

LES FORCES HYDRAULIQUES DE LA HONGRIE

E. MOSONYI

Chef du Service Hydroélectrique du Ministère Hongrois de l'Agriculture

La première statistique détaillée se rapportant aux forces hydroélectriques disponibles de la Hongrie fut publiée en 1905 (1). Cette œuvre basée sur des levés hydrologiques et topographiques détaillés ainsi que sur des observations limnimétriques de plusieurs années totalisant une centaine de jaugeages était, en son genre, une œuvre de pionnier. En effet, ce ne fut qu'à cette époque que l'on a commencé, en France, les levés systématiques relatifs aux forces hydrauliques ; quant aux statistiques de la Suisse et de la Norvège, elles ne sont pas antérieures à l'œuvre de VICZIAN.

La multitude de données et les indications utiles que comporte l'œuvre de VICZIAN rendent encore à l'heure actuelle de bons services à tous ceux qui s'intéressent aux forces hydrauliques du bassin des Carpates ; c'est ainsi qu'elle a servi de point de départ aux statistiques récentes de la Roumanie et les Tchécoslovaques l'ont également utilisée. Cette œuvre, cependant, ne donne pas de renseignements en ce qui concerne les ressources actuelles d'énergie hydraulique du pays, car les statistiques suivant l'habitude technique et économique d'alors, ont négligé l'énergie des secteurs de plaine des rivières ; et pourtant la Hongrie actuelle n'a que ces secteurs.

Les statistiques publiées depuis 1920, établies plus ou moins arbitrairement, ne peuvent être regardées comme complètes. Par conséquent, à l'heure actuelle, comme les besoins en énergie électrique vont toujours en augmentant, les ressources hydroélectriques intéressent de plus en plus les milieux compétents ; aussi le Service Hydroélectrique procéda d'urgence à la détermination du potentiel hydroélectrique du pays. En effet, ce n'est que sur la connaissance exacte de ce potentiel hydroélectrique qu'on pourra déterminer conformément au degré de développement

de la science, d'une part la totalité de l'énergie utilisable et, d'autre part, l'intérêt économique présenté par l'énergie pouvant être utilisée d'une manière rationnelle.

Le potentiel d'énergie d'une rivière ou d'un système de cours d'eau est donné par la formule :

$$P = \Sigma \frac{1000 \ qh}{75} \ 0.736 = 9.8 \ \Sigma \ qh \dots \text{kw}$$

en additionnant l'énergie des secteurs successifs, où « q » désigne le débit du secteur délimité par deux affluents successifs en m^3/sec . et « h » désigne la dénivellation entre les deux points extrêmes dudit secteur.

Le débit étant variable, le potentiel d'énergie peut être caractérisé de plusieurs façons. Aupa-

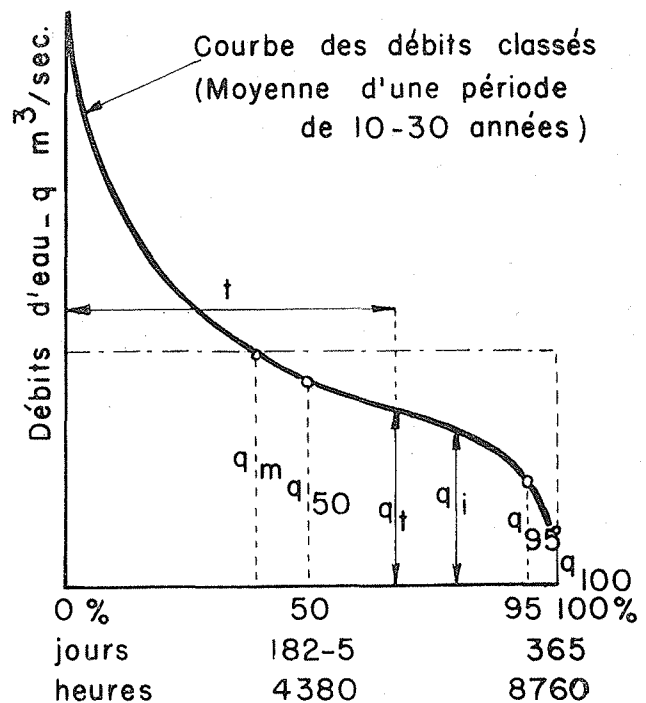


Fig. 1

(1) E. VICZIAN : « Magyarország vizierol » - Les Forces Hydrauliques de la Hongrie - 2^e Edition 1913.

ravant on a déterminé — comme c'est le cas dans l'œuvre de VICZIAN — la puissance théorique de 100 % correspondant au minimum de débit, donc la puissance disponible d'une manière constante, tandis qu'à l'heure actuelle on indique sur la base de la courbe des débits classés les puissances P_{95} et P_{50} déterminées moyennant des débits q_{95} et q_{50} correspondant aux durées de 95 % (fig. 1) et de 50 % (fig. 1) d'une année.

