



C O F R A M I N E S

RECONNAISSANCE DES RESSOURCES EN EAU
SUR LES SECTEURS DE LA BOSSE
ET DES FOSSES D'EXTRACTION DE KAOLIN
REGION D'ECHASSIERES (ALLIER)

RAPPORT DEFINITIF

87 SGN 159 AUV

MARS 1987

par : D. d'ARCY - R. BELKESSA
C. BOUCHET - C. FILIPPI
J. MARTIN - J. BOIS

R E S U M E

Des travaux pour recherche d'eau ont été confiés par la société COFRAMINES au B.R.G.M., service régional Auvergne, en date du 24 mai 1985 : il s'agissait, à partir des besoins en eau estimés nécessaires par la société commanditaire, de procéder en trois phases successives de recherche, à des travaux d'évaluation, puis de prospection et de mise à contribution des volumes disponibles transitant par le massif granitique d'Echassières - les Colettes et ses abords. Le territoire concerné inclut le pointement de la Bosse et les bassins versants qui en rayonnent, mais reste à portée du domaine d'exploitation des kaolins et des zones de prospection minière (environ 40 km² de superficie).

La présente étude concerne la première phase des travaux, dite de reconnaissance des ressources naturelles en eau.

Deux bassins témoins ont été équipés de stations de jaugeage à enregistrement continu, ce qui a permis, pour un cycle hydrologique, une analyse simultanée des débits observés à leurs exutoires. Des piézomètres ont fait l'objet d'une surveillance régulière. Les bilans hydrologiques des deux bassins ont été établis à partir d'une modélisation mathématique (modèle global GARDENIA du B.R.G.M.).

Les bilans ainsi obtenus ont permis de préciser, d'une part la ressource en eau totale disponible dans les bassins versants et parties restreintes de ceux-ci (en fonction des possibilités de captage) ainsi que la part approximative des écoulements souterrains de cette ressource. L'hypothèse d'une infiltration profonde non retrouvée à l'exutoire a pu être examinée pour le bassin de la Gourdonne. L'exploitation ultérieure de ces modèles à l'aide de séries pluviométriques longues permettrait de définir en termes probabilistes les débits moyens annuels et les débits d'étiage.

D'un strict point de vue bilantiel, les quantités d'eau qui ont transité souterrainement par les zones d'altération superficielles du socle ont été évaluées en 1985-86 à 300 000 m³/an pour l'ensemble des 2 bassins témoins (5,4 km²). Pour le massif de la Bosse arrêté à une superficie globale de 40 km², cette quantité serait par extrapolation de 1 800 000 m³/an.

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
1 - HISTORIQUE	1
2 - METHODE DE TRAVAIL	1
2.1 - BASSINS VERSANTS TYPES	1
2.2 - MODELISATION DES DEBITS	2
2.3 - PRINCIPE DU MODELE GARDENIA	2
2.4 - RESULTATS PREVISIBLES	2
3 - EQUIPEMENT DES BASSINS VERSANTS	4
4 - CLIMATOLOGIE	6
4.1 - BILAN GENERAL	6
4.2 - BILANS PAR ANNEE	6
4.3 - DONNEES CLIMATOLOGIQUES UTILISEES POUR LA MODELISATION (GARDENIA)	10
4.3.1 - Pluies	10
4.3.2 - Evapotranspiration potentielle (ETP)	10
5 - HYDROLOGIE	11
5.1 - OBSERVATIONS GRAPHIQUES	11
5.2 - AMELIORATION DE LA PRECISION PAR RAPPORT AUX ESTIMATIONS ANTERIEURES	11
5.3 - DONNEES DE DEBITS	12
5.4 - CALAGE DU MODELE POUR LES BASSINS VERSANTS DE LA GOURDONNE ET DU RU BLANC	15
5.4.1 - Bassin versant de la Gourdonne	15
5.4.2 - Bassin versant du Ru Blanc	16
5.5 - BILAN DES BASSINS VERSANTS	18
5.5.1 - Principe du bilan	18
5.5.2 - Evaluation de la pluie efficace	19
5.5.3 - Evaluation de la composante lente	20

6 - PIEZOMETRIE	21
6.1 - ENREGISTREMENT DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE	21
6.2 - CARTE D'ECOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES	23
6.3 - LA FOSSE DITE "DU BLANC"	23
6.4 - VARIATIONS DU NIVEAU DES FOSSES	25
7 - EXTRAPOLATION DES RESULTATS - BILAN VOLUMETRIQUE	30
8 - DISCUSSION ET GENERALISATION DU BILAN	31
9 - CONCLUSION	34

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
FIGURE 1 : Modèle GARDENIA - Schéma de fonctionnement	3
FIGURE 2 : Carte de situation 1/25 000	5
FIGURE 3 : Pluies mensuelles à Echassières MN-KJ	8
FIGURE 4 : Comparaison des pluies pentadaires à Echassières MN-KJ et Echassières SKB	8
FIGURE 5 : Pluies reconstituées à Echassières SKB (décembre 1985 - novembre 1986)	9
FIGURE 6 : Débits pentadaires de la Gourdonne	13
FIGURE 7 : Débits pentadaires du Ru Blanc	13
FIGURE 8 : Bassin versant de la Gourdonne - calage de référence	14
FIGURE 9 : Bassin versant de la Gourdonne - calage avec perte souterraine de 4 l/s	14
FIGURE 10 : Bassin versant de la Gourdonne - calage avec perte de 4 l/s et RUMAX abaissé à 220 mm	16
FIGURE 11 : Bassin versant du Ru Blanc - calage A	17
FIGURE 12 : Bassin versant du Ru Blanc - calage B	17
FIGURE 13 : Carte en hydroisohypses de l'écoulement souterrain à la carrière de Beauvoir	22
FIGURE 14 : Courbes de tarage	28

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Géologie - travaux miniers - hydrographie - Equipements limnimétriques	
Annexe 2 : Carte géologique de la carrière de Beauvoir	
Annexe 3 : Coupes géologiques à travers le massif d'Echassières	
Annexe 4 : Synthèse des données modélisables	
Annexe 5 : Variations du niveau des plans d'eau, des fosses et étangs du bassin d'Echassières.	

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Pages</u>
TABLEAU 1 : Précipitations - pluie disponible (1975 - 1985)	7
TABLEAU 2 : Comparaison de l'évaluation des débits moyens, selon la fréquence des mesures	12
TABLEAU 3 : Paramètres de calage de la Gourdonne	15
TABLEAU 4 : Paramètres de calage du Ru Blanc	18
TABLEAU 5 : Bilan annuel des bassins versants de la Gourdonne et du Ru Blanc calculés par le modèle GARDENIA	19
TABLEAU 6 : Echassières - Piézométrie : 31/04/85 - 02/12/86	24
TABLEAU 7 : Echassières - variations du niveau des fosses	26
TABLEAU 8 : Bilan volumétrique annuel (01/12/85-01/12/86) par bassin versant	29
TABLEAU 9 : Extrapolation des résultats - bilan volumétrique du massif de la Bosse	30
TABLEAU 10 : Généralisation du bilan volumétrique du Massif de la Bosse	32
TABLEAU 11 : Pluies pentadaires à Echassières MN-KJ (janvier 1984-novembre 1986) en mm	35
TABLEAU 12 : Pluies pentadaires à Echassières SKB (21 janvier 1986 - novembre 1986) en mm	35
TABLEAU 13 : Pluies pentadaires à Echassières SKB reconstituées (janvier 1984-novembre 1986) en mm	36
TABLEAU 14 : Evapotranspiration potentielle de Penman décadaire à Vichy-Charmeil (janv.84-nov.86) en mm	36
TABLEAU 15 : Débits pentadaires de la Gourdonne (25 nov. 85- nov. 86) en l/s	37

TABLEAU 16	:	Débits pentadaires du Ru Blanc (25/11/85-11/86) en l/s	37
TABLEAU 17	:	Débits mesurés en l/s à divers autres points de jaugeages (fréquence hebdomadaire)	38
TABLEAU 18	:	Dépouillement des enregistrements du limnigraphe S.67 Piézométrie journalière	40
TABLEAU 19	:	Contrôle du débit - source de la Gourdonne	41
TABLEAU 20	:	Prélèvements annuels par les syndicats d'A.E.P.	42
TABLEAU 21	:	Hauteurs des précipitations - Poste ECHASSIERES MN-KJ	43

1 - HISTORIQUE

Un rapport d'inventaire, réalisé en 1980 sur crédits du Ministère de l'Industrie, décrit le contexte hydrogéologique du massif de la Bosse, (R. BELKESSA - 81 SGN 774 AUV). L'inventaire des points d'eau et des résurgences complété par des mesures ponctuelles de débits de sources et de ruisseaux contribuent à une synthèse qualitative plus que quantitative.

Les documents produits restent toutefois simplifiés quant au drainage général et à la délimitation des bassins versants partiels, les chroniques de jaugeage ne comportant au mieux que deux mesures par mois, de mars à septembre 1980.

Les hypothèses quantitatives extrapolées de façon théorique à partir de ces mesures dispersées et peu fréquentes sur une période unique de six mois de tarissement, demandaient à être repensées si l'on voulait faire état : d'une part, de quantités d'eau transitant annuellement dans le massif et d'autre part, du volume qui en demeurerait disponible sur un cycle prolongé ; ceci tout en tenant compte de la pluviométrie moyenne, de la superficie prise en compte et du débit réservé pour les captages d'alimentation en eau potable de la butte et l'exploitation de kaolin.

2 - METHODE DE TRAVAIL

L'étude statistique des pluies et les bilans climatologiques décrits dans le présent document, permettent de connaître la pluie moyenne disponible pour le ruissellement et l'infiltration, et de déterminer la représentativité de l'année étudiée par rapport à des modules pluriannuels.

