



BRGM

AMBASSADE DE FRANCE AU CAMEROUN  
MISSION D'AIDE ET DE COOPÉRATION

LES MICROCENTRALES HYDROÉLECTRIQUES  
EN ZONES RURALES

par

M. LE NIR

80 SGN 815 EAU

Novembre 1980

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES  
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL  
Département de l'EAU  
B.P. 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX - Tél. (38) 63.80.01

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

1 - LES ENERGIES RENOUVELABLES EN ZONE RURALE

2 - LA MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE

3 - TECHNIQUES ADAPTEES DE GENIE CIVIL

4 - DEFINITION DES RESSOURCES - TECHNIQUES SPECIALES DE TRAITEMENT DES DONNEES

5 - CHOIX DE LA TURBINE - TYPES DE TURBINES ET FABRICANTS FRANCAIS

6 - CONCLUSION

## Liste des Figures

- Fig. 1 - Prises rudimentaires
- Fig. 2 - Variation des débits journaliers
- Fig. 3 - Reconstitution des valeurs de débit au moyen des modèles de relation pluies-débits d'un cours d'eau
- Fig. 4 - Types de turbines - débits et hauteurs de chute

## Liste des tableaux

- Tableau 1 - Coûts comparés en 1979 du kWh produit par des centrales électriques de petite puissance (5 - 30 kW) fonctionnant à partir de différentes sources énergétiques dans les pays du tiers monde
- Tableau 2 - Répartition des investissements (1979 - 1980)
- Tableau 3 - Des turbiniers français couvrant toutes les gammes de puissances

## INTRODUCTION

La microcentrale est un moyen de produire de l'électricité particulièrement bien adapté aux besoins et nécessités du monde rural africain.

Fiabilité, longue durée de vie et entretien minime sont les attraits de ce produit qui concurrence efficacement le groupe diesel, dans les régions disposant de ressources hydrauliques dispersées.

La connaissance de ces ressources dans les pays neufs nécessite des techniques spéciales d'étude des débits des cours d'eau mais cette connaissance est primordiale à la rentabilité et au bon fonctionnement des installations. De plus, l'utilisation des moyens de production locaux permet une réduction très sensible du coût des équipements (génie civil).

Les turbiniers français présentent actuellement sur le marché mondial des turbines couvrant toutes les gammes de puissances suivant les débits et les hauteurs de chute pouvant exister sur les sites des microcentrales hydroélectriques.

L'adaptation de la turbine au site et aux besoins est le fait de sociétés d'études qui seules peuvent garantir la productivité de l'installation et rendre compatibles les aménagements proposés avec les autres usages de l'eau qu'il est également vital de conserver : adduction d'eau potable, réseau d'irrigation, pêche par exemple.

## I - LES ENERGIES RENOUVELABLES EN ZONE RURALE

La crise énergétique que subit le monde actuel touche plus particulièrement les zones économiquement fragiles éloignées des grands centres comme le sont les zones rurales.

Celles-ci ne peuvent s'adapter à l'évolution brutale du coût du fuel et le groupe diesel qui avait permis l'électrification du monde rural perd rapidement ses attraits.

Actuellement, la recherche de sources énergétiques nationales utilisables par des unités de production d'énergie dispersées et de faible puissance, capable de prendre le relais des groupes diesels, est une des priorités du monde rural africain.

Les faibles investissements nécessités par les groupes diesels ont perdus leurs attraits devant l'augmentation brutale et continue des coûts de fonctionnement. L'utilisation des énergies douces (solaire - biomasse - hydroélectricité) est devenue une réalité compétitive et un enjeu de développement des zones à faible pouvoir économique.

De toutes les formes d'énergie, l'électricité est celle qui se prête le mieux à la diversification des usages et donc, sans oublier l'intérêt des autres formes d'énergies pour des usages spécifiques (biomasse et production de chaleur), seuls les différents modes de production d'électricité seront comparés dans cette note.

La conférence de Lomé et celle de Kathmandou avaient permis dès 1979 une comparaison des moyens de production dans le cadre d'une utilisation maximale des ressources locales, tant pour l'aide à la construction des ouvrages que pour l'utilisation des matériaux (Tableau 1).