La Conférence Mondiale d'Énergie a adopté également l'indication simultanée de ces deux données pour la base de la statistique mondiale d'énergie hydraulique.

Il va de soi qu'on n'obtient pas de valeurs exactes de « P » en se servant de la courbe des débits classés correspondant à une période suffisamment longue. En effet, la variation du débit modifie la chute « h », c'est donc uni-

quement la courbe de durée des puissances qui donnerait théoriquement les résultats exacts. On se passe, cependant, dans la pratique, de la construction de cette courbe.

La valeur économique du potentiel hydroélectrique est influencée par de nombreux facteurs : situation géographique, conditions topographiques et géologiques, possibilités de mise en valeur du courant produit, etc... Mais, au point de vue purement hydrologique, les facteurs exerçant une influence décisive sur cette valeur sont les suivants :

a). *La valeur absolue de la puissance disponible.*

b). *L'importance relative du débit* ; puisqu'on peut obtenir la même puissance en utilisant un débit faible et une grande chute ou bien un gros débit et une chute réduite, au point de vue éco-

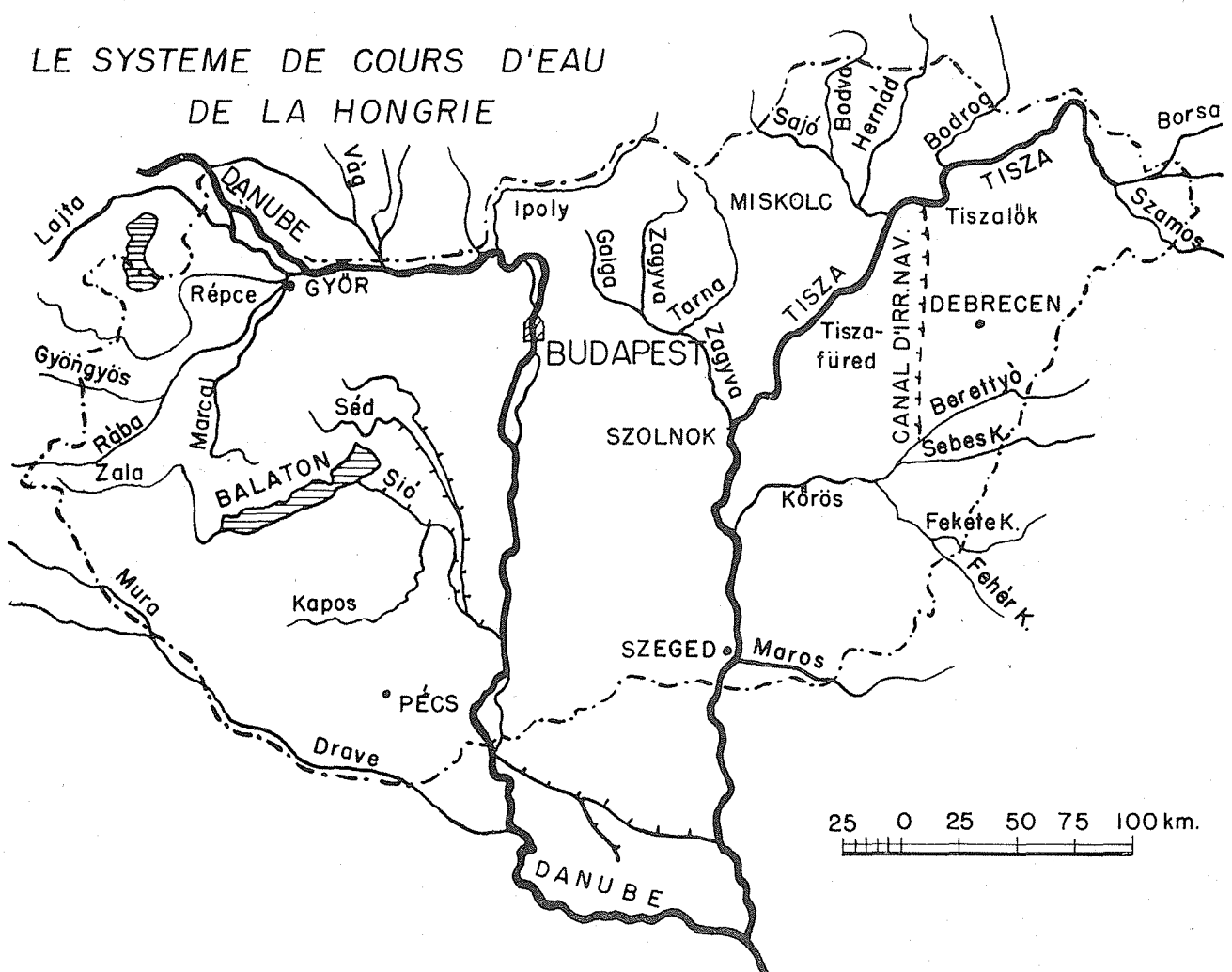


Fig. 2

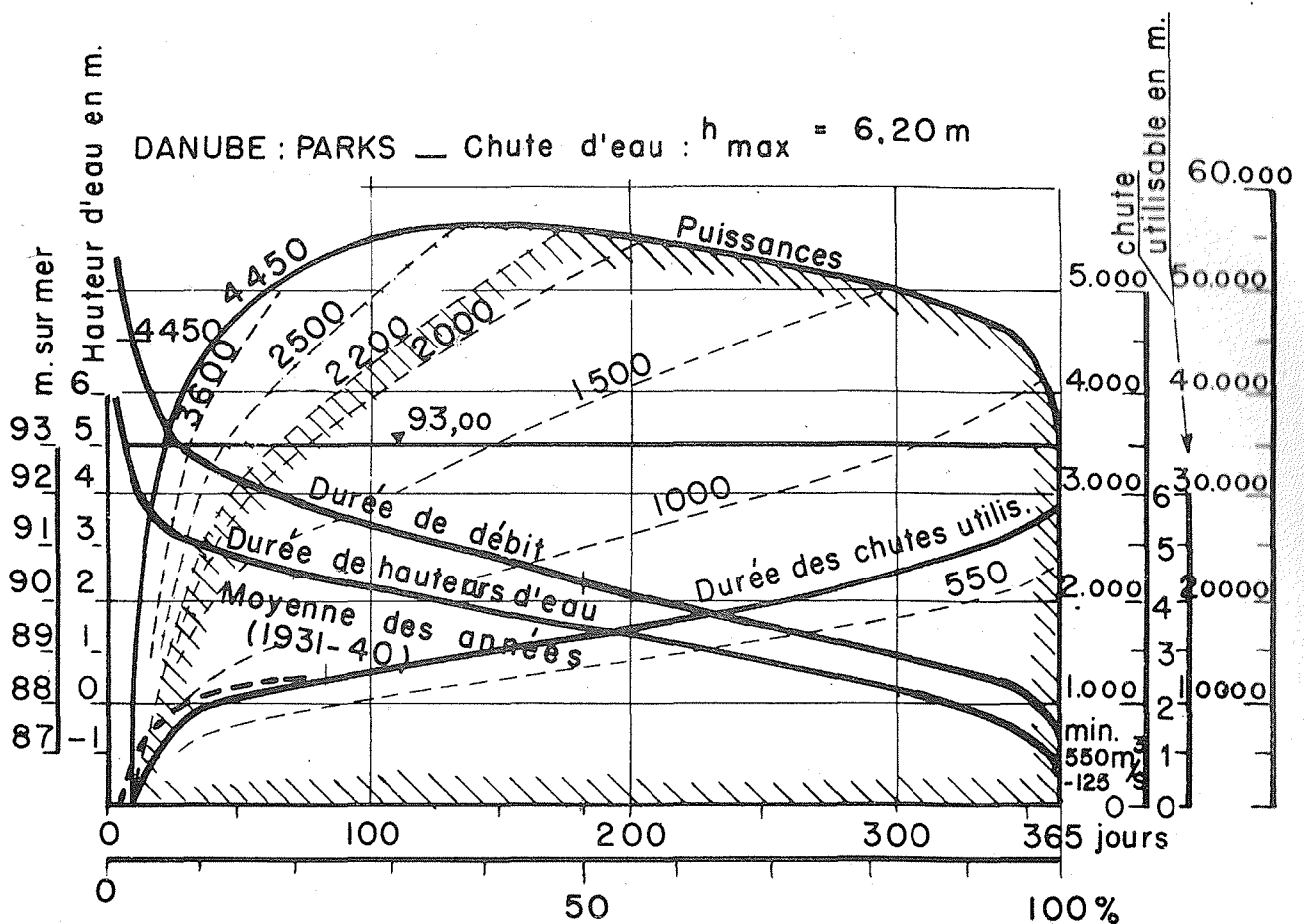


Fig. 3

nomique, le premier cas est plus favorable. De ce fait, les forces motrices des régions montagneuses offrent, en général, plus d'avantages.

c). La variabilité relative de la puissance disponible, qui peut être caractérisée par le rapport :

$$\alpha = \frac{P_{50}}{P_{95}} \text{ ou } \alpha_1 = \frac{P_{50}}{P_{100}}$$

Plus cette valeur est petite, plus les conditions sont favorables.