2.1 - BASSINS VERSANTS TYPES

Le jaugeage en continu, des ruisseaux drainant deux bassins témoins, permet d'obtenir des chroniques de débits réels au pas de temps journalier :

- l'un des bassins est entièrement situé dans les micaschistes encaissants ;

- l'autre prend place presque totalement dans la zone granitique ; il inclut le dispositif de fosses reliées par des écoulements de surface, qui sert actuellement à l'alimentation en eau de l'exploitation de kaolin.

2.2 - MODELISATION DES DEBITS

Les mesures obtenues ont servi à une simulation des relations pluie-débits utilisant les possibilités du modèle **GARDENIA** du département EAU du B.R.G.M. (Global **A** Réservoirs pour la simulation des **DE**bits et des **NI**veaux Aquifères).

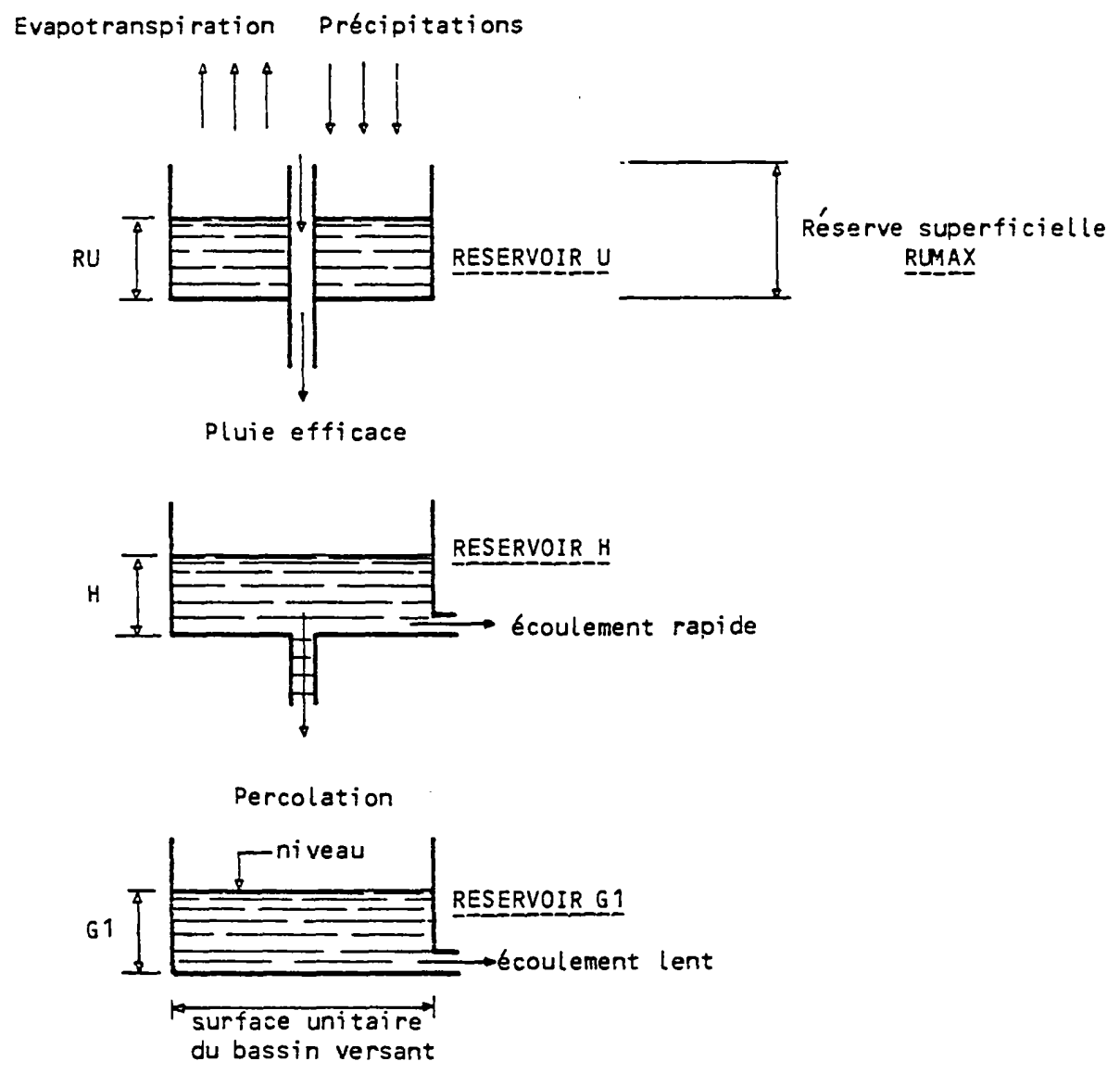
2.3 - PRINCIPE DU MODELE GARDENIA

Le modèle **GARDENIA** est un modèle global conceptuel de simulation pluie-débit. Les hauteurs de précipitation du bassin versant sont représentées par des lames d'eau équivalentes supposées uniformes pour l'unité considérée. L'eau transite alors dans une succession de réservoirs schématisant les écoulements à l'échelle du bassin versant : rétention de l'eau dans les premiers mètres du sol et reprise par évapotranspiration, écoulement rapide vers les cours d'eau ou infiltration vers les nappes, recharge et tarissement de celles-ci produisant un écoulement différé ou lent dans les rivières. La figure 1 représente ces réservoirs avec leurs alimentations et leurs exutoires respectifs.

2.4 - RESULTATS PREVISIBLES

Le modèle **GARDENIA** permet d'établir un bilan cohérent entre les pluies et les débits ; il répartit celles-ci en flux d'évapotranspiration réelle, et en pluies efficaces. Les pluies efficaces sont subdivisées en écoulements rapides (quelques jours après la pluie) assimilables aux ruissellements, et en écoulements retardés (un à plusieurs mois) correspondant au tarissement des réserves souterraines, des plans d'eau et des galeries du bassin versant. Le débit simulé par le modèle est la somme de ces deux écoulements.

Modèle GARDENIA - Schéma de fonctionnement



3 - EQUIPEMENT DES BASSINS VERSANTS (figure 2)

Les bassins micaschisteux et granitiques, respectivement de la Gourdonne et du Ru Blanc sont équipés au pont de Cambray (J1) et à Echassières (J5), de stations de jaugeage avec seuils déversants, mires limnimétriques et limnigraphes ; ces équipements ont permis, après tarage, d'obtenir des mesures en continu du débit des ruisseaux, mesures qui ont été discrétisées, au pas de temps journalier, par intégration des valeurs instantanées.

Les petits bassins, granitique de Fombelle (granite des Colettes) et micaschisteux de la Fontcouverte, sont équipés respectivement à Fombelle (J0) et à Echassières (J4), de seuils déversants munis d'une mire simple. La fréquence des mesures est hebdomadaire.

Le déversoir naturel, en trop-plein, du lac des Montmins est jaugé hebdomadairement au bas de la cascade (J7).

Les débits en provenance, soit des rejets de l'exploitation, soit du déversement en trop-plein du lac SKB, (soit des deux), sont jaugés à la buse passant sous le chemin du château, à son débouché sur la route D.998. Un certain apport par le trop-plein de l'étang des Marquises lorsqu'il fontionne vient grossir cette mesure.

Pour suivre la variation du niveau des plans d'eau, des mires limnimétriques ont été placées sur les fosses des Montmins, de la Fontmoulins, du Rouge, de la Grosse Machine et sur l'étang des Marquises. Un appareil enregistreur suit le niveau du lac SKB en continu.

Une dizaine de tubes piézométriques subsistent et sont relevés hebdomadairement ; de plus, un limnigraphe OTT vertical est placé sur le sondage tubé S.67 pour un enregistrement en continu du niveau des eaux souterraines au droit de la carrière SKB.

Une station météorologique fonctionne sur le site d'Echassières, comportant un pluviographe enregistreur, un thermographe, un barographe et deux thermomètres à mini-maxi, sous abri (poste Echassières SKB).





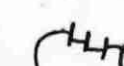
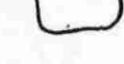





-  Limite de bassin versant
-  Captage d'AEP
-  Station de jaugeage
-  Points de jaugeage
-  Piézomètre équipé d'un limnigraphe
-  Station météorologique
-  Contour du massif granitique
-  Ecoulement superficiel
-  Fosse en eau ou retenue

Fig. 2 : CARTE DE SITUATION

Echelle 1/25 000

4 - CLIMATOLOGIE

4.1 - BILAN GENERAL

Dans une première phase, un bilan moyen a été esquissé sur une période de 15 années 1970-1984, au pas de temps mensuel, selon la méthode de TURC. Les données climatologiques utilisées sont uniquement celles recueillies aux postes de la Météorologie nationale les plus proches, soit Echassières (Kaolin James) pour la pluie et la température et Vichy Charmeil pour l'insolation.

Les données à Echassières MN-KJ* (700 m) ont comporté sur le conseil du centre de météorologie régional, une correction d'altitude des durées moyennes d'insolation à partir de celles mesurées à Vichy-Charmeil (219 m), ce qui aboutit à une minoration de ces valeurs d'environ 20 %.

La réserve facilement utilisable du sol a été prise égale à 50 mm d'eau, chiffre avancé par les spécialistes régionaux pour les sols de semi-altitude.

On trouve sur cette période une valeur moyenne de pluie disponible interannuelle égale à 284 mm d'eau. Cette tranche d'eau correspond à la part des précipitations qui se trouve disponible pour le ruissellement (mesurée aux exutoires des bassins versants) mais aussi à une partie qui a pu s'infiltrer dans les surfaces d'altération du sol et qui peut contribuer à alimenter une nappe souterraine, surtout dans les arènes granitiques.

4.2 - BILANS PAR ANNEE

Les données climatologiques sont toujours celles d'Echassières MN-KJ. Le bilan a été refait ponctuellement pour l'année 1985 et pour le début de l'année 1986, avec les mêmes hypothèses de calcul.

La comparaison de ces derniers résultats peut être directement faite avec ceux calculés de 1975 à 1979 dans le rapport d'inventaire de 1980, car les hypothèses de calcul sont aussi les mêmes pour la partie climatologique.

