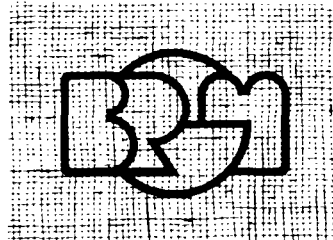


BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cédex - Tél. (38) 63.80.01



E N E R - C O

62 Boulevard des Récollets
31400 TOULOUSE

PROJET DE MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE

SUR LE FLUMEN (Jura)

Etude hydrologique

A. BARGEAS

S O M M A I R E

	Pages
I - SITUATION	3
II - CADRE GEOLOGIQUE	3
III - CADRE HYDROGEOLOGIQUE	5
IV - HYDROLOGIE - HYDROMETRIE	8
1. Les mesures sur le FLUMEN	8
2. Autres bassins	10
3. Approches des valeurs caractéristiques sur le FLUMEN	10
V - ESTIMATION DE LA PRODUCTION	12
1. Le débit réservé	12
2. Calcul du productible	13
3. Influence du débit d'équipement	15
4. Incertitude sur les débits	16
VI - CONCLUSION	17

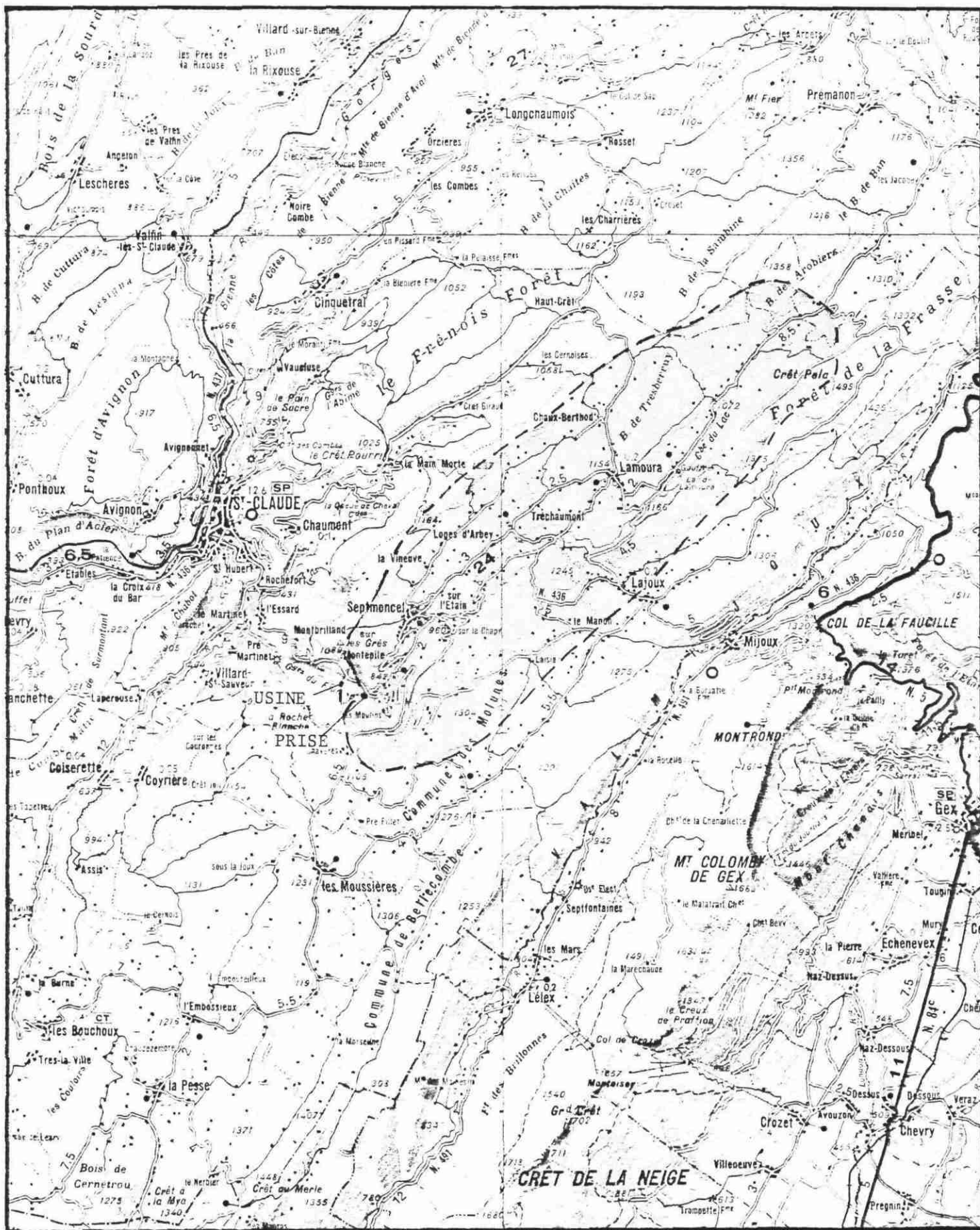
AVANT-PROPOS

Dans le cadre d'un projet d'installation de microcentrales sur la rivière FLUMEN dans le Jura, la société ENER-CO nous a demandé d'effectuer une étude hydrologique afin de dégager les potentialités hydroélectriques de ce cours d'eau.