Suivant les recherches poussées

$$\alpha_1 = 4.0$$

dans le cas du Danube hongrois,

$$\alpha_1 = 4.0 - 6.0$$

pour les rivières de la région occidentale du pays,

$$\alpha_1 = 6.3 \text{ pour la Tisza et}$$

$$\alpha_1 = 7 - 11.0 \text{ pour ses affluents,}$$

valeurs dans lesquelles s'expriment les proprié-

tés caractéristiques des bassins versants et les conditions climatiques.

Les valeurs « α » ou « α_1 » permettent de tirer des conclusions relatives aux puissances disponibles des rivières, dont les conditions hydrologiques sont peu étudiées.

Le potentiel hydroélectrique peut être également apprécié par les quantités d'énergie disponibles E_{100} E_{95} E_{50} /kwh/, valeurs correspondant aux parties respectives de l'aire délimitée par la courbe de durée des puissances.

Le relevé ci-dessous peut être considéré comme provisoire car, en ce qui concerne les cours d'eau de moindre importance, on ne dispose pas encore d'un nombre suffisant de jaugeages. Malgré cela, la valeur totale du potentiel d'énergie est sensiblement exacte puisque le Danube et la Tisza suffisamment étudiés au point de vue hydrométrique représentent plus de 3/4 de nos ressources hydroélectriques.

Il y a lieu, d'ailleurs, de signaler que les cal-

DANUBE : PAKS MOYENNE DES ANNEES 1931-1940

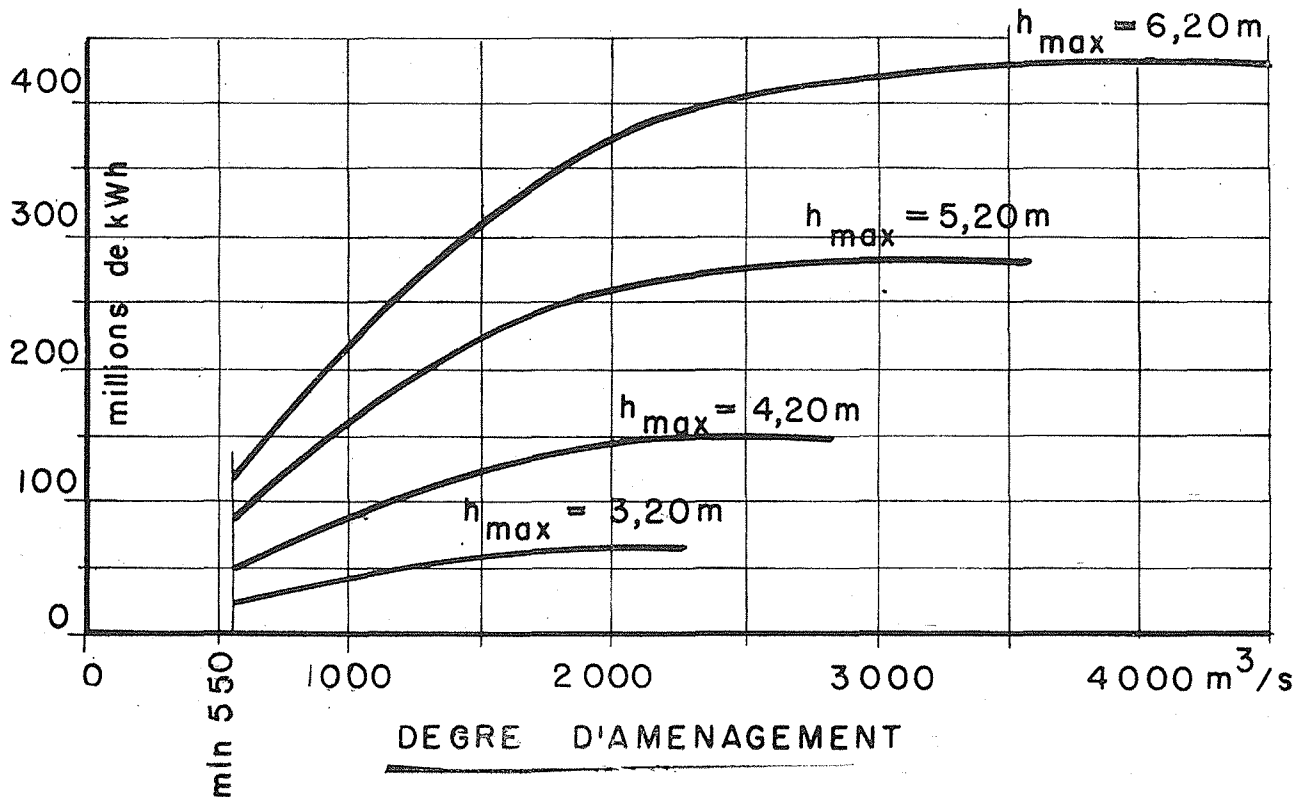


Fig. 4

cuis ont été effectués en se basant sur le total du débit, abstraction faite de diverses exigences autres que celles de l'utilisation des forces motrices.