TABLEAU - 1

Coûts comparés en 1979 du kWh produit par des centrales électriques de petite puissance (5 - 30 kW) fonctionnant à partir de différentes sources énergétiques dans les pays du tiers monde

(Conférence de Lomé, TOGO, 1979)

Taux d'intérêt	Coût du kWh en Francs français			
	Branchement sur un réseau existant situé à 25 km	Groupe électrogène diesel	Panneaux solaires à cellules photovoltaïques	Hydroélectricité
10 %	1,50	1,29 *	1,37	0,43
5 %	1,05	1,23 *	0,95	0,30
2 %	0,78	1,21 *	0,73	0,24

\* prix supposé du fuel de 1, 13 F/litre

Ainsi dès cette époque, la microcentrale hydroélectrique était considérée, pour les pays disposant de ressources hydrauliques dispersées, comme un moyen de production très compétitif.

L'évolution du prix du fuel depuis cette époque n'a fait que renforcer les conclusions de la conférence de Lomé. S'il est toujours préférable d'utiliser au maximum les structures locales ne serait-ce que de façon à susciter une activité économique supplémentaire dans certains villages, la microcentrale peut actuellement être importée dans sa totalité et rester compétitive y compris pour les très basses puissances (30 - 50 kW). Ceci est dû aux efforts technologiques des constructeurs qui ont pu standardiser le maximum d'éléments des installations en raison de l'augmentation rapide de la demande.

En France, les turbiniers couvrent toutes les gammes de puissance et peuvent offrir des turbines bien définies quelque soit la puissance et la hauteur de la chute.

## 2 - LA MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE

La microcentrale hydroélectrique comprend de façon générale :

- un ouvrage de prise
  - un canal d'amenée (ou canal de dérivation)
  - une conduite forcée
  - une turbine
  - un multiplicateur de vitesse (éventuellement)
  - une génératrice
  - un transformateur
  - une ligne électrique
  - un bâtiment de protection des installations.
- } ou un barrage -  
} prise créant la  
} hauteur de chute  
}

Cependant le coût de ces divers éléments ne sont pas proportionnels à la puissance installée et en règle générale les coûts diminuent d'une part avec la puissance de l'installation, d'autre part avec la hauteur de chute utilisée.

Le tableau 2 donne un aperçu de la répartition des investissements relatifs à une microcentrale hydroélectrique en fonction de la puissance et de la hauteur de chute.

Le coût relatif élevé du génie civil (40 à 80 % du total des investissements) explique le gain appréciable représenté par l'utilisation de moyens locaux (matériaux, moyens de construction, main d'oeuvre).

La réduction des coûts de génie civil peut également être apportée par une recherche des seuils naturels ou des sites utilisables avec un génie civil réduit.

Par ailleurs, une turbine ne fonctionnant à un rendement élevé que pour une tranche de débit bien déterminé, la connaissance et l'appréciation de la ressource hydraulique (étude hydrologique) sera un facteur fondamental de rentabilité. Cependant, l'équipement de petits cours d'eau, éloignés des stations de jaugeage suivies par des organismes officiels et la durée relativement faible (moins de 5 ans) de beaucoup de séries de mesures nécessitent l'utilisation de techniques de traitement spéciales, absolument indispensables au dimensionnement d'une microcentrale au fil de l'eau ou à faible réservoir compensateur.

### 3 - TECHNIQUES ADAPTEES DE GENIE CIVIL

Plusieurs types d'ouvrages de conception simple en dehors des ouvrages classiques béton et remblais peuvent être construits sur les torrents et les rivières.

TABLEAU 2

## REPARTITION DES INVESTISSEMENTS (1979-1980)

	Lieu	H (m)	P (kW)	PRIX AU kW INSTALLE (F)			
				Electromécanique et turbine	Génie Civil	Total	
Basse chute	France	≤ 5	20	6 000	soit 35 - 40 %	60 - 65 %	16 000
	USA/France	<10	50	4 800	} rarement > 30 % du prix total en basse chute	60 - 80 %	12 000 - 16 000
	USA/France	"	200	3 000			
	France	3	> 500	12 000			
	France	4	"	5 000 - 6 000			
	France	6-7	"	2 500			
	France	10	"	4 000	{ 2 000 électromécanique } { 2 000 turbine } 40 %	60 % { 20 % usine 40 % barrage de prise	10 500
Hte et moy. chute	Pérou	50-60	20	8 300	52 %	48 % (avec conduite forcée)	16 000
	France	50-200	150-400	3 000 - 4 800	50 - 60 %	40 - 50 %	6 000 - 8 000
	France	50-200	200-1000	2 500 - 4 200	"	40 - 50 %	5 000 - 7 000
	France	50-200	> 1000	2 000 - 3 600	"	40 - 50 %	4 000 - 6 000

Remarque: Les proportions données ci-dessus ne représentent qu'une moyenne fondée sur des exemples réels.  
Les conditions particulières à chaque microcentrale peuvent modifier complètement ces valeurs.