* MN-KJ : Météorologie nationale. Poste Echassières Kaolins James.

TABLEAU 1

ANNEE	PRECIPITATIONS (mm)	PLUIE DISPONIBLE (mm)
1975	750	279
1976	885	397
1977	1055	437
1978	745	322
1979	930	386
1985	597	233
MOYENNE 1970-1984	846	284

On peut ainsi approcher les notions d'années : sèche, normale, humide, pour le poste météorologique d'Echassières MN-KJ (+ 700 m) et pour une série normative de 15 années seulement.

	<u>Précipitations</u>	<u>Pluie disponible</u>
- l'année sèche correspondrait à	P = 600 mm	Pd = 240 mm
- l'année médiane correspondrait à	P = 820 mm	Pd = 350 mm
- l'année normale correspondrait à	P = 830 mm	Pd = 300 mm
- l'année moyenne correspondrait à	P = 846 mm	Pd = 284 mm
- l'année humide correspondrait à	P = 1030 mm	Pd = 430 mm

Selon ces critères, on voit que l'on se situe en 1985 en année particulièrement sèche avec P = 597 et Pd = 233 mm.

En 1985-86, l'année est assez sèche avec P = 764 mm de décembre 1985 à décembre 1986, mais les répartitions se sont révélées très inégales : jusqu'à la mi-juin, le semestre a été particulièrement pluvieux ; par contre les mois d'été (juillet et fin d'août) et l'étiage prolongé d'octobre à décembre ont été désastreusement secs.

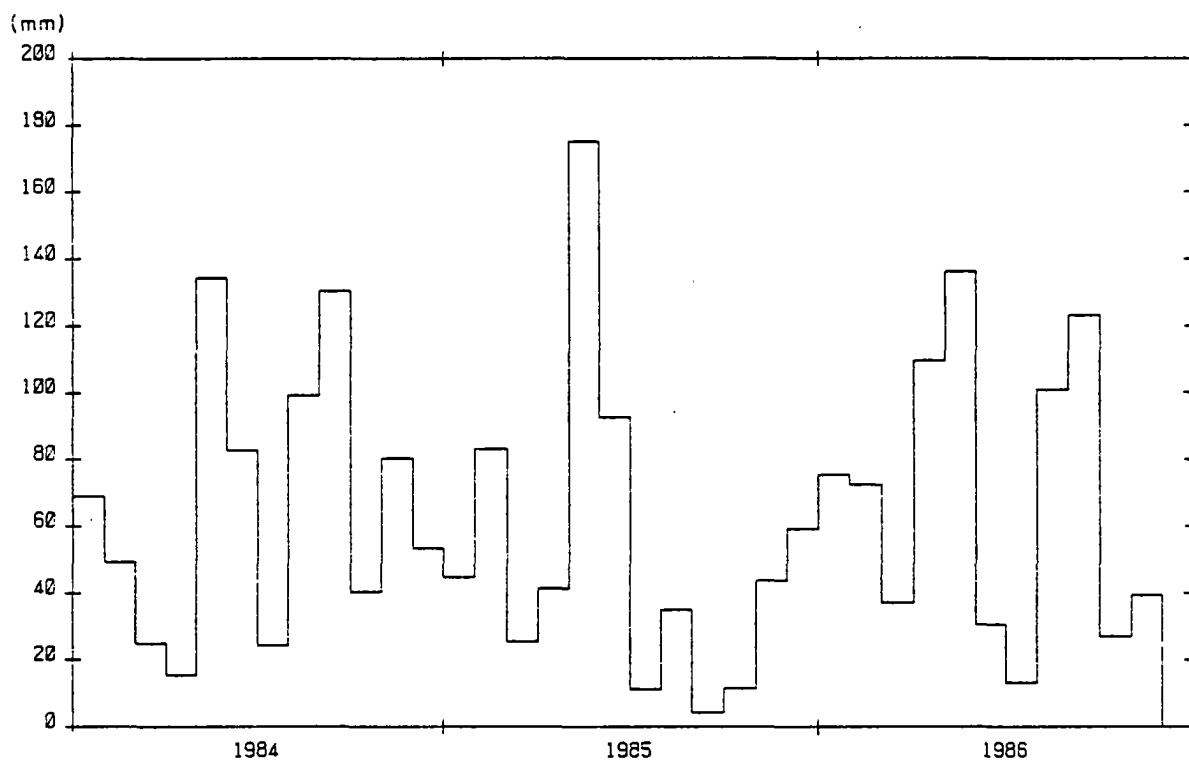


Fig.3 - PLUIES MENSUELLES A ECHASSIERES (MN-KJ) (1984 à novembre 1986)

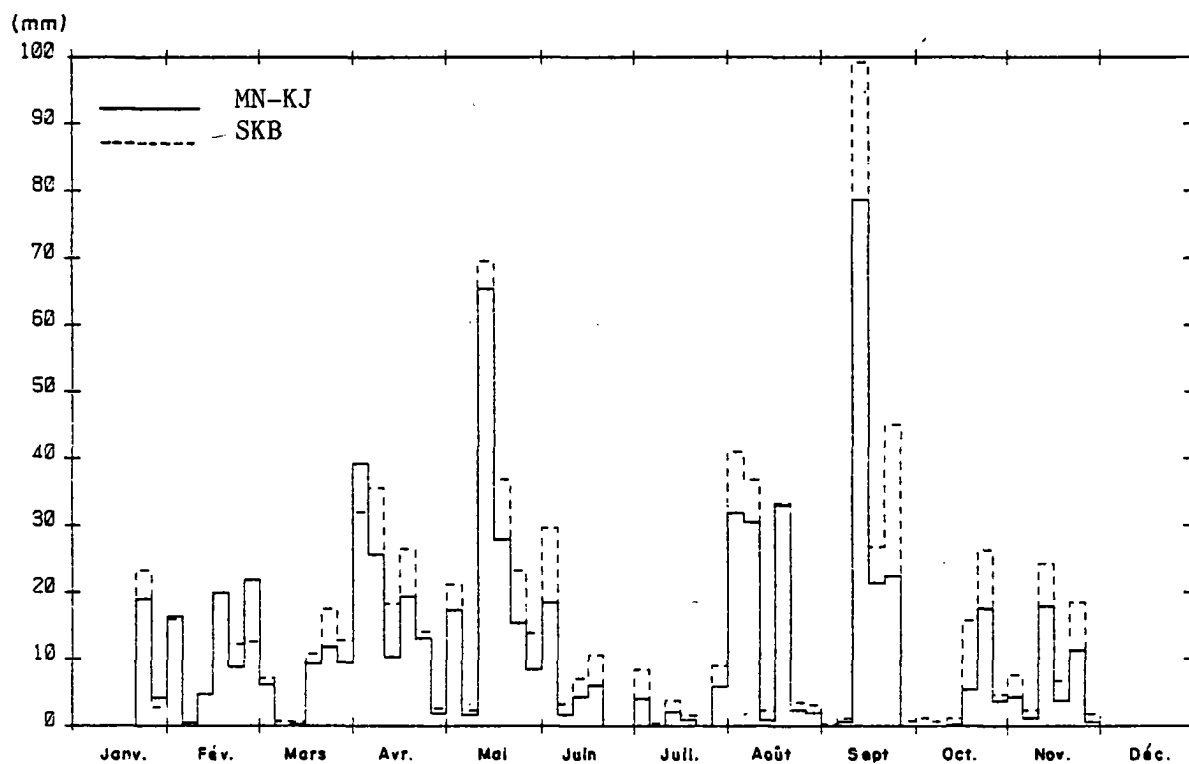


Fig.4 - COMPARAISON DES PLUIES PENTADAIRES (février à novembre 1986) à ECHASSIERES MN-KJ et ECHASSIERES SKB

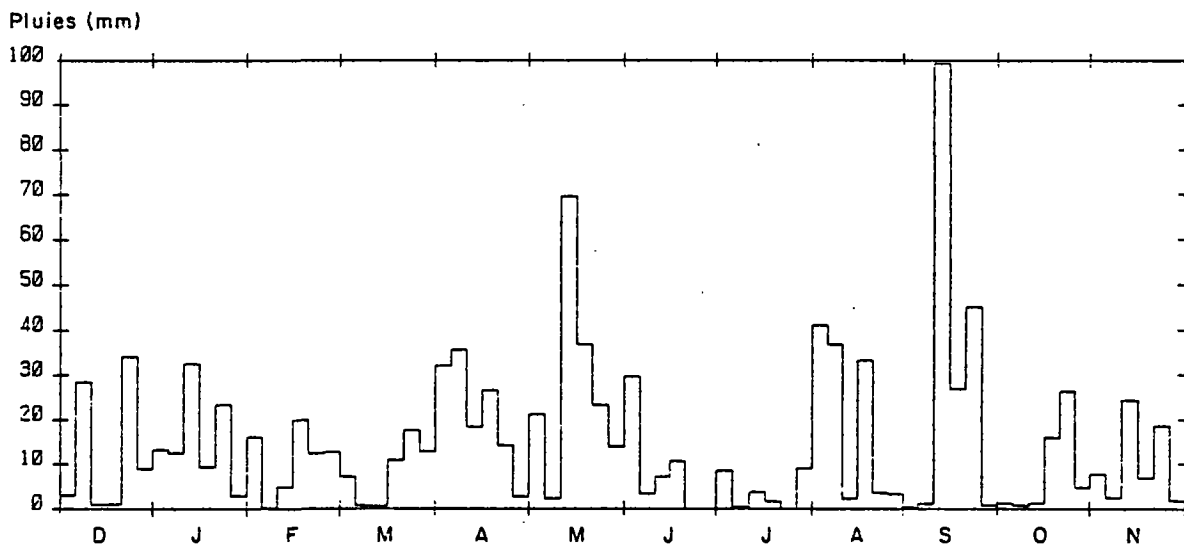


FIG. 5 - PLUIES RECONSTITUEES A ECHASSIERES SKB
(période de calage : décembre 1985 à novembre 1986)

4.3 - DONNEES CLIMATOLOGIQUES UTILISEES POUR LA MODELISATION (GARDENIA)

4.3.1 - Pluies

Deux postes pluviométriques ont été comparés :

- celui d'Echassières MN-KJ pour lequel on disposait des mesures de pluies journalières depuis 1970 ;
- celui de SKB à Echassières, à 663 m d'altitude, installé en janvier 1986 (§ 3) et pour lequel on disposait de 10 mois de mesures journalières continues, de février à novembre 1986.