Sur la base des données disponibles, il nous a semblé plus exact de déterminer les puissances de durée de 100 % correspondant au minimum de débit. En raison de cela, au lieu des valeurs P_{95} figurant, de préférence, dans les statistiques internationales, il y a lieu de signaler que pour la Hongrie le rapport P_{95} / P_{100} est de 1.5 à 2.0.

En ce qui concerne les cours d'eau formant frontière du pays, nos données n'indiquent que la moitié de la puissance disponible.

En calculant les énergies, nous avons remplacé la fig. délimitée par la courbe de durée par une fig. rectiligne, ce qui veut dire :

$$E_{50} = 4380 P_{50} + \frac{P_{50} + P_{100}}{2} \text{ kwh, tandis que}$$

$$E_{100} = 8760 P_{100} \dots \text{ kwh.}$$

TABLEAU I

Le potentiel d'énergie hydraulique de la Hongrie
 $[P = 9.8 \text{ qh} \dots \text{ kw}]$

SYSTEME DU DANUBE					
Cours d'eau et secteur du fleuve (r)	P_{100} 1.000 kw	E_{100} 1.000 kwh	P_{50} 1.000 kw	E_{50} mill. kwh	$\frac{E_{50}}{\Sigma E_{50}}$ %
Danube, frontière-Vag..	53.3	469.0	221.5	1.573.0	21.3
Danube, Vag-Ipoly (moitié)	9.7	85.0	40.0	285.0	3.9
Danube, Ipoly-Budapest	24.3	213.0	107.0	756.0	10.1
Danube, Budapest-front.	82.5	724.0	340.0	2.420.0	32.8
Lajta	0.6	5.3	2.8	19.7	0.3
Raba	9.6	84.1	47.9	336.0	4.5
Gyongyos	0.9	7.9	5.2	37.6	0.5
Répeze	0.7	6.1	3.9	29.0	0.4
Ipoly (moitié)	0.1	0.9	1.9	12.7	0.2
Séd	0.3	2.6	1.8	12.4	0.2
Zala	0.7	6.1	4.2	29.2	0.4
Sio (Balaton et Kapos) .	0.2	1.8	6.8	57.6	0.8
Mura (moitié)	5.4	46.9	21.4	152.0	2.1
Drava (moitié)	14.8	130.0	63.0	445.0	6.0
Total	203.3	1.782.7	867.4	6.165.2	83.5

(1) Voir fig. 2.