Références : Nations Unies - Conférence de Kathmandu - Sept. 1979  
Neyrpic - France  
Camille Dumont - France  
Leroy-Somer - France  
BRGM - France

La figure 1 donne des exemples de prises rudimentaires permettant l'utilisation des ressources locales.

Pour illustrer ces schémas et mieux définir les conditions d'utilisation de ces méthodes rudimentaires et peu coûteuses, il convient de signaler qu'en France un barrage du type "ouvrage planche-enrochement" construit vers 1912 barre encore actuellement la Marne juste en amont de Saint-Dizier. Les débits de crue atteignent cependant 400 m<sup>3</sup>/s.

Les économies réalisables sur le génie civil peut atteindre 20 à 40 % du prix total de l'installation.

#### 4 - DEFINITION DES RESSOURCES - TECHNIQUES SPECIALES DE TRAITEMENT DES DONNEES

Le débit d'un cours d'eau est une valeur instantannée qui change suivant les heures et les périodes de l'année.

Si l'on peut remarquer un cycle annuel dans ces variations de débit, lié au régime des pluies, la variabilité du climat donc des apports à l'écoulement entraîne une variabilité des débits qui ne permet pas d'appréhender le débit exploitable d'un cours d'eau sans des mesures continues sur de nombreuses années (fig. 2).

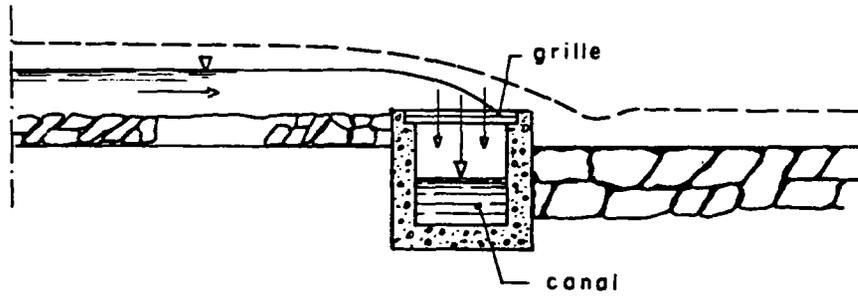
Les séries de débits mesurés sont alors si longues qu'elles nécessitent l'utilisation des ordinateurs pour leur traitement statistique. Les séries de débits formées d'un grand nombre de valeurs numériques seront caractérisées par des valeurs caractéristiques en plus petit nombre possible : ce sont les valeurs de débits caractéristiques.

Ces valeurs qui permettent de caractériser la série des mesures s'attachent tout d'abord à préciser la valeur centrale ou dominante de la série puis situent cette valeur dominante par rapport aux autres observations.