Le modèle GARDENIA requiert une série de mesures de pluies ininterrompues sur toute la période à simuler ainsi que les pluies d'une ou deux années antérieures nécessaires à une initialisation du modèle. Le pas de temps retenu pour les calculs est la "pentade" ; on a donc besoin des mesures de pluies pentadaires de la période 1984-1986 pour simuler les débits sur la période décembre 1985 à novembre 1986.

La figure 3 représente les pluies mensuelles enregistrées au poste d'Echassières MN-KJ pour la période 1984-1986 ; la figure 4 représente les pluies pentadaires de ce poste comparées au poste d'Echassières (SKB) sur la période disponible commune (février à novembre 1986). Pour cette période, les pluies du poste SKB sont en moyenne 1,29 fois plus élevées que celles du poste MN-KJ.

Pour obtenir un bilan réaliste des bassins versants étudiés, on a retenu les pluies du poste d'Echassières (SKB) complétées, pour les années 1984 et 1985, des pluies d'Echassières MN-KJ corrigées du coefficient 1,29.

Les valeurs des pluies pentadaires reconstituées, comme les valeurs mesurées, font l'objet des tableaux 10, 11 et 12.

4.3.2 - Évapotranspirations potentielle (ETP)

On dispose des évapotranspirations potentielles (ETP) décadaires de PENMAN à Vichy-Charmeil fournies par la Météorologie nationale. Ces valeurs décadaires sont consignées dans le tableau 13.

5 - HYDROLOGIE

5.1 - OBSERVATIONS GRAPHIQUES

On rappellera (§ 2.1) que le bassin de la Gourdonne refermé à la station J1 est entièrement micaschisteux. Celui du Ru Blanc, refermé à la station J5, est mixte à dominante granitique.

La période de mesure des débits en continu aux 2 stations débute le 25.11.1985.

Le calage du modèle - et l'analyse qui en a résulté - ont eu lieu sur un cycle hydrologique d'observation, l'acquisition des données ayant été maintenue jusqu'au 1er décembre 1986.

Les reports journaliers des différentes observations ont été regroupés sur un même graphique (annexe 4).

A la base du diagramme, les hauteurs de pluie journalières sont représentées par des traits verticaux proportionnels aux valeurs mesurées : en trait plein apparaissent les mesures officielles du poste ONM d'Echassières (Kaolins James + 700 m) ; en trait clair, les valeurs enregistrées au pluviographe de l'enceinte SKB (+ 663 m).

Au centre, les débits spécifiques journaliers (l/s/km²) aux deux stations (J1 et J5) sont immédiatement comparables.

A la partie supérieure ont été reportés les niveaux piézométriques enregistrés depuis janvier 1986 dans l'enceinte de la carrière SKB (granite des Colettes) par le limnigraphe du piézomètre S.67 (+ 678,70).

5.2 - AMELIORATION DE LA PRECISION PAR RAPPORT AUX ESTIMATIONS ANTERIEURES

En 1980, des mesures de débit des ruisseaux avaient été faites et une estimation des débits mensuels et semestriels extrapolée pour une période d'étude de 6 mois d'été (mars à septembre 1980).

Pour établir une comparaison valable entre la précision des résultats obtenus par ce moyen simplifié et ceux déduits de l'enregistrement des données en continu, l'évaluation des débits a été faite en 1985-86 en ne tablant que sur 2 mesures par mois pendant 6 mois d'hiver (1er/12/85 - 31/05/86).

Les résultats comparatifs sont les suivants :

TABLEAU 2

	1er/12/85 - 30/05/85		Différence en %
	Débits moyens semestriels en l/s		
	Enregistrements continus	Mesures bi-mensuelles	
LA GOURDONNE	35	24	31
LE RU BLANC	27	20	26

Cette sous évaluation du débit restitué aux exutoires des bassins versants est importante ; elle s'explique par le fait que l'on ne peut appréhender les crues intermédiaires, leur intensité, ni leur durée avec seulement 2 mesures par mois.

5.3 - DONNEES DE DEBITS

On dispose d'un enregistrement limnigraphique continu de décembre 1985 à novembre 1986, soit douze mois complets aux stations J1 et J5.

Le SGR/AUV a dépouillé les enregistrements et calculé les débits aux pas de temps journaliers et pentadaires. Les figures 6 et 7 représentent ces débits pentadaires observés sur 12 mois. Les débits pentadaires de la Gourdonne sur 12 mois varient entre 0 l/s et 202 l/s, le débit moyen est de 21,2 l/s. Les débits pentadaires du Ru Blanc, sur la même période, varient de 4 l/s à 109 l/s, avec un débit moyen de 20,5 l/s.

Les débits de la Gourdonne réagissent tout particulièrement aux fortes pluies d'avril et de mai 1986, marquées par une pluie pentadaire de 70 mm en mai.

En raison de la faible teneur en eau du sol en été, due à l'évapotranspiration, et aux faibles pluies de juin et juillet, les fortes pluies de septembre ne provoquent que de faibles écoulements. Ces réactions naturelles se retrouvent également dans le bassin du Ru Blanc.

Les débits pentadaires mesurés dans ces deux bassins sont fournis également dans les tableaux 14 et 15.

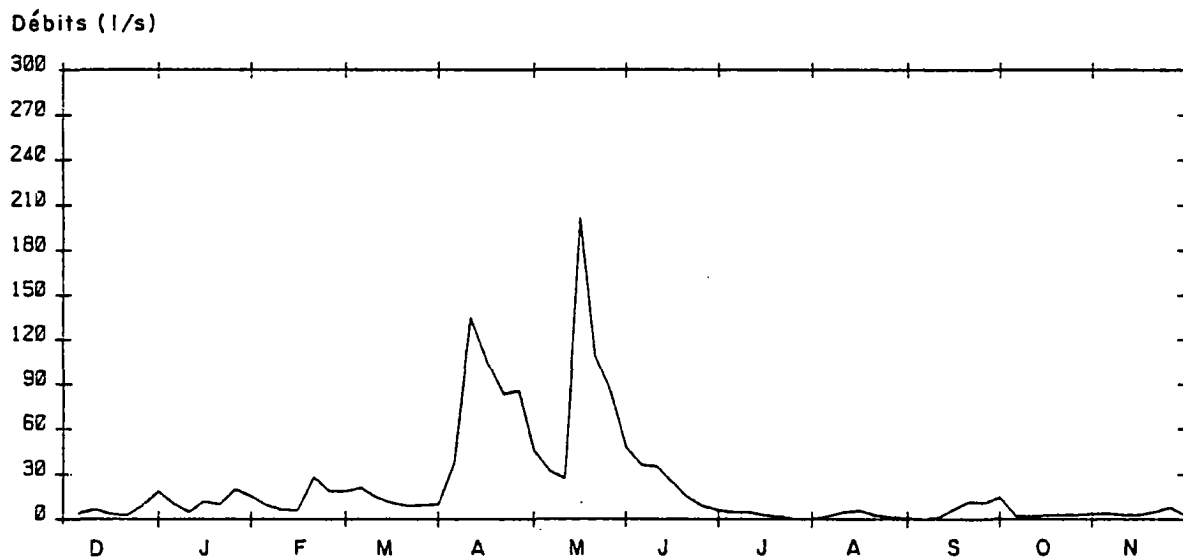


Fig. 6 - DEBITS PENTADAIRES DE LA GOURDONNE (décembre 1985 à novembre 1986)

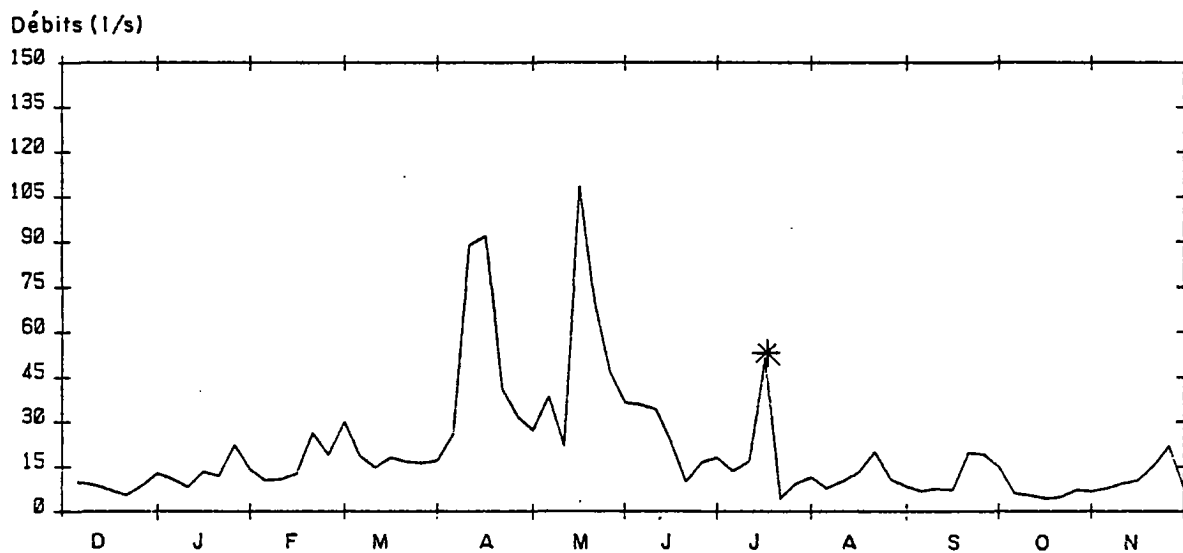


Fig. 7 - DEBITS PENTADAIRES DU RU BLANC (décembre 1985 à novembre 1986)