Ce projet vise à exploiter une dénivelée de 137 m entre le lieu-dit le "Saut du Chien" et la prise d'eau de la centrale EDF existant à l'aval. La puissance maximum brute de cette installation est de 3.360 KW.

Fif. 1 : Situation du bassin versant du FLUMEN et de la microcentrale

à 1/100.000 e



I - SITUATION

Le bassin versant du FLUMEN est situé au S.E. de St Claude (fig. 1) dans le département du Jura. Il est limité au S.E. par la combe de Mijoux.

Le FLUMEN est un affluent de la Bienne qu'il rejoint à St Claude.

L'érosion très active dans cette région a entaillé cette surface plissée du Jura et ainsi creusé d'impressionnantes gorges dont celles du FLUMEN. De direction N.E. - S.O. sur le plateau, le FLUMEN prend une direction perpendiculaire, S.E. - N.O., au niveau des gorges en direction de St Claude.

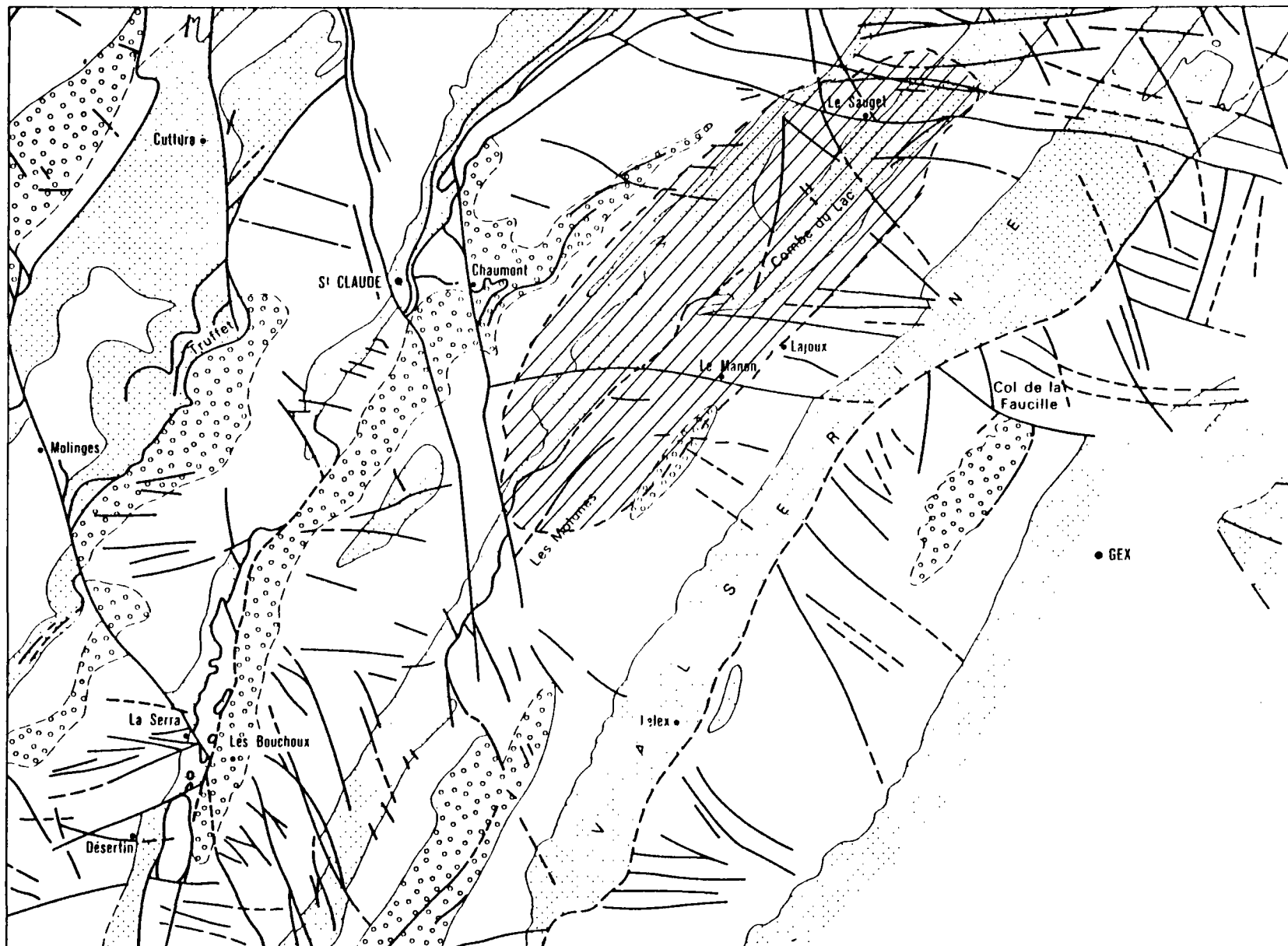
II - CADRE GÉOLOGIQUE

Le bassin versant du FLUMEN s'étend sur le "faisceau helvétique", secteur plissé du Jura caractérisé par une succession de synclinaux et anticlinaux de direction N.E. - S.O. (fig. 2).