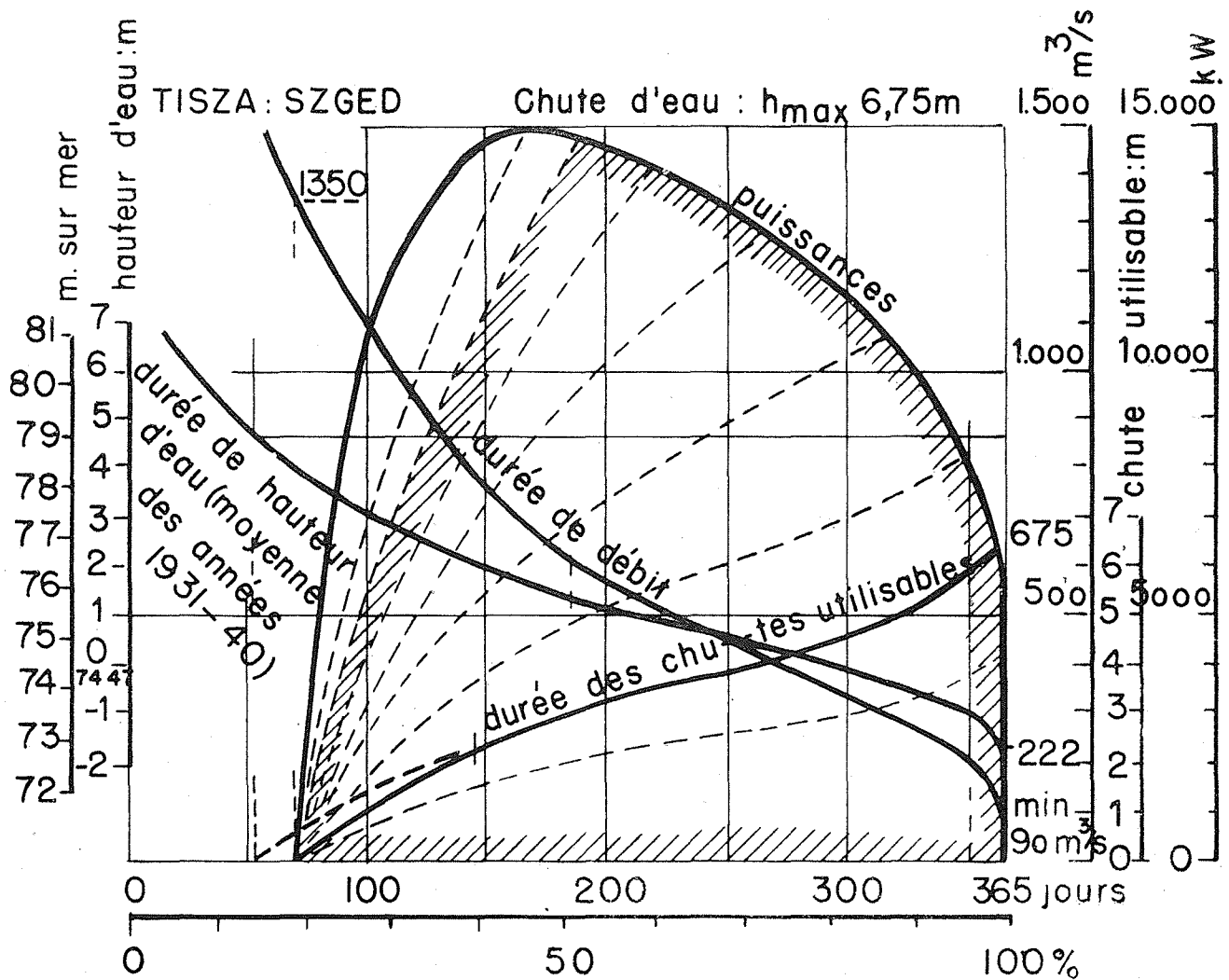


Fig. 5

SYSTEME DE LA TISZA					
Cours d'eau et secteur du fleuve	P_{100}	E_{100}	P_{50}	E_{50}	$\frac{E_{50}}{\Sigma E_{50}}$
	1.000 kw	mill. kwh	1.000 kw	mill. kwh	%
Tisza, frontière-Borsa	1.8	15.7	11.2	77.5	1.1
Tisza, Boéza-Szamos	2.0	17.8	12.9	89.2	1.2
Tisza, Szamos-Bodrog	5.3	46.4	33.5	232.0	3.2
Tisza, Bodrog-Sajo	1.0	8.6	6.2	42.9	0.6
Tisza, Sajo-Zagyva	5.7	50.0	36.2	251.0	3.4
Tisza, Zagyva-Koros	2.2	19.5	14.0	97.5	1.3
Tisza, Koros-Maros	1.0	8.8	6.4	44.4	0.6
Tisza, Maros-frontière	0.6	5.4	4.0	27.6	0.4
Szamos	1.2	10.9	7.5	51.8	0.7
Bodrog	0.2	1.8	1.1	7.5	0.1
Sajo	1.8	15.8	14.2	97.1	1.3
Bodva	0.5	4.5	3.4	23.4	0.3
Hernad	2.3	20.5	14.1	98.0	1.3
Zagyva (Galga, Tarna)	0.4	3.3	3.8	25.4	0.3
Les Koros	0.8	7.0	7.6	51.7	0.7
Total	26.8	236.0	176.2	1217.0	16.5
Hongrie, au total	230.1	2018.7	1043.6	7382.2	100.0

Le résultat final est que le potentiel hydroélectrique de la Hongrie, en se basant sur les débits de 50 % de durée, se chiffre par 1,1 million de kw soit 7.500 millions de kwh.

Suivant la dernière colonne du tableau, les systèmes du Danube et de la Tisza représentent respectivement les 68 % et 12 % du potentiel hydroélectrique total du pays. La diversité hydrologique de ces deux systèmes de fleuve s'exprime, d'ailleurs, par le rapport E_{50} / E_{100} qui est respectivement de 3.5 et 6.0 pour le Danube et la Tisza.

En faisant une comparaison entre les données hongroises et celles relatives à la statistique mondiale (tableau II) il en ressort que le potentiel spécifique de la Hongrie est de 3.4 cv/km² presque identique à la moyenne relative du

TABLEAU II

Bases de calcul : débit = q_{95} rendement = 70 %

FORCES HYDRAULIQUES DU MONDE

Continent	Puissances théoriques minima millions de CV		Superficie mill. km ²	CV km ²	Habitants en millions	CV/mill. âmes
	CV	%				
Europe	56	13	10	5.6	531	105
Asie	71	16	41	1.7	1.198	59
Amériq. du Nord	69	15	24	2.9	180	383
Amériq. du Sud	44	10	18	2.4	93	473
Afrique	190	42	30	6.3	157	1.210
Australie et Oc.	17	4	9	1.9	11	1.545
Le monde entier	447	100	132	3.4	2.170	206

monde, tandis que les 3.4 cv revenant à 1.000 habitants sont bien inférieurs à la moyenne mondiale : 206 cv/1.000 âmes, même aux 105 cv de l'Europe, sans parler, par exemple, des 1.400 cv/1.000 habitants de la Suisse.