* Episode de crue factice (voir § 5.4)

débits (l/s)

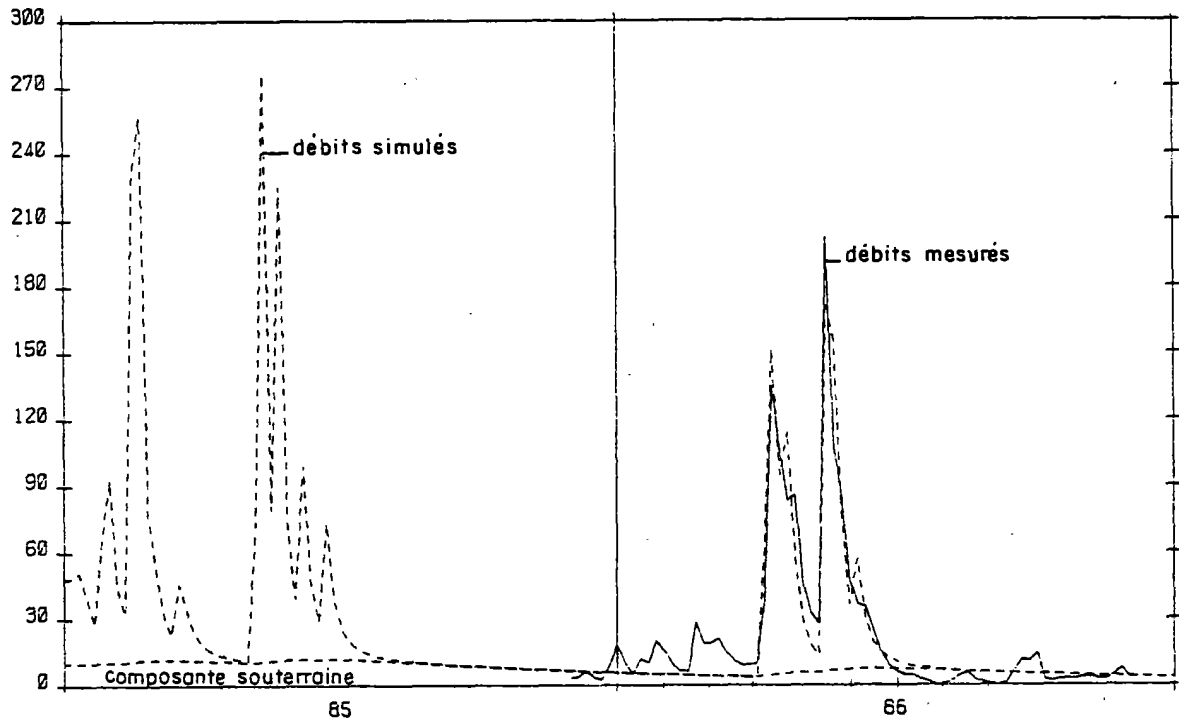


Fig.8 - Bassin versant de la Gourdonne - Calage de référence

débits (l/s)

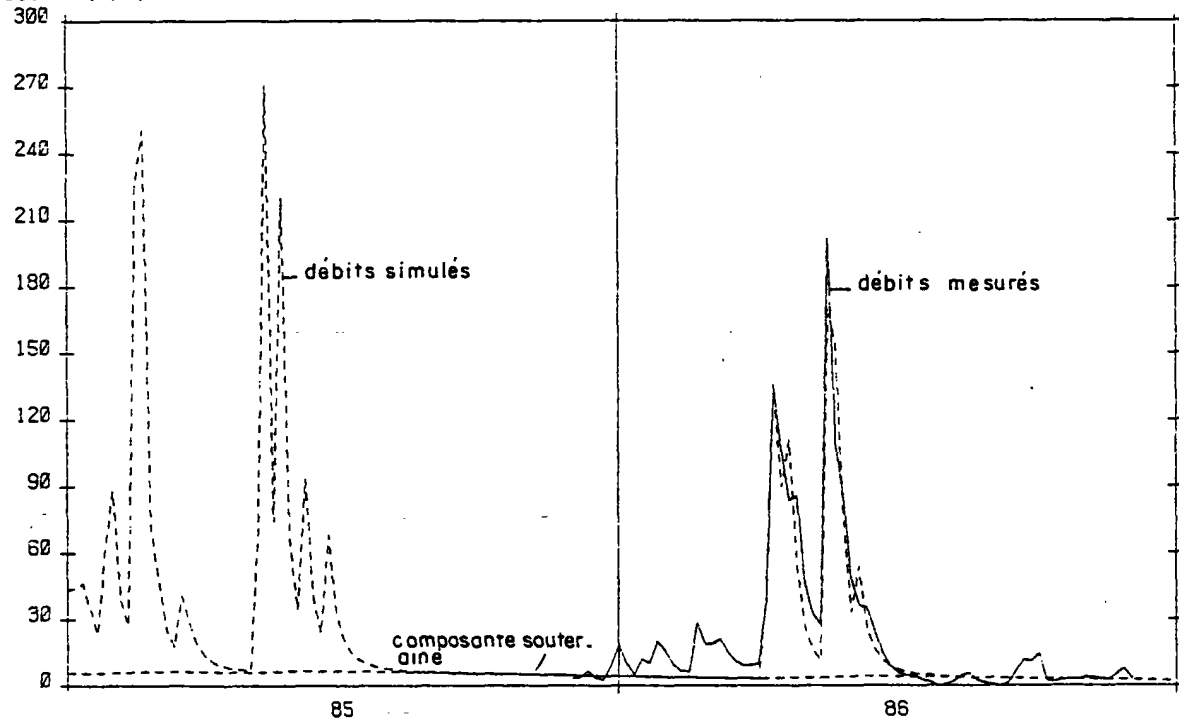


Fig.9 - Bassin versant de la Gourdonne - Calage avec perte souterraine de 4 l/s

5.4 - CALAGE DU MODELE POUR LES BASSINS VERSANTS DE LA GOURDONNE ET DU RU BLANC

5.4.1 - Bassin versant de la Gourdonne

Le calage du modèle GARDENIA pour les débits de la Gourdonne est très satisfaisant. La figure 8 représente le calage du modèle en comparant débits observés et simulés. Le tableau 3 fournit les valeurs des paramètres du calage. Le débit moyen simulé, sur la période de calage de 12 mois, est de 19,5 l/s contre un débit moyen observé de 20,9 l/s. Le coefficient d'ajustement vaut 0,942.

Tableau 3 - Paramètres de calage de la Gourdonne

Nom du calage	RUMAX (mm)	RUIPER (mm)	Réservoir profond		Coefficient de corrélation débits calculés/ débits observés
			Temps 1/2 remplissage (mois)	Temps 1/2 vidange (mois)	
Référence	269	6,0	1,1	5,0	0,942
avec perte souterraine de 4 l/s	{ 275 220	6,0	1,1	15,0	0,944 0,93

On examine une hypothèse hydrogéologique particulière pour le bassin versant de la Gourdonne : y aurait-il un débit de perte souterraine réalimentant des nappes profondes à partir des pluies, sans retour dans le bassin de la Gourdonne à l'amont de la station de jaugeage ? On introduit pour tester cette hypothèse un débit de perte souterraine dans le modèle GARDENIA égale à 20 % du débit moyen, soit 4 l/s, et on obtient un nouveau calage apparemment presque aussi satisfaisant, représenté dans la figure 9 ; mais le débit moyen simulé accuse un déficit de 2,5 l/s par rapport à celui du calage de référence, ou encore un déficit de 4 l/s par rapport au débit moyen observé (17,1 l/s simulé contre 20,9 l/s observé), soit le débit souterrain perdu artificiellement.

Cependant, dans le cadre de précision du bilan hydrologique de bassin, il est possible d'obtenir une simulation aussi satisfaisante pour une valeur du paramètre RUMAX descendue à 220 mm (figure 10).

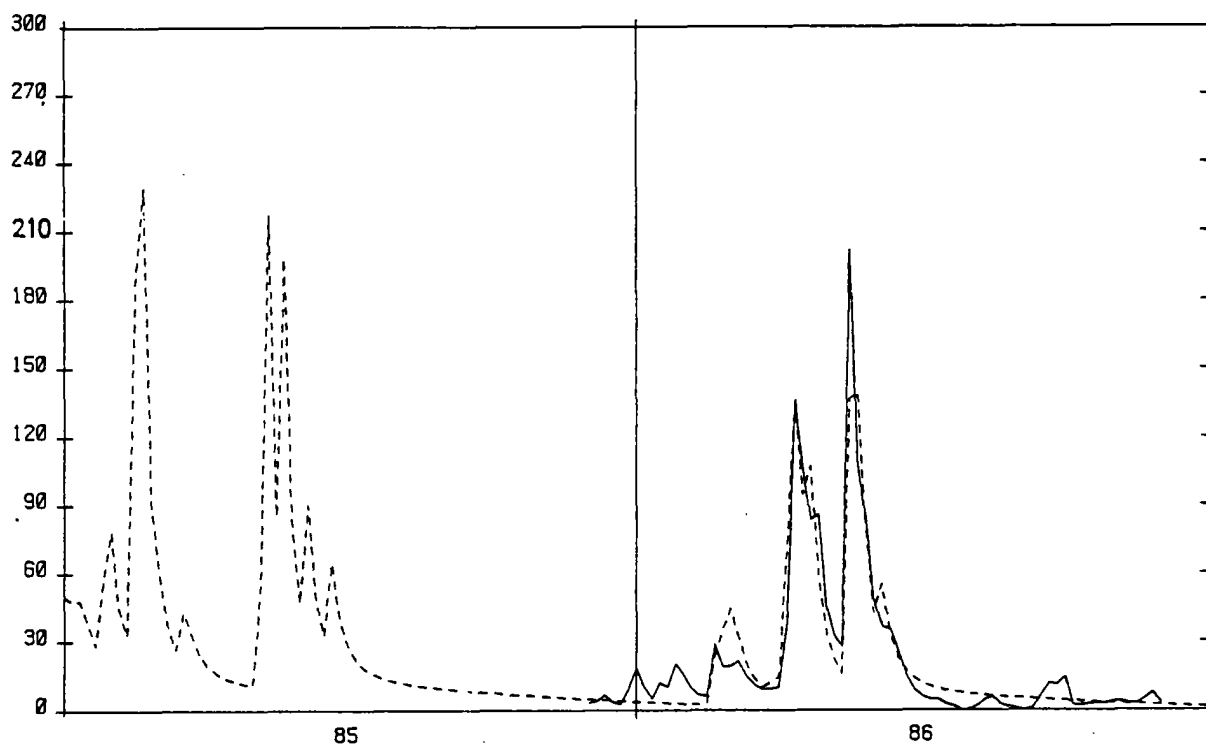


FIG. 10 - BASSIN VERSANT DE LA GOURDONNE : Calage avec perte souterraine de 4 l/s et RUMAX abaissé à 220 mm