Les formations affleurantes sont toutes issues de l'ère secondaire. Le Jurassique apparaît sur les anticlinaux (anticlinal des molunes). Ce sont essentiellement des formations calcaires (falaise du Kimmeridgien au niveau des gorges du FLUMEN) qui contrastent avec les formations plus marneuses du Crétacé inférieur qui apparaissent dans les synclinaux (combe du Lac).

Cette structure plissée est parcourue par d'importantes failles ; ce sont notamment les décrochements senestres de St Claude et Chaumont, de direction N.N.N. - S.S.E. On note également des accidents E.O. (faille le Manon Septmoncel).

Fig. 2 : Schéma géologique et structural de la région étudiée



III - CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Les propriétés des calcaires et l'existence de failles sont à l'origine d'un réseau Karstique très développé dans cette région.

Ainsi, la circulation superficielle est quasi nulle sur les plateaux et les seules réserves en eau sont liées aux dolines dont le fond est tapissé d'argile.

Ces eaux infiltrées alimentent des résurgences au fond des vallées ou à la base des séries calcaires.

Le FLUMEN est un excellent témoin de ces phénomènes ; on y observe :

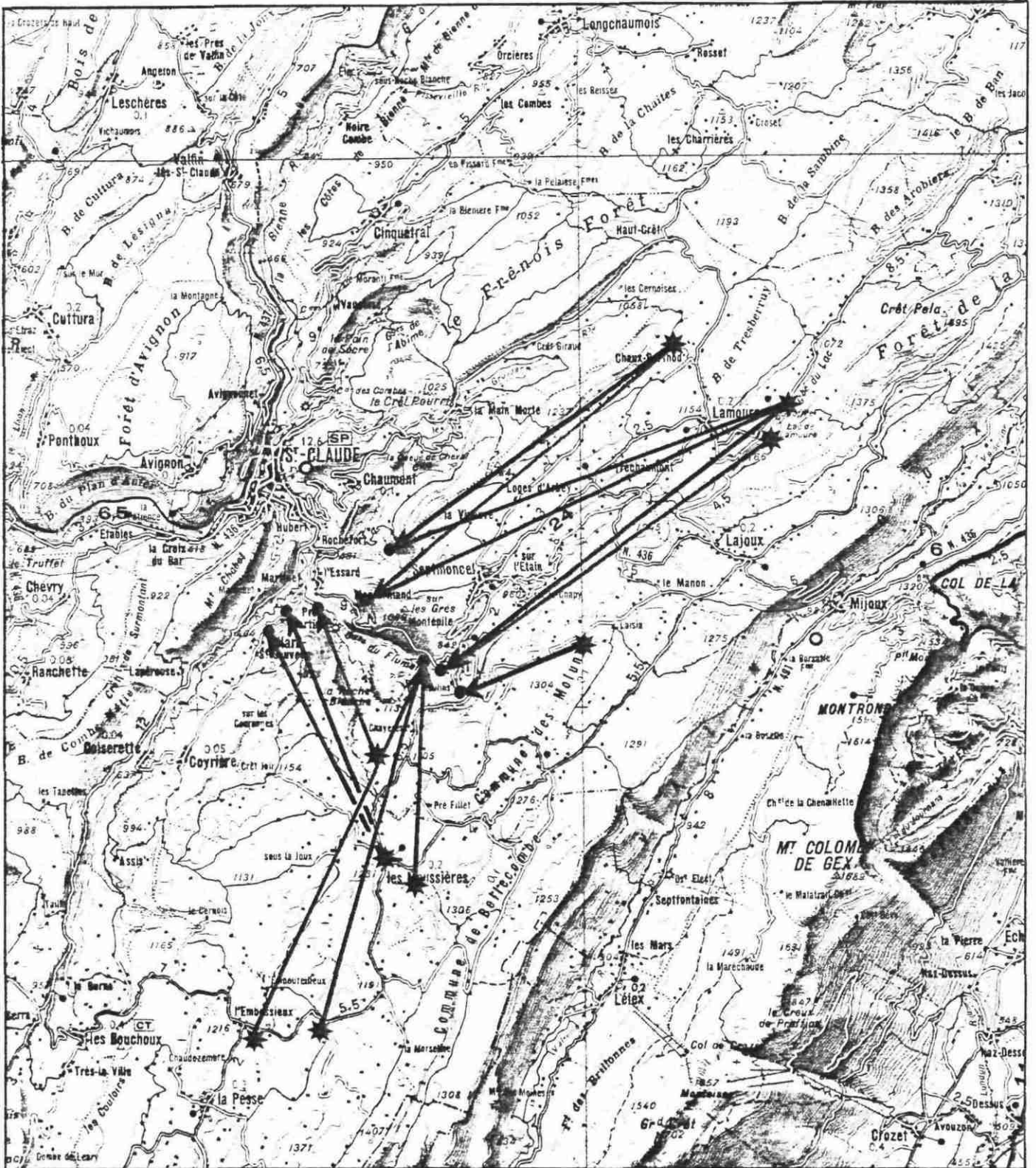
- des gouffres - celui du Lac de Lamoura,
- un réseau superficiel très restreint sur le plateau,
- des résurgences disséminées :
 - . lieu-dit "les Moulins" (1) - fig. 3
 - . lieu-dit "le Saut du Diable" (2) juste à l'amont de la prise d'eau prévue
 - . lieu-dit "les Cascades" (3) à l'amont de la prise EDF.