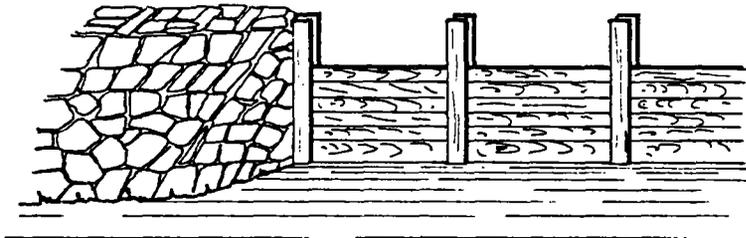
Figure 1

Prises rudimentaires

prise submersible



ouvrage planche-enrochement



ouvrage en gabions

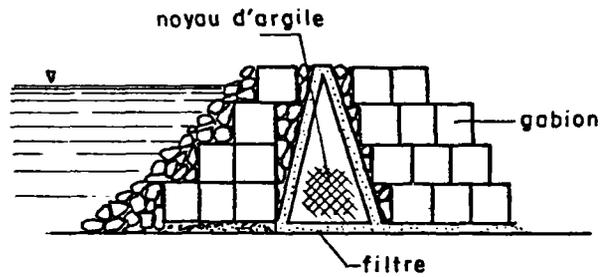
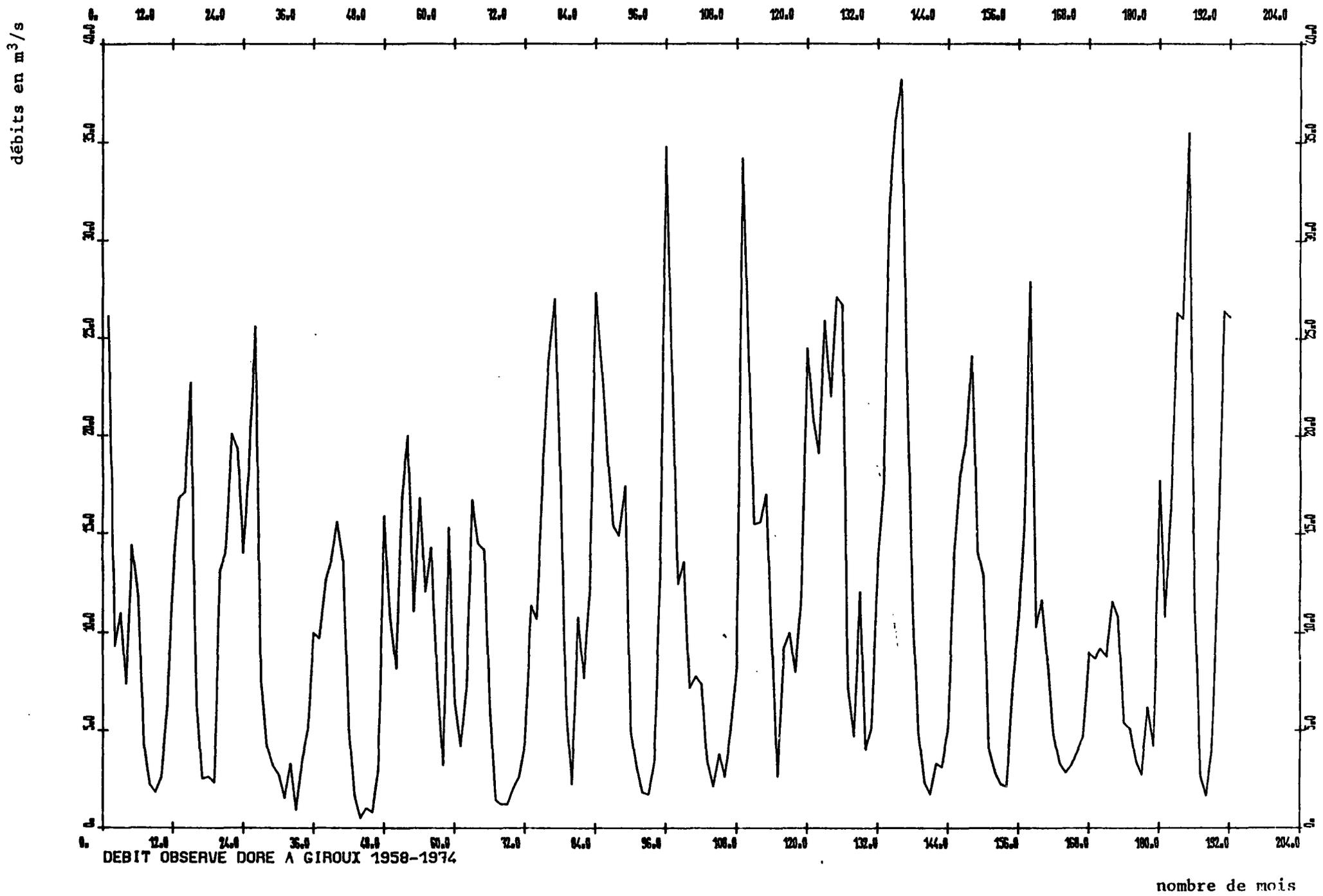


Fig. 2 Variation des débits journaliers



DEBIT OBSERVE DORE A GIROUX 1958-1974

nombre de mois

La précision du calcul d'une valeur caractéristique est fonction directe du nombre d'années d'observation.