Cette hypothèse va dans le sens d'un rapprochement avec les valeurs régionalement admises par les agronomes en matière de réserve facilement utilisable (RFU) pour un sol de semi-altitude, donnée qui intervient dans le choix initial de la valeur du paramètre RUMAX. On se trouve alors dans le cas d'un débit souterrain voisin de 4 l/s perdu artificiellement qui pourrait, sans que cela puisse être formellement démontré, correspondre à une fuite vers les zones de grande profondeur.

5.4.2 - Bassin versant du Ru Blanc

Le calage du modèle GARDENIA pour les débits du Ru Blanc s'avère plus difficile et se traduit par des coefficients d'ajustement moins satisfaisants. Deux calages alternatifs sont proposés (A et B) et représentés graphiquement dans les figures 11 et 12 ; les coefficients d'ajustement sont respectivement de 0,830 et 0,779. Le calage A donne une meilleure reconstitution des débits de crues d'hiver, mais présente un déficit des débits moyens simulés (18,3 contre 20,4 observé). Le calage B sous-estime les crues, mais leur donne plus de durée et restitue mieux les moyennes (simulé 20,2 contre 20,4 observé). Les deux calages diffèrent principalement par les réserves utiles (174 mm et 140 mm) et par les temps de demi-montée de crue (3,9 mois et 10 mois). Ces paramètres de calages sont rappelés dans le tableau 4.

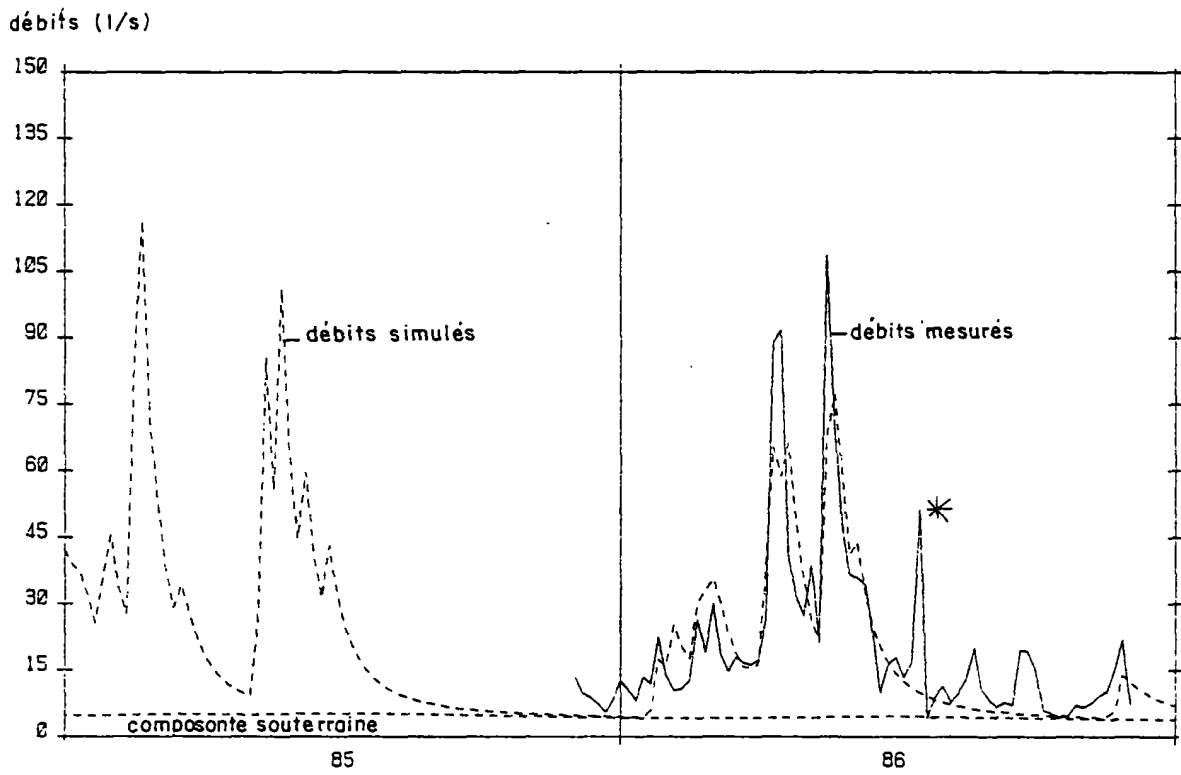


Fig.11 - Bassin versant du Ru Blanc - Calage A

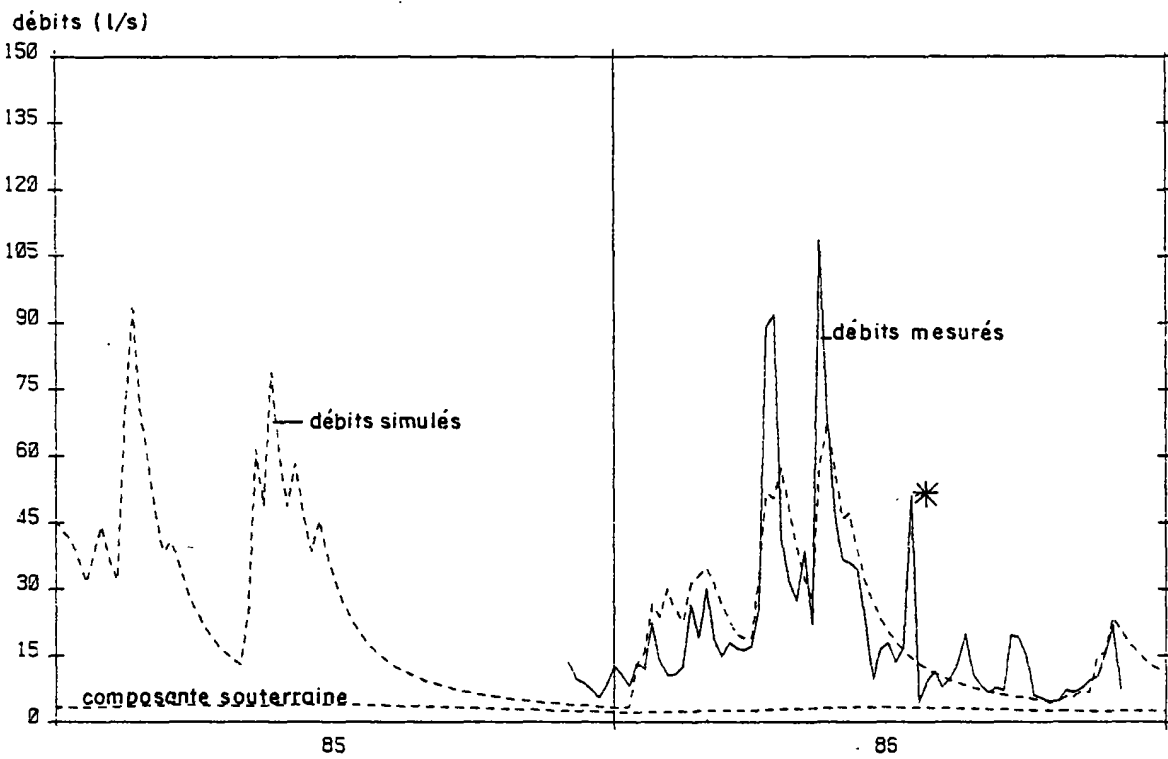


Fig.12 - Bassin versant du Ru Blanc - Calage B

* Episode de crue facticé

La précision plus faible des calages (due, entre autres choses, à une crue anormale* de juillet 1986) réalisés pour ce bassin versant n'autorisent pas à tester l'hypothèse de pertes souterraines, pertes qui ne sont pas non plus suggérées par la comparaison des débits moyens simulés et observés.

TABLEAU 4 - PARAMETRES DE CALAGE DU RU BLANC

NOM DU CALAGE	RUMAX (mm)	RUIPER (mm)	RESERVOIR PROFOND		COEFFICIENT DE CORRELATION Débits calculés/débits observés
			Temps 1/2 remplissage (mois)	Temps 1/2 vidange (mois)	
A	174	10,3	3,9	15,0	0,830
B	140	10,0	10,0	4,2	0,779

* La simulation par GARDENIA met en évidence l'anormalité de cette crue, qui ne correspond à aucun épisode pluvieux réel. La critique à posteriori de cet épisode a montré qu'il résultait d'une erreur d'introduction commise sur une des valeurs de hauteurs à l'échelle de la série de juillet (0,380 m au lieu de 0,280 m le 15/07/86). Cet incident milite en faveur de la fiabilité de fonctionnement du modèle. La correction de cette erreur aurait amélioré le coefficient d'ajustement, mais elle n'aurait pas changé significativement la valeur des paramètres indiqués dans le tableau 4.