Les résultats de différents traçages (fig. 3) témoignent de la complexité de ce réseau karstique :

Fig. 3 : Résultats des principaux traçages à la fluorésceine sur le secteur d'étude

★ Point d'injection

● Résurgence



- en période de fortes pluies, le réseau du goufre de Lamoura alimentant la résurgence du FLUMEN, est interconnecté avec celui du cirque des Foules et Montbrilland,
- croisement de réseaux indépendants.

Les pertes du secteur de la Pesse ressortent dans la zone des cascades dans le FLUMEN (direction S.N.).

Ce réseau croise celui des pertes des Mussières qui ressortent vers Villard-St-Sauveur (direction S.E.-N.O.).

Malgré la complexité de ces phénomènes, il semble que le bassin versant superficiel délimité (fig. 1) corresponde assez bien au bassin d'alimentation du FLUMEN au niveau de la prise envisagée.

Les résurgences des cascades seraient en fait alimentées par le secteur de la Pesse (extérieur au bassin versant superficiel) et ne correspondraient donc pas à des pertes à partir du propre bassin du FLUMEN.

Les principales incertitudes qui demeurent sont liées à la répartition des écoulements souterrains à partir du goufre de Lamoura:

- Quelle est la proportion de ces eaux qui échappent au FLUMEN pour alimenter les résurgences des Foules et de Montbrilland ?
- Quelle est la position exacte des résurgences du FLUMEN par rapport à la prise ?
- La principale résurgence apparaît au niveau du "Saut du Chien" (Mesures de Mr. BOCCHIO en 1922-23) mais est-elle vraiment unique ?
- Comment évoluent ces circulations en fonction du régime hydrologique ?

En fonction de ces éléments, nous supposons donc :

- un bassin d'alimentation du FLUMEN au niveau de la prise de 47 km² environ,
- le petit torrent du secteur de Septmoncel aurait un bassin versant superficiel de l'ordre de 10 km²,
- l'essentiel des eaux du FLUMEN émane de résurgences dont le réseau Karstique régularise le régime, les crues sont retardées et moins violentes que sur un réseau superficiel, la décrue s'y prolonge davantage (les vitesses de transfert sont en moyenne de 60 m/h dans ce secteur) mais l'absence d'aquifère important fait que les étiages y sont cependant assez sévères : quelques centaines de litres par seconde.

IV - HYDROLOGIE - HYDROMETRIE

1. Le FLUMEN

Le FLUMEN avait fait l'objet de mesures hydrométriques dans les années 1922-23 sous la direction de Mr. BOCCHIO (Mutuelle du Haut Jura, qui gérait la centrale hydroélectrique à l'aval).

