ou un bassin houiller; avant de construire et même de projeter une grande installation éolienne, il faut analyser le champ de forces du vent en déterminant les lois suivant les-

quelles il est distribué en force et en direction. On détermine ensuite les moyennes horaires et les moyennes annuelles qui en dérivent, en ce qui concerne la vitesse du vent, moyennes qui conditionnent les dimensions de l'installation. Pour obtenir la hauteur la plus favorable pour la tour supportant la roue éolienne, on installera des anémographes sur des tours provisoires qui indiqueront la répartition du vent suivant la hauteur. On disposera ainsi du matériel nécessaire pour l'analyse mathématique du champ de force du vent sur la verticale, — problème compliqué où entrent quatre variables : le temps, la direction et la force du vent et la hauteur au-dessus du sol.

Toutes ces études préliminaires ne serviront qu'à dimensionner l'installation de roues éoliennes d'après la puissance que l'on veut obtenir. Le plus souvent, d'ailleurs, un tel luxe de détails est superflu.

Mais, au contraire, ces études minutieuses sont nécessaires lorsqu'il s'agit de puissances installées de l'ordre de 10.000 ou 30.000 kilowatts, avec une production annuelle entre 70 et 240 millions de kilowatts-heure. De telles puissances exigent, en effet, des roues de grandes dimensions, de 80 à 150 mètres de diamètre. Il leur correspond des tours de 300 à 600 mètres de haut, pour utiliser pleinement les vents élevés et la grande surface des roues. Comme la puissance d'une roue dépend du cube de la vitesse du vent, on conçoit l'importance d'une variation de moyenne annuelle de 2 mètres seulement par seconde. Sur l'Atlantique règne un vent si puissant, estimé à 11 mètres par seconde, à 200 mètres de hauteur, qu'avec une série de trois cents roues éoliennes convenables,

à fonctionnement automatique, on pourrait assurer la consommation d'énergie électrique de la France tout entière (environ 15 milliards de kilowatts-heure). Le kilowatt-heure pourrait être livré, au maximum, à 35 centimes, et au minimum, à 5 centimes.

### La tour de 600 mètres conçue pour l'Exposition de Chicago

Une belle réalisation dans ce domaine est constituée par la tour de 600 mètres de haut

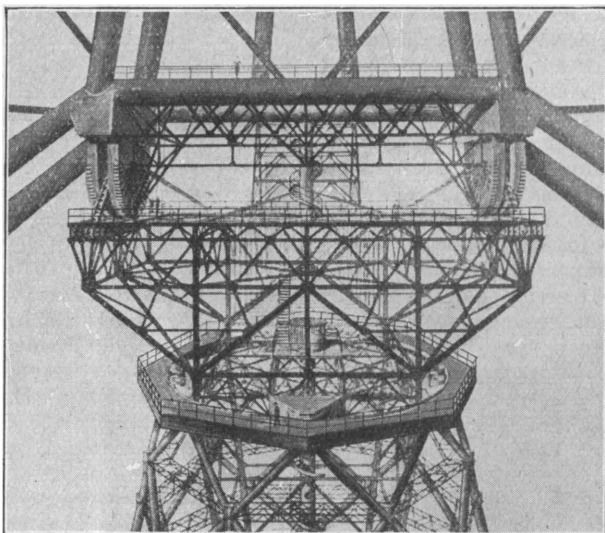


FIG. 6. — AU SOMMET DE LA TOUR QUI SUPPORTE LES ROUES ÉOLIENNES

*On voit, à la partie supérieure, les chemins de roulement qui permettent aux roues de s'orienter dans le vent. Le diamètre de la plate-forme supérieure est de 50 mètres ; hauteur au-dessus du sol, 350 mètres.*

destinée à l'Exposition internationale de Chicago de 1933. Elle a pour but principal l'utilisation du vent régulier et puissant qui souffle à haute altitude. Sa puissance atteindra 75.000 chevaux-vapeur et elle pourra fournir, chaque année, à peu près 100 millions de kilowatts-heure.

La base de la tour mesure 225 mètres de large et de long ; la tour proprement dite a 425 mètres de hauteur. La super-

structure repose sur la pointe de la tour, qui mesure 67 mètres de large, et on trouve tout d'abord un restaurant à dix étages, ayant au total 40 mètres de haut. Au-dessus est située une grande plate-forme de 557 mètres carrés, d'où l'on peut voir jusqu'à l'Atlantique.

La pointe de la tour comporte une station météorologique, la première installée à cette altitude en pays plat.

Six ascenseurs à deux cages peuvent transporter 5.000 visiteurs à l'heure, à une vitesse de 6 mètres à la seconde. Ils se déplacent à l'intérieur d'une colonne en verre de 3 m 2 × 5 m. Le poids total de la construction atteint 15.000 tonnes environ et coûte 4 millions de dollars (100 millions de francs).