Par exemple l'erreur relative ( $\frac{\Delta Q}{Q}$ ) sur le débit médian de la période hivernale de l'Elle (rivière bretonne) est, suivant le nombre d'années utilisé pour le calcul :

$\frac{\Delta Q}{Q}$ médian calculé sur 17 ans	%	nombre d'années de références
88 %		3 ans
38 %		5 ans
29 %		7 ans
23 %		9 ans
18 %		11 ans
15 %		13 ans
13 %		15 ans
12 %		17 ans

Ce seul exemple montre clairement qu'il est illusoire de déterminer correctement les potentialités hydrauliques d'un site exploité au fil de l'eau si l'on ne possède pas 10 années minimum de jaugeages (journaliers).

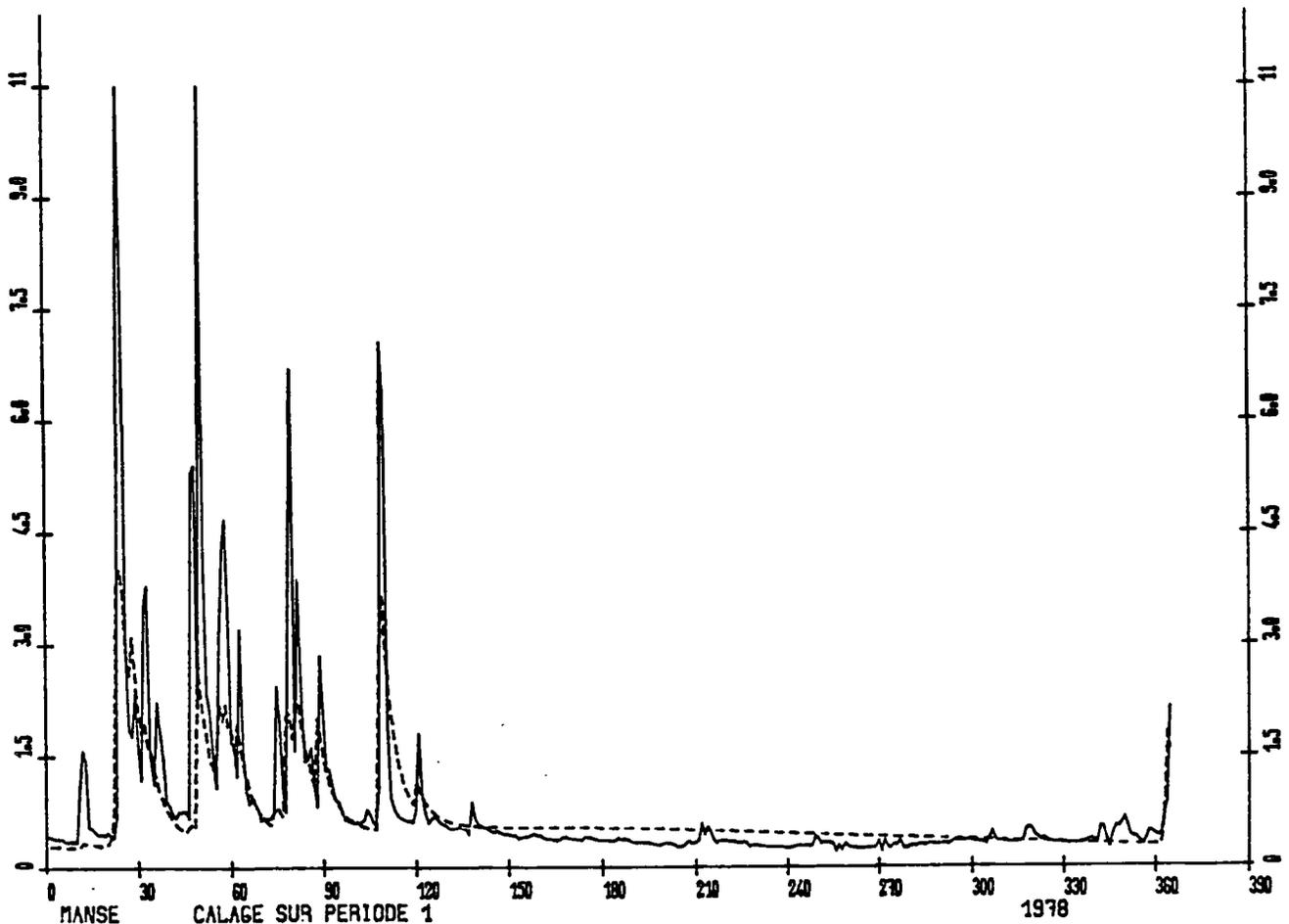
Or les stations de jaugeage de plus de 10 ans sont rares et généralement éloignées des sites à équiper.