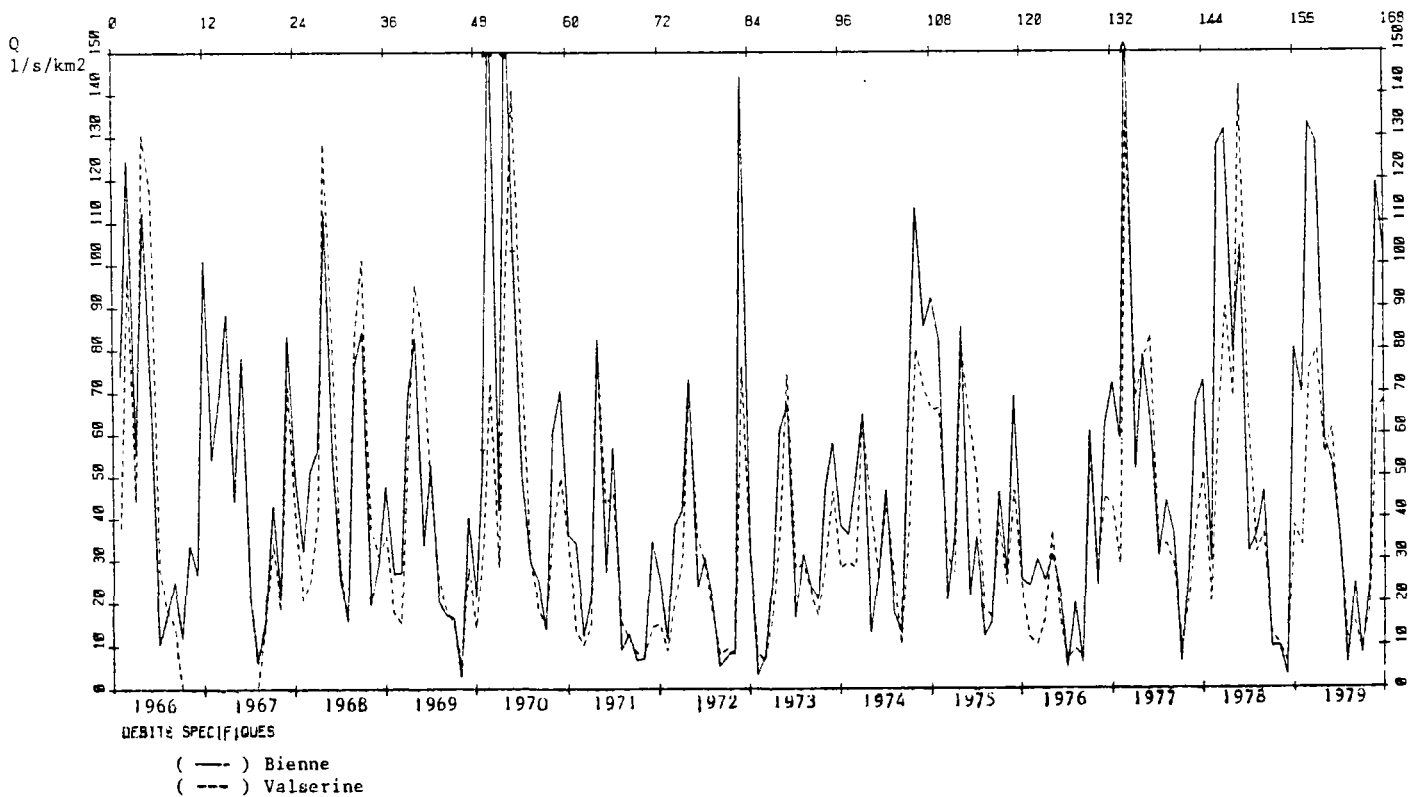
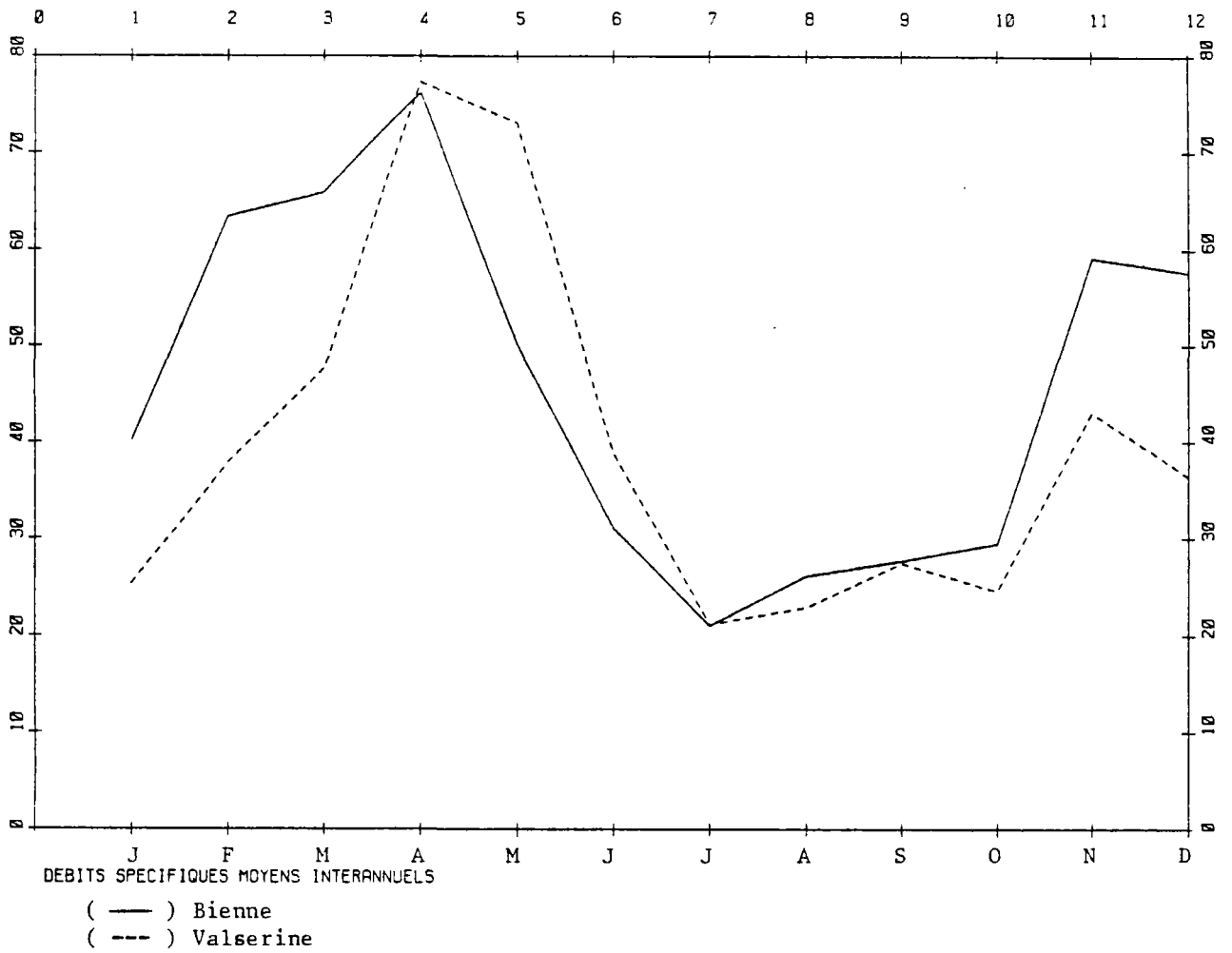
De même, le relevé régulier des productions de cette centrale permettait de donner des indications indirectes sur les débits.