5-5 - BILAN DES BASSINS VERSANTS

5.5.1 - Principe du bilan

Les calages du modèle GARDENIA permettent de chiffrer les termes du bilan hydrologique, pour l'année. Pour obtenir un bilan d'une année complète, on utilise les 12 mois du calage, de décembre 1985 à novembre 1986, décalés d'un mois par rapport à une année calculée normale. Le bilan d'un bassin fourni par le modèle comprend en premier lieu l'évaluation de l'évapotranspiration réelle et de la pluie efficace (eau disponible pour les ruissellements et l'infiltration). Une répartition de ce dernier terme en ruissellements rapides et écoulements retardés est ensuite suggérée à chaque simulation ; le dernier terme pourra inclure des ruissellements retardés par le relief ou la végétation, les galeries, les plans d'eau et surtout la part des écoulements souterrains. Pour la présentation générale, tous les résultats de débits seront traduits en lames d'eau équivalentes en mm de l'année étudiée, la pluie étant égale à 1061 mm sur cette période.

5.5.2 - Evaluation de la pluie efficace

Le tableau 5 présente le bilan des bassins de la Gourdonne et du Ru Blanc, les deux simulations de calage du Ru Blanc étant conservées. Les pluies efficaces (estimées comprises entre 170 mm et 358 mm) et toutes autres valeurs apparaissent ainsi résumées :

Tableau 5 - BILAN ANNUEL DES BASSINS VERSANTS DE LA GOURDONNE ET DU RU BLANC CALCULES PAR LE MODELE GARDENIA

Calage	Pluie (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	Pluie efficace (mm)	Ecoulements (mm)			Débits moyens (l/s)		Superficie (km ²)
					total simulé	rapide	lent	observés	simulés	
Gourdonne (cas normal)	1061	688	687	171	185	133	52	21,3	19,7	3,36
Ru Blanc (calage A)	1061	688	645	291	287	220	68	20,4	18,5	2,03
Ru Blanc (calage B)	1061	688	608	358	319	274	42	20,4	20,5	2,03

L'écoulement total à l'exutoire de ces deux bassins versants, sur la même période est variable, de 185 mm à 319 mm selon les bassins versants et les calages. La différence entre les pluies efficaces reçues et l'écoulement total généré pendant un cycle hydrologique complet, correspond au stockage et au déstockage des réserves superficielles et souterraines du bassin versant. Pour la période considérée, les bassins versants ont légèrement modifié leur stockage.

La comparaison des deux bassins versants entre eux laisse apparaître une grosse différence de bilan des pluies efficaces : 171 mm pour la Gourdonne et 291 à 358 mm pour le Ru Blanc. Les pluies efficaces, plus fortes, du bassin du Ru Blanc sont dues à des réserves utiles optimisées RUMAX (lors des calages) plus faibles que celles adoptées pour la Gourdonne : 140 et 174 mm contre 369 mm. Ce résultat peut s'expliquer par les contextes géologiques différents : bassin entièrement schisteux de la Gourdonne, et bassin à prédominance granitique pour le Ru Blanc.

5.5.3 - Evaluation de la composante lente

Les pluies efficaces génèrent des écoulements de ruissellement très rapides et des écoulements retardés de surface (vidange de fosses) et souterrains. Le modèle global GARDENIA ne permet pas d'identifier directement la part des écoulements souterrains réalimentés par les infiltrations, mais il décompose explicitement le débit simulé à chaque pas de temps en une composante rapide, et une composante lente qui transite par le réservoir souterrain. On admet généralement que cette composante lente est voisine des apports souterrains pour un petit bassin versant et en l'absence d'étangs, mais ici, les écoulements souterrains ne sont peut-être qu'une partie de la composante lente simulée. Le tableau 5 indique aussi la répartition des écoulements en composantes rapide et lente, exprimées en lames d'eau équivalentes sur la période de calage de 12 mois.

Les composantes lentes simulées sont comprises entre 42 mm et 68 mm pour les trois calages. Ces débits correspondent à une faible proportion des débits totaux simulés, entre 13 % et 28 % pour les trois calages.

Le bassin de la Gourdonne (bien que schisteux) simulé par le modèle, présente le taux d'écoulement souterrain le plus fort (28 %) Les temps de réponse de l'écoulement souterrain identifiés par le modèle sont toutefois les plus faibles (temps de montée de 1,1 mois et de tarissement de 5 mois, contre 3,9 ou 10 mois et 15 ou 4,2 mois pour le Ru Blanc). La réponse du bassin schisteux de la Gourdonne est plus rapide, mais comprend une composante souterraine plus importante que pour le bassin du Ru Blanc.

L'écoulement total des deux bassins versants correspond à des lames de 180 à 320 mm environ. Le bassin versant de la Gourdonne est représenté avec une composante lente un peu plus importante que pour le Ru Blanc mais réagissant beaucoup plus rapidement.

6 - PIEZOMETRIE

6.1 - ENREGISTREMENT DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE

Le piézomètre S.67, équipé d'un limnigraphe, témoigne des variations du niveau des eaux souterraines dans le granite des Colettes au droit de la carrière SKB. Il accuse une remontée continue du niveau piézométrique entre le 16/02 et le 26/05, à l'exception d'un épisode local de décrue du 13 au 22 mars (annexe n° 4).

Cette variation du niveau est en synchronisation avec la croissance progressive du débit de base des 2 ruisseaux pendant la même période.

La répercussion des grosses averses sur le niveau de nappe a été très rapide les 10/04 et 14/05 ; elle est dans le temps du même ordre de grandeur que celle observée sur le débit des ruisseaux, c'est-à-dire moins d'une journée.

Le niveau piézométrique ne cesse pratiquement de s'élever pour atteindre l'amplitude maximum de 1,70 m au 26/05. Dès la fin de mai, une baisse du niveau des eaux souterraines s'amorce de façon continue et assez lente jusqu'à l'épisode de pluie intense survenu du 14 au 17/09/1986.

Cet incident - qui ne se répercute qu'assez faiblement cette fois sur le débit des deux ruisseaux - provoque une remontée immédiate du niveau piézométrique au forage d'observation, avec un certain étalement dans le temps : la remontée s'étale du 17 au 25/09. Au delà du 25, l'abaissement du niveau reprend, amorçant une décrue de pente moins accusée que dans les périodes précédentes, et tendant vers le tarissement au début du mois de décembre.

Comparativement à la crue du 14 mai, on peut admettre que si les ruisseaux n'ont réagi qu'assez faiblement à la forte averse du 14 septembre, c'est que le sol, désaturé après la sécheresse et la chaleur des mois de juillet et de la fin d'Août, a dû reconstituer une partie de sa réserve, ce qui a provoqué un retard au ruissellement et une atténuation de l'importance de ce dernier.