Il va de soi que ce n'est qu'une partie du potentiel hydroélectrique se chiffrant par 1.1 million kw, soit 7.500 millions de kwh, qui peut être utilisée. En dehors des pertes dues à la pente des canaux d'aménée et de fuite ou — dans le cas de canalisation de rivières — aux courbes de remous, enfin à la transformation de l'énergie, il faut considérer qu'on n'est pas à même d'exploiter la puissance de certains secteurs (du fait des conditions d'agglomération, etc...) et enfin on ne doit pas oublier qu'en cas

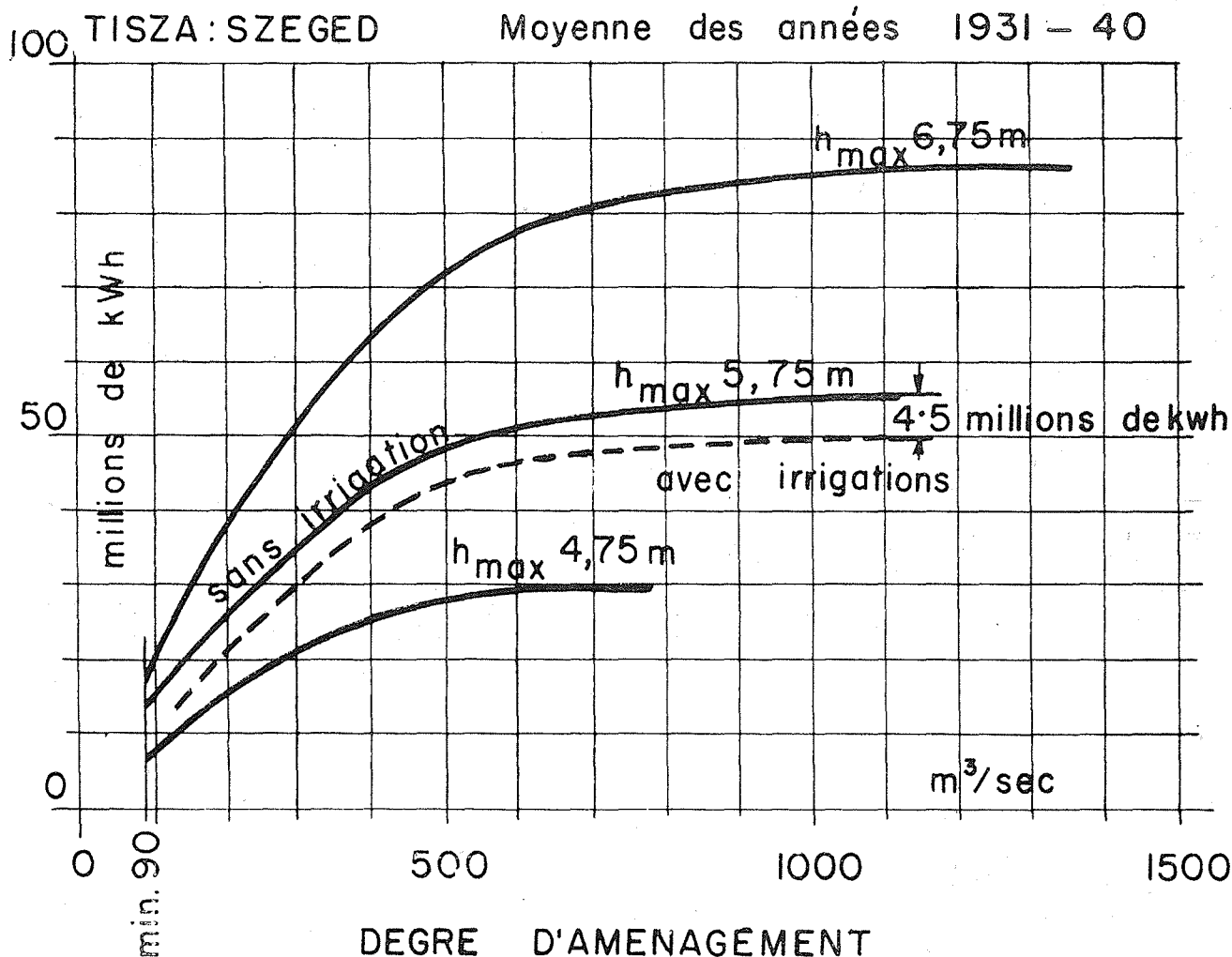


Fig. 6

de canalisation de rivière, en raison de la hauteur fixée du niveau amont, la chute utilisable en temps de hautes eaux, diminue et la production cesse si la hauteur d'eau dépasse un certain niveau.