Malheureusement, il n'a pas été possible de disposer de ces archives et seuls quelques fragments de cette information ont pu être exploités. Nous retiendrons notamment :

- des débits absolus d'étiages de 110 l/s au niveau de la prise et 200 l/s à l'aval de la zone des cascades,

Fig. 4 : Comparaison des débits spécifiques de la Bienne et de la Valserine

Q
l/s/km²



- la centrale aval a fourni 2.420 MWh en 1956 et 2.075 MWh en moyenne sur 10 ans, correspondant à un débit moyen turbiné de 720 l/s (équipement à 960 l/s). Le débit de 1 m³/s serait assuré 7 à 8 mois par an.

Un jaugeage a été effectué le 12 avril 1985 sur le cours d'eau amont au niveau du "Chapeau de Gendarme", en période de fonte de neige ; le débit de 111 l/s y a été observé. Le même jour, le débit au niveau du déversoir de la centrale EDF a été estimé à 5 m³/s avec un apport important par les résurgences de la zone des cascades.

2. Autres bassins

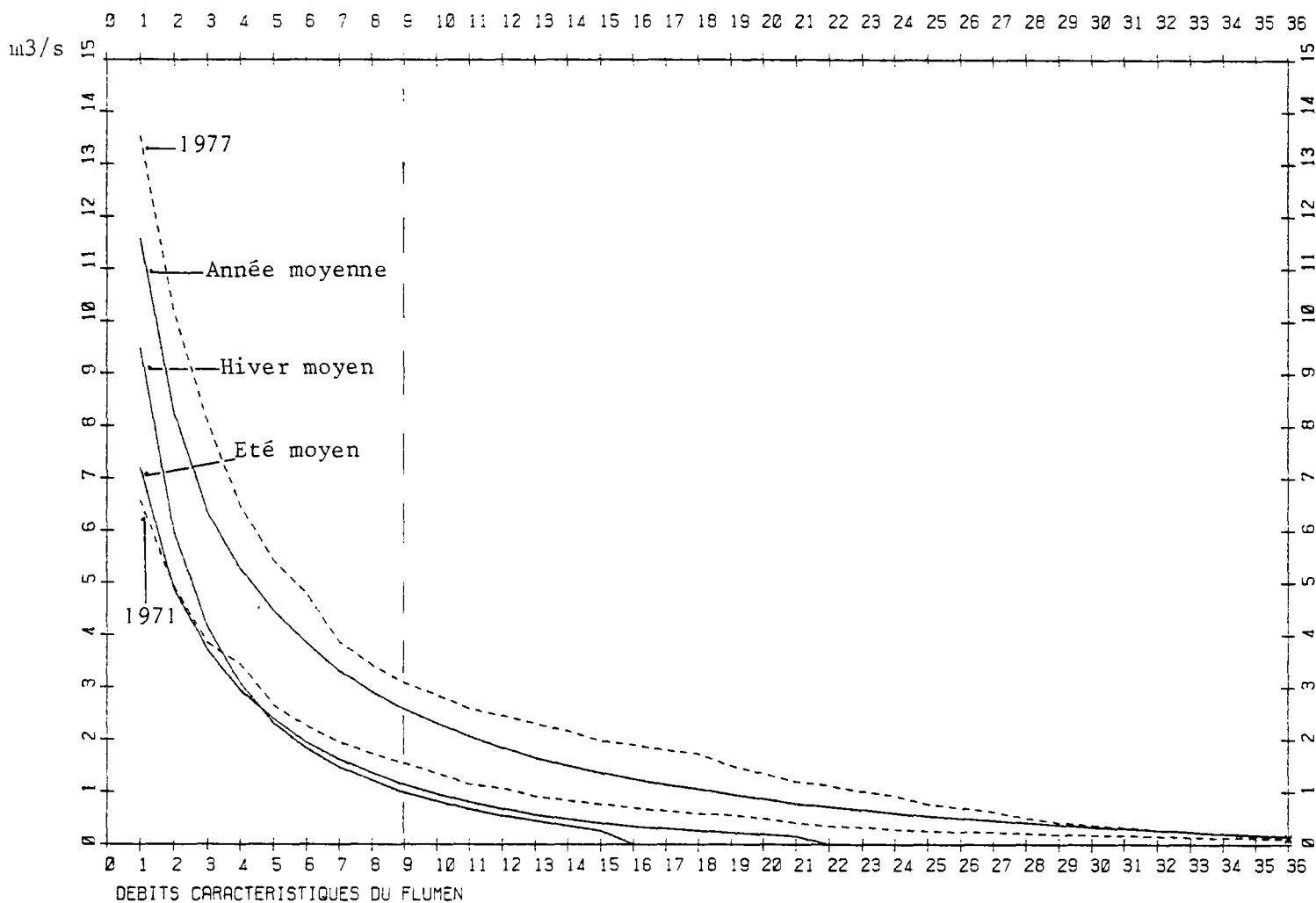
Parmi les rivières du Jura faisant l'objet de mesures régulières du débit, nous avons retenu la Bienne et la Valserine dont les bassins versants entourent celui du FLUMEN. (La Bienne au Nord et à l'Ouest, la Valserine au Sud-Est).