Actuellement, il existe des modèles de relations pluies-débits d'un cours d'eau qui permettent la reconstitution des débits journaliers à partir d'une série de données climatologiques et d'une année seulement de jaugeages journaliers (fig. 3). La précision de ces modèles permet d'obtenir dans 80 % des cas une valeur de débit caractéristique avec moins de 5 % d'incertitude, à partir d'une série de débits reconstitués sur 10 à 15 ans.

Le fonctionnement de ces modèles opérationnels au BRGM, ne demande aucune mesure de terrain (en dehors de l'année minimum de jaugeage) à l'encontre de modèles du même type généralement proposés. Ces modèles sont donc d'en emploi peu coûteux et permettent la valorisation immédiate de tout site sur lequel n'existe peu ou pas de valeurs de jaugeage.

Figure 3

Reconstitution des valeurs de débit au moyen des modèles de relation pluies-débits d'un cours d'eau.



## 5 - CHOIX DE LA TURBINE - TYPES DE TURBINE ET FABRICANTS FRANCAIS

Chaque site MCH inventorié est caractérisé par une hauteur de chute et une plage de débits turbinables.

A chaque site correspondra une turbine bien définie en fonction des caractéristiques naturelles (hauteur, débit) et de l'usage envisagé pour la production électrique.

La figure 4 donne une représentation schématique des différents types de turbines adaptés aux débits et hauteurs de chutes qui peuvent être rencontrés dans le domaine des microcentrales hydro-électriques.

Le rôle du bureau d'étude auquel est confié l'équipement d'un site MCH est de définir la turbine en fonction du site et de la demande en énergie afin de pouvoir choisir le turbinier le mieux adapté au cas particulier.

Les turbiniers français couvrent toutes les gammes de puissances et toutes les hauteurs de chute (voir tableau 3).

Leur expérience à l'exportation est bien affirmée et leurs références couvrent de nombreux pays étrangers.

En raison de l'essor actuel de la demande mondiale en microcentrales hydroélectriques, ces turbiniers développent la standardisation de leur matériel ce qui permet de réduire les délais de livraison et diminuer les coûts de production.

Certains de ces nouveaux équipements ont été spécialement étudiés pour l'exportation et l'équipement des zones rurales. Ainsi le BRGM (avec BRIAU) et Camille Dumont ont étudié une microcentrale de 50 kW de basse chute sur incitation du Ministère de l'Industrie (fonds d'aide au pré-développement).