Douze mille personnes peuvent visiter simultanément la plate-forme. Au pied de



la tour est disposé un hall de 170 mètres de diamètre, pouvant recevoir 40.000 spectateurs pour les expositions ou les compétitions sportives.

### **Que peut-on attendre de l'énergie électrique produite ainsi à profusion et à bon marché ?**

Il est évident qu'avec de telles quantités d'énergie de nouvelles possibilités d'exportation apparaissent, que des procédés chimiques non rémunérateurs jusqu'à présent, que des inventions industrielles et des perfectionnements inédits en agriculture ou en sylviculture seraient susceptibles d'applications pratiques.

Les concurrents de cette énergie éolienne sont le gaz, l'eau et l'énergie thermique. Les usines à gaz ont incontestablement le plus de frais de production, mais résistent bien par suite du grand débit que leur assure la consommation ménagère. Le prix de la construction de centrales électriques conduit à des prix de l'énergie trop élevés. Les centrales éoliennes présentent, outre l'avantage du bas prix de l'énergie, celui de ne pas avoir à tenir compte des questions de frontière comme cela se présente souvent pour les installations hydrauliques. Il faut, en effet, maintenir constamment le niveau des eaux souterraines, tant pour l'agriculture que pour la navigation fluviale ; souvent, au point de vue hydrologique, l'influence d'un grand barrage et d'une usine hydroélectrique se fait sentir au delà des frontières. Si les méthodes actuelles de production rendent impossibles de grands travaux comme l'alimentation en eau des territoires nord-africains ou le drainage des marais asiatiques, la situation change du tout au tout avec un courant de nuit livré au prix excessivement bas de 1 ou 2 centimes le kilowatt-heure. On peut alors l'employer au chauffage des champs, à l'irrigation ou à l'assèchement. Naturellement, il n'est pas question de démolir les usines actuelles fonctionnant par accumulation dans des conditions de rentabilité excellentes, après que, comme toutes les autres, elles auront été amorties par les excédents des usines éoliennes. On les conserverait pour les heures de pointe et comme réserves de puissance pour les imprévus ; en outre, leur rôle ne se borne pas à la production du courant, mais encore à la régularisation de l'hydrologie des régions montagneuses et des plaines qu'elles desservent. Mais, que l'on songe à ce que représenterait, pour l'Afrique Occidentale et Centrale, l'aménagement de la côte de

l'Atlantique, et quelles possibilités d'exportation s'offriraient à la France par l'échelonnement de centrales éoliennes depuis Cherbourg jusqu'aux Landes !

Peut-on prévoir les multiples utilisations d'une énergie électrique aussi abondante et aussi bon marché ? C'est le développement du four électrique pour la fabrication des aciers de haute qualité, du four de fonderie à haute fréquence, des appareils électriques pour la cuisson ou le séchage des produits agricoles, coloniaux — jusqu'ici non transportables — et aussi industriels. La production de l'énergie ainsi décentralisée recouvrira d'un réseau de lignes de transport à grande distance le pays tout entier, ainsi que de nombreuses colonies ; les chemins de fer pourront, sans inconvénient, être électrifiés rapidement. Ne peut-on aussi envisager le chauffage à distance, grâce au courant de nuit qui rendrait superflues les innombrables installations de chauffage central ou autres ?

L'agriculture elle-même deviendrait une grosse consommatrice d'énergie, soit pour actionner diverses machines, soit pour chauffer des champs entiers, lutter contre les gelées du printemps et obtenir une deuxième et peut-être une troisième récolte.

La grande industrie chimique, celle des métaux légers, pourraient se développer considérablement grâce au bas prix de l'énergie. L'hydrogène chimiquement pur, produit en grandes quantités par électrolyse, permettrait de se libérer de l'importation des huiles lourdes. D'autre part, l'utilisation directe et exclusive de l'hydrogène lui-même comme combustible dans des moteurs de toutes puissances actuellement à l'étude — qui ont un rendement supérieur même à celui des moteurs Diesel — serait, naturellement, encore plus économique.

Ainsi se justifient les projets de roues de grandes dimensions, développant plusieurs dizaines de milliers de kilowatts, actuellement envisagées.

En France, notamment, l'énergie du vent pourrait transformer notre économie nationale, au point de vue force motrice, par la création de 125 grandes installations capables de produire chacune 150 millions de kilowatts-heure pour un total de 5 milliards de francs.

Les progrès de la technique autorisent, aujourd'hui, la conception des ouvrages gigantesques nécessaires à la réalisation de cette conception grandiose de la captation de cette source inépuisable d'énergie : le vent.

R.-W. LADEMANN.