La comparaison des débits spécifiques de ces deux rivières (fig. 4) prouve l'uniformité du comportement hydrologique de ce secteur. Le débit moyen est de l'ordre de 40 l/s/km². Ces rivières sont caractérisées par un régime nivo-pluvial : on note des étiages réguliers en été (juillet à septembre) et parfois en hiver (surtout janvier/février). Les plus fortes valeurs correspondent à la fin du printemps - de mars à mai - (fonte des neiges) et à l'automne (pluies).

3. Approche des valeurs caractéristiques du FLUMEN

Tenant compte de la proximité des bassins versants et de la relative uniformité régionale de la géologie et de l'hydrologie, nous estimons les débits du FLUMEN à partir de ceux mesurés sur la Bienne à Chenavier en les affectant du coefficient correspondant au rapport des superficies de leur bassin versant, soit : 0.22.

Fig. 5 : Débits caractéristiques du FLUMEN
(estimation à partir des valeurs observées sur la Bienne)



On note une variabilité interannuelle pas très importante ;
Cependant, le débit de 2.5 m³ correspondant au DC₉₀ en année
moyenne n'est dépassé que 55 jours en 1971 et près de 120 jours
en 1977.

Les courbes classées d'hiver en été sont très semblables l'une
à l'autre.

Nous disposons de 14 années de valeurs journalières sur la période 1966-79. Dans ces conditions, nous obtenons les valeurs caractéristiques suivantes en m³/s :

	Moyenne 66/79	1971	1977
Débit caract. max. DCM	11.5	6.5	13.5
Débit caract. de 1 mois DC1	6.3	3.8	8.1
Débit caract. de 3 mois DC3	2.6	1.5	3.1
Débit caract. de 6 mois DC6	1.1	0.6	1.7
Débit caract. de 9 mois DC9	0.46	0.24	0.63
Débit caract. d'étiage DCE	0.18	0.12	0.15

Nous retrouvons les valeurs mentionnées par Mr. BOCCHIO avec un étiage d'environ 200 l/s et le débit de 1 m³/s dépassé en moyenne 7 mois/an.

Tenant compte du tarif simplifié d'achat du courant électrique par EDF aux producteurs autonomes, nous avons effectué l'analyse de la répartition saisonnière des débits (fig. 5). Ces deux distributions sont très semblables : le débit de 2.5 m³/s dépassé 40 à 50 jours tant en été qu'en hiver.

V - ESTIMATION DE LA PRODUCTION

1. Le débit réservé

Tenant compte de la spécificité de ce site avec une majorité des eaux émanant de résurgences, il a été convenu entre le maître d'ouvrage et l'organisme chargé de la police des eaux de laisser transiter au niveau de la prise d'eau un débit équivalent à celui du petit torrent venant du plateau.

Une seule mesure a été effectuée le 12 avril 1985 dans des conditions de hautes eaux. La valeur observée (110 l/s) doit donc être considérée comme une approche par excès du débit moyen et nous retenons le débit de 100 l/s comme débit réservé. Il faut noter par ailleurs que si l'équipement choisi est effectivement de l'ordre de 2 à 2.5 m³/s, les turbines seront arrêtées pour un débit inférieur à 300 l/s. Dans ces conditions, le débit transitant dans la rivière serait toujours supérieur au débit réservé.

2. Calcul du productible

Nous avons considéré les rendements communiqués par le maître d'oeuvre correspondant à une Francis double. Au débit d'équipement, le rendement global de l'installation est de 85,5 %. La hauteur de chute brute est de 137 m. Les pertes de charges dans le canal d'amenée et la conduite forcée de diamètre 1.250 mm sont estimées à 4 m au débit d'équipement de 2.5 m³/s.

Dans ces conditions, la puissance installée serait d'environ 2.800 KW :

$$2.5 \times 9.81 \times 133 \times 0.855 = 2.788.$$

Le calcul de la production simulée sur la période 1966-79 sur le FLUMEN en tenant compte des éléments précédents, donne une production moyenne annuelle de 10.353 MWh se répartissant en :

- . 4.941 MWh en hiver
- . 5.412 MWh en été,

correspondant, selon les tarifs du 15.02.85 et considérant la prime de qualité de 25 % sur la régularité de la chute, à une recette de 2.750.000 Francs.

LE FLUMEN
VALEURS SAISONNIERES DU PRODUCTIBLE EN MILLIERS DE KWH
EQUIPEMENT A 2.5 M3/S. PERIODE 1966 - 1979

Annee	Productible hiver mWh	Productible ete mWh	Productible total mWh
1966	6863.	5631.	12493.
1967	5825.	5575.	11400.
1968	4396.	7403.	11799.
1969	4295.	5198.	9493.
1970	5481.	7661.	13142.
1971	2743.	4484.	7227.
1972	4418.	3586.	8004.
1973	2167.	5162.	7328.
1974	6286.	5241.	11527.
1975	4474.	4792.	9266.
1976	4518.	3471.	7989.
1977	7023.	6341.	13363.
1978	4734.	6239.	10973.
1979	5950.	4989.	10939.
QUINTILE SEC	4345.	4620.	7995.
MEDIANE	4680.	5231.	10965.
QUINTILE HUMIDE	6362.	6483.	12577.
MOYENNE	4941.	5412.	10353.
Ecart type	1411.	1219.	2124.