Fig. 4 Types de turbines - Débits et hauteurs de chute

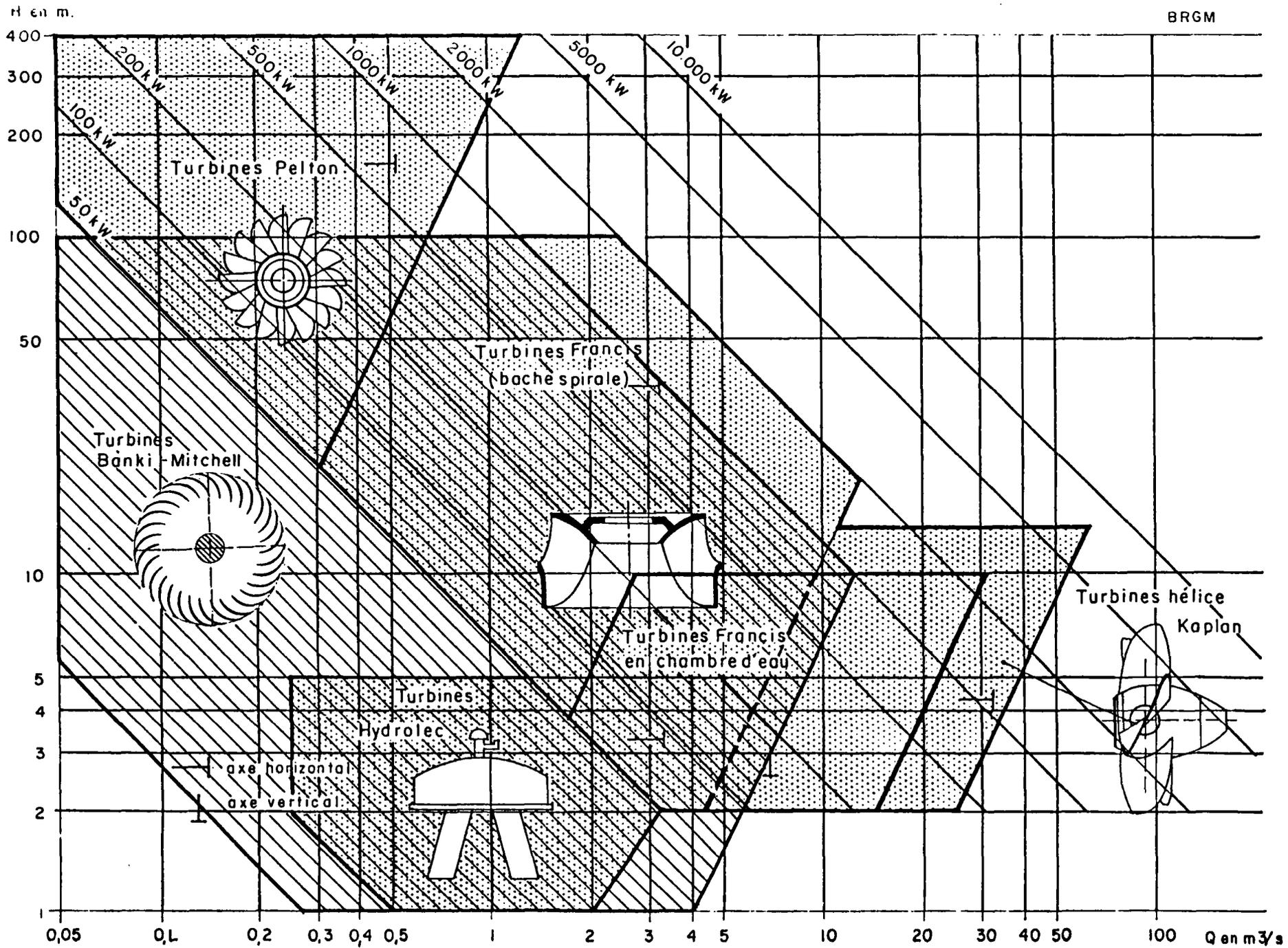


TABLEAU 3

Des turbiniers français couvrant toutes les gammes de puissances

Constructeurs	Nature	Puissances unitaires en kW				
		1	10	100	1000	8000
NEYPRIC	Turbines en S et bulbes (chutes de 2 à 18 m) tous types			150	1500	8000
C. DUMONT & Cie	Kaplan en siphon (chute de 2 à 4 m) tous types		10	205	5000	
LEROY SOMER	Kaplan - Hydrolec (chute de 1 à 9 m)		5	35		
BOUVIER	Exécution unitaires de tous types				500	8000
BOUSSANT	Petites turbines sur mesure de tous types				500	8000
Type d'utilisateurs :						
Domestique (chauffage notamment)		1		35		
Artisanal, petite industrie, hôtellerie...			30	150		
Producteurs autonomes				150		8000
Groupes de restitution de barrages					1000	
EDF						5000 8000

L'installation, robuste et de peu d'entretien, sera mise en place courant 1981 dans la commune de Correns dans le Var (Sud de la France) et servira d'exposition permanente d'une réalisation bien adaptée aux besoins des petites communautés des zones rurales africaines.

## 6 - CONCLUSION

La microcentrale hydroélectrique est un enjeu de développement des zones rurales des pays disposant de ressource hydraulique dispersée.

La microcentrale concurrence avantageusement le groupe rural diesel et les autres modes de production électriques et l'utilisation des ressources locales en matériaux et moyens de construction permet une réduction sensible des coûts d'installation tout en stimulant l'économie du monde rural.

L'essor des microcentrales a permis aux turbiniers français de standardiser une partie de leur fabrication et augmenter la compétitivité de ce moyen de production électrique.

Toutefois la variabilité des conditions naturelles et des besoins nécessite un choix et une adaptation des techniques existantes, par un bureau d'étude pluviodisciplinaire qui seul pourra prévoir et garantir une production en fonction des aléas climatiques des régions concernées. Dans ce domaine la justesse des prévisions hydrologiques est primordiale car si la ressource hydraulique est renouvelable du fait de son caractère naturel, son potentiel est éminemment variable suivant les saisons et les années.