En prenant en considération tous ces facteurs, admettant les débits de 50 %, comme débit d'aménagement, la production possible d'énergie peut être évaluée à 2000 millions de kwh par an, maximum théorique correspondant au degré de développement des sciences techniques d'aujourd'hui qu'on ne pourrait pas pratiquement atteindre.

Si nous considérons que la canalisation de la Tisza s'impose dans tous les cas, en vue d'assurer les besoins en eau des irrigations tout en satisfaisant simultanément les intérêts de la navigation et que, par conséquent, les frais de constructions* des barrages et des écluses ne grèvent pas la production d'énergie hydraulique, le prix de revient de l'énergie pouvant être produite sur la Tisza (150 millions de kwh/an) ne dépasse pas 18 centimes suisses/kwh, y compris les dépenses d'exploitation et d'amortissement. Ce prix de revient est donc inférieur au prix de l'énergie thermique produite sur place.

D'après nos calculs les plus récents, les usines prévues sur le Danube seraient également à même de fournir de l'énergie à un prix modéré. Par exemple, le prix de revient de l'énergie produite par une usine de 375 millions de kwh/an est évalué à 15-20 centimes suisses/kwh environ. Il y a lieu de noter qu'en évaluant ce prix de revient, on a également fait compte des frais de barrages et des écluses nécessitées par la navigation. Il est surprenant que la production d'énergie des usines prévues sur le Danube soit en état de soutenir la concurrence avec les usines de la Tisza alors que l'on a chargé les premières des frais de construction de plusieurs ouvrages d'art. L'explication en est que les conditions hydrographiques du Danube sont beaucoup plus favorables (hautes eaux de plus courte durée, production plus équilibrée d'énergie) que celles de la Tisza.

En évaluant les frais de production de l'énergie, nous avons fait les calculs en admettant aussi bien dans le cas des usines de la Tisza que du Danube un amortissement de quarante ans

et un taux d'intérêt de 4 %. En ce qui concerne les frais d'exploitation, nous nous sommes servis des expériences faites à l'Etranger.

En somme, nous évaluons la quantité d'énergie pouvant être produite sur nos cours d'eau, à un prix raisonnable, à 1000 millions de kwh.

Considérant le besoin en énergie du pays qui va toujours en croissant, la rédaction des projets se rapportant à l'exploitation de la puissance précitée, mérite une attention spéciale. Le projet de trente ans du Ministère Hongrois de l'Agriculture prévoit la réalisation des aménagements suivants :

- | | |
|---|---------------------|
| 1° - Usines sur la Tisza
(4 biefs) production
annuelle | 150 millions de kwh |
| 2° - Usines sur les cours
d'eau de moindre im-
portance (Sio, Raba
Zala, Sed, Hernad,
etc.) | 50 millions de kwh |
| 3° - Usines sur le Danube. | 375 millions de kwh |

AU TOTAL 575 millions de kwh
(fig. 3 à 6).

Les fig. 3 à 6 représentent les diagrammes se rapportant à la puissance et à la production annuelle d'énergie correspondant aux divers débits d'aménagement et aux maxima de chute pour une usine sur le Danube (fig. 3 et 4) et pour une usine sur la Tisza (fig. 5 et 6).

En cas de $q_{50} = 2200 \text{ m}^3/\text{sec}$, $h_{\text{max}} = 6.20$ et d'une puissance installée de 57.000 kw, on obtient sur le Danube 375 millions de kwh. L'emplacement de l'usine et la hauteur de la retenue ne sont pas encore fixés.

Les quatre usines sur la Tisza de maxima de chute de 6.20, 5.00, 5.00, et 5.50 représenteraient au total une puissance mécanique de 35.000 kw et même dans le cas où nous déduisons les volumes d'eau exigés par les irrigations, il reste encore une production annuelle d'énergie de 150 millions de kwh.

Les graphiques se rapportant aux puissances démontrent des variations sensibles, voire l'interruption complète de la production en temps de hautes eaux, ce qui est manifestement défavorable. Mais étant donnée la diversité existant dans le régime du Danube et de la Tisza et considérant que les usines hydrauliques dans

le réseau national collaboreront avec les usines thermiques et que les usines hydrauliques déjà existantes ne fournissent que les 2 % de la production totale d'énergie électrique du pays, les objections faites dans le passé contre l'aménagement des forces hydroélectriques ne pourraient plus être invoquées.