Cette production présente une relative stabilité interannuelle (voir tableau de la page 10) avec un coefficient de variation (rapport écart type sur moyenne) de 20 % :

- ainsi, pendant l'année sèche correspondant à la production dépassée 8 années sur 10, le productible serait de 8 millions de KWh, soit une recette de 2.400.000 Francs,
- pendant l'année humide (dépassée 2 années sur 10), les valeurs respectives seraient 12.580.000 KWh et 3.480.000 Francs.

3. Influence du débit d'équipement

Pour les mêmes caractéristiques d'installations, nous avons testé différents débits d'équipements :

Débit d'équipement	Productible hiver (MWh)	Productible été (MWh)	Productible total (MWh)	Recette (★)
1.5 m3/s	3.820	4.280	8.100	2.325
2	4.465	4.928	9.393	2.575
2.5	4.941	5.412	10.353	2.750
3	5.280	5.760	11.040	2.825

(★) Prime de qualité respectivement de 80 %, 50 %, 25 % et 0 %.

Ces valeurs sont bien sûr à confronter aux investissements correspondants mais l'équipement optimum semble se situer dans la plage 2 à 2.5 m3/s dans l'hypothèse où les débits ainsi estimés correspondent bien à la réalité.

4. Incertitude sur les débits

Nous avons signalé (§ III) l'incertitude demeurant sur l'estimation de la surface du bassin d'alimentation du FLUMEN liée aux phénomènes karstiques.

Nous avons repris les calculs précédents en considérant une variation de $\pm 20\%$ de la surface d'alimentation et même une valeur très pessimiste de $- 50\%$ et testé les différents débits d'équipements :

Productibles moyens interannuels
simulés sur le FLUMEN

Influence de la surface du bassin d'alimentation
et du débit d'équipement

Déb. équip. Surface d'aliment.	57 km ² (+ 20 %)	47.5 km ²	38 km ² (- 20 %)	24 km ² (- 50 %)
1.5 m ³ /s	8.744	8.100	7.253	6.196
2 m ³ /s	10.241	9.393	8.262	6.910
2.5 m ³ /s	11.401	10.353	8.956	7.391
3 m ³ /s	12.392	11.040	9.566	7.761

La variation relative sur la production est moins importante que sur les débits (ainsi à l'équipement de 2.5 m³/s un écart de 20 % sur les débits se ramène à environ 10 % sur la production moyenne) mais elle se traduit par un écart de recette tout de même assez conséquent (environ 350 mille francs pour l'équipement de 2.5 m³/s).

Le débit d'équipement optimum est évidemment variable en fonction de la surface d'alimentation estimée mais une étude plus fine ne peut être entreprise que sur des mesures réelles du débit.

VI - CONCLUSION

Dans l'hypothèse où la surface du bassin d'alimentation du FLUMEN correspond au bassin versant superficiel (phénomène d'apports et de pertes souterrains se compensant), il est raisonnable d'envisager l'équipement de 2.5 m³/s prévu par le maître d'oeuvre. Cet équipement produirait en moyenne 10.350.000 KWh correspondant à une recette de l'ordre de 2.750.000 Francs. Si l'investissement correspondant est effectivement de 12 millions de francs, cet opération s'avère très rentable.

Cependant, en fonction des éléments disponibles, une incertitude de plus ou moins 20 % demeure sur les débits avec une tendance plus probable à la baisse due aux phénomènes de fuite vers le cirque des Foules et le captage de Montbrilland à partir du bassin versant amont (région du Lac de Lamoura).

Avec une superficie d'alimentation de 38 km², l'équipement à 2.5 m³/s produirait environ 9 millions de KWh pour une recette de 2.375.000 francs, assurant toujours une bonne rentabilité de cette opération.

Dans l'hypothèse pessimiste de pertes souterraines estimées à 50 %, ces valeurs tombent respectivement à 7.390.000 KWh et 1.980.000 francs. Un équipement plus faible assurerait alors des conditions de rentabilité plus satisfaisantes.

En fonction de ces incertitudes, il n'est guère possible d'optimiser précisément le débit d'équipement et nous resterons sur la plage de 2 à 2.5 m³/s.

Il est certain que vu les répercussions sur les recettes (110 mille francs pour un équipement passant de 2.2 à 2.4 m³/s), cette étude très fine de l'équipement optimum serait très intéressante. Elle suppose l'installation d'une station de jaugeage au droit de la prise envisagée et son suivi pendant au moins un cycle hydrologique, entraînant un décalage d'une année dans la réalisation de l'installation.

Une dernière incertitude demeure : il convient en effet de s'assurer que la résurgence dite du "Saut du Chien" assurant l'essentiel des débits du FLUMEN est effectivement à l'amont de la prise d'eau envisagée. Le captage de cette résurgence est fondamentale pour cette opération et la prise d'eau doit obligatoirement se situer à l'aval. Il semble que ce soit le cas, mais pour lever toute incertitude, il conviendrait d'effectuer différents jaugeages entre la zone des cascades et le Saut du Chien, si possible dans des conditions hydrologiques différentes pour bien localiser la (les) résurgence (s) et suivre leur évolution en fonction du régime hydrologique.