CARTE PIEZOMETRIQUE de la CARRIERE DE BEAUVOIR

67 N° du piézomètre
 ○ Cote piézométrique moyenne
 ———— Courbe hydroisohypse

Echelle: 1/1000

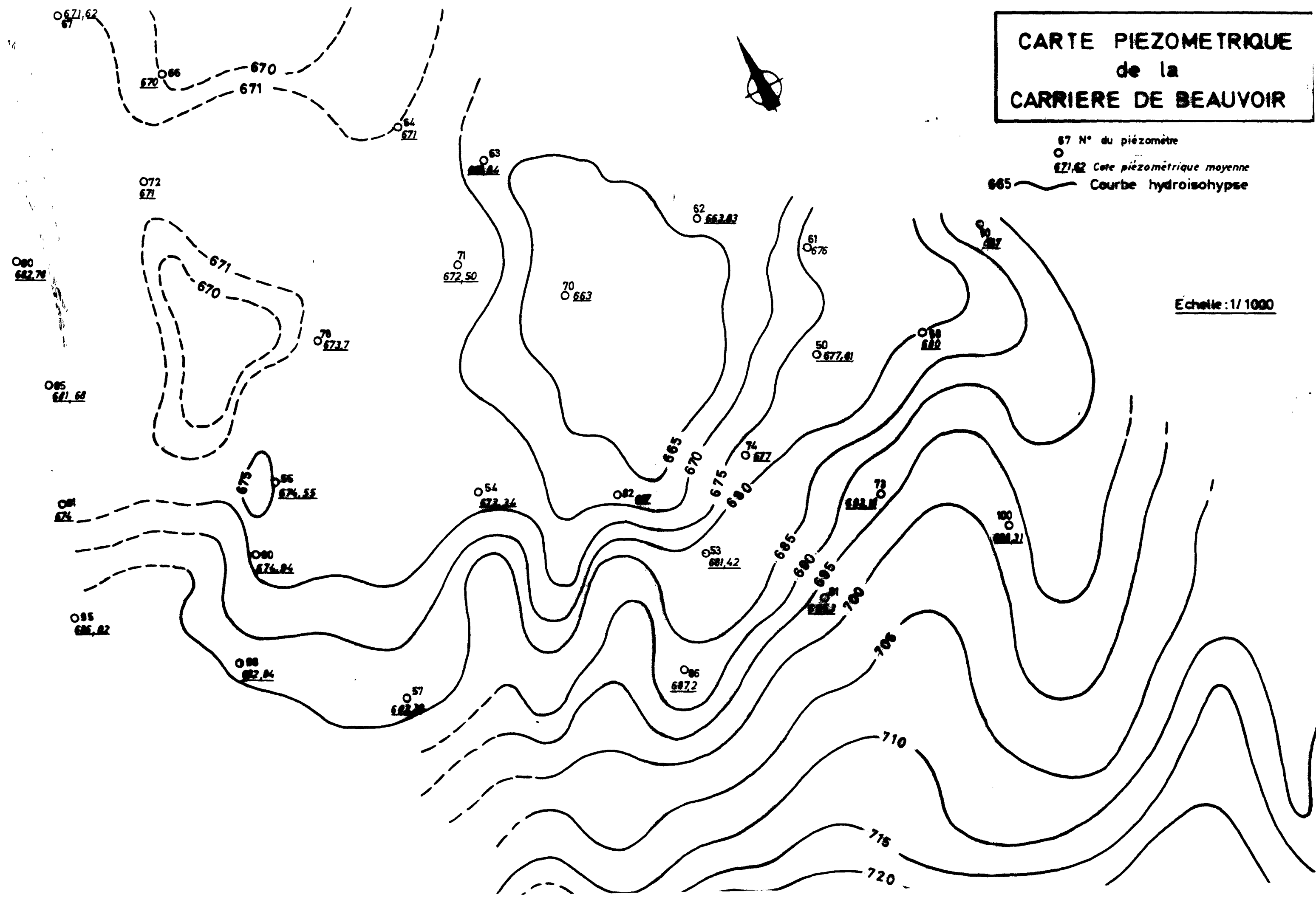
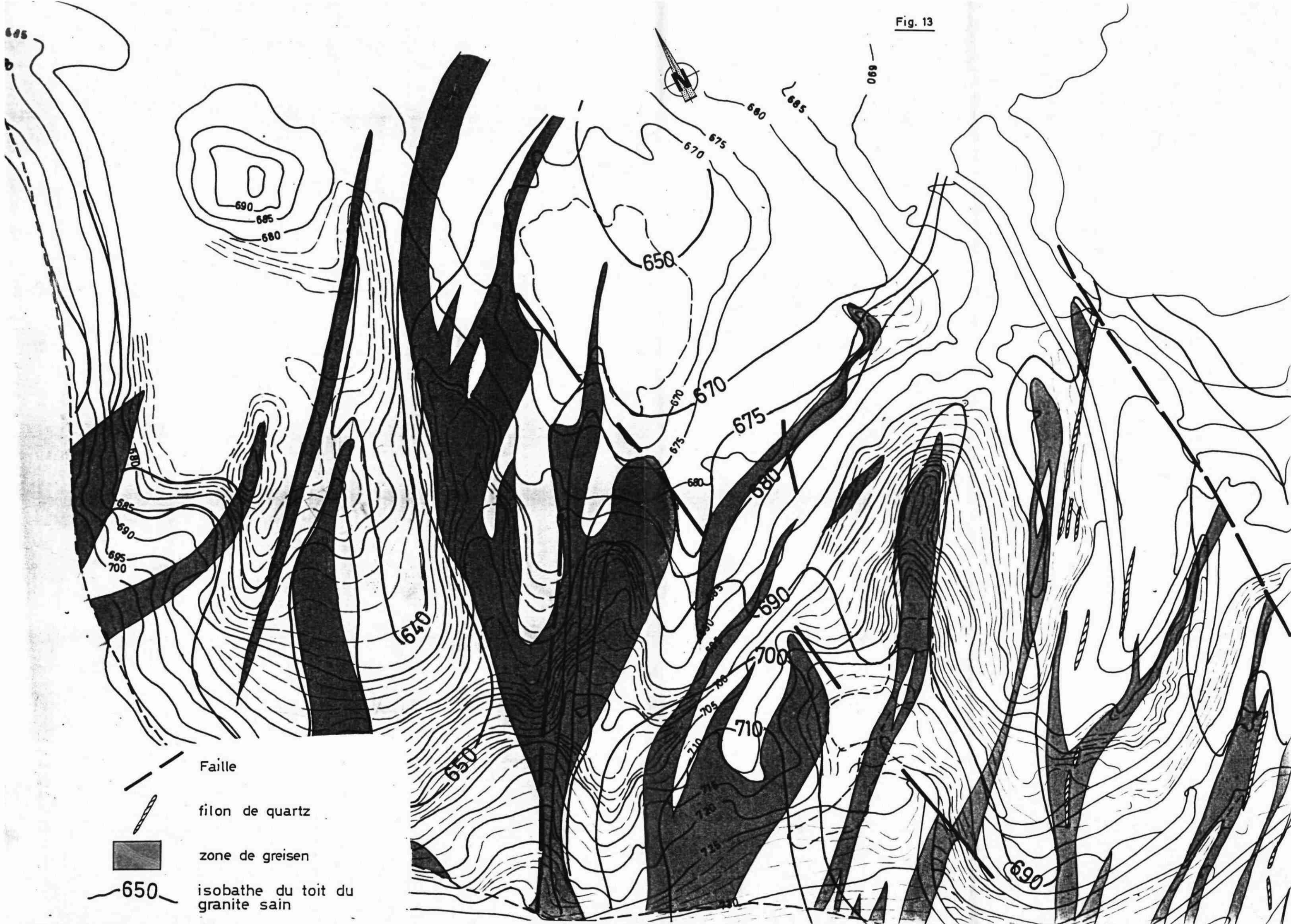


Fig. 13



Faïlle

filon de quartz

zone de greisen

isobathe du toit du granite sain

650

6.2 - CARTE D'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES (figure 13)

L'observation de la carte en courbes isohypses des eaux souterraines dans le massif granitique de Beauvoir, où s'ouvre la carrière SKB, indique un comportement cohérent des piézomètres ayant servi à l'établir. On visualise ainsi en valeur moyenne pour une période de 14 mois d'observation (octobre 1985 - novembre 1986), la surface apparente d'une nappe peu profonde dont le gradient d'écoulement est fort (38 %) mais assez régulier, bien que l'aspect des courbes soit plutôt contourné du fait du bouleversement de la topographie primitive. On constate que ces courbes sont en continuité avec le tracé exécuté de façon indépendante en 1984 par un autre observateur dans la partie Sud-Est de la carrière, à la suite d'une campagne de sondages antérieure.

Toutes ces observations se complètent sans hésitation possible. On trouvera consignés dans le tableau n° 6 le niveau d'eau moyen des piézomètres et des puits fermiers contrôlés et l'ordre de grandeur de leur fluctuation annuelle 1985-86.

L'existence d'une nappe souterraine dans les zones peu profondes du bassin du Ru Blanc, laisse supposer une certaine potentialité d'emmagasinement et de régulation par la tranche d'altération des granites (voir aussi coupes géologiques subméridiennes à travers les massifs de Beauvoir et des Colettes - annexe n° 3). Cette capacité peut être extrapolée malgré les importantes zones de remblai, au secteur de Fontmoulins, forage S.101 et source 14 à l'origine du ruisseau de Ru Blanc.

On a vu toutefois que cette potentialité qui est liée à la composante lente de l'écoulement dans la simulation du bassin de Ru Blanc par GARDENIA apparaît modeste : elle est assimilable à la production d'un débit fictif continu de 2,6 à 4,5 l/s.

6.3 - LA FOSSE DITE DU "BLANC"

La carte piézométrique selon le tracé adopté indique que les eaux se rassemblent dans le secteur du Blanc : c'est à cet endroit que la fosse d'extraction a pu être utilisée comme un réservoir à l'air libre, dont les fluctuations de niveau ont été reportées sur le graphique 6 (annexe 5). Les variations du plan d'eau ont été suivies du 10/12/85 au 16/05/86, époque où les repères ont été détruits. La seule expérimentation ayant eu lieu sur cette fosse et dont SKB ait pu communiquer les résultats, est un pompage pour les besoins de l'exploitation, daté des 18 et 19, 20 et 21 juin 1985.

- En 18 h 30 de pompage, le niveau du plan d'eau s'est abaissé de 0,32 m les 18 et 19 juin, alors qu'une grosse averse a duré pendant toute la journée du 19 ;

- En 20 h 30 de pompage, le niveau s'est abaissé de 0,45 m les 20 et 21 juin.

Le débit de la pompe, supposé constant était voisin de 75 m³/h.

TABLEAU n° 6 : ECHASSIERES - PIEZOMETRIE : 31/04/85 - 02/12/86

1 mesure mensuelle

N° DU PIEZO-METRE	PERIODE	PROFON-DEUR DEPUIS REPERE	HAU-TEUR REPERE	COTE AU SOL	COTE REPERE	COTE MAXIMUM(m) + DATE		COTE MINIMUM (m) + DATE		NIVEAU PIEZOME-TRIQUE MOYEN	COTE PIEZOMETRIQUE MOYENNE
Relevés complets											
S.78	30/10/85-04/12/86	2,55	1,00	675,30	+676,30	1,99	04/06/86	3,26	10/09/85	2,59	+ 673,71
S.80	01/10/85-02/12/86	70,73	1,03	705,30	+706,33	14,33	01/10/85	28,97	05/11/86	23,55	+ 682,78
S.85	30/10/85-02/12/86	56,06	1,06	702,87	+703,93	17,86	04/06/86	31,01	05/11/86	22,25	+ 681,68
S.67	11/07/85-02/12/86	8,70	0,88	685,07	+685,95	2,19	04/06/86	5,97	10/09/86	3,56	+ 682,39
S.58	11/07/85-02/12/86	32,00	1,27	686,50	+687,77	2,89	"	5,88	04/12/85	4,93	+ 682,84
S.95	30/10.85-02/12/86	65,12	0,12	715,30	+715,42	25,92	30/10/85	33,81	10/09/86	29,40	+ 686,02
S.55	11/07/85-02/12/86	6,60	0,58	678,42	+679,00	3,87	04/06/86	5,89	01/10/85	4,45	+ 674,55
Relevés partiels											
S.97	11/03/86-02/04/86	85,00	0,00	737,96	+737,96	47,87	02/12/86	11,88	04/06/86	27,87	+ (713)
S.81	11/03/86-02/12/86	55,46	0,46	703,70	+704,16	7,60	04/06/86	9,52	02/12/86	8,86	+ 695,30
S.73	11/03/86-02/12/86	50,38	0,38	703,15	+703,53	8,97	04/06/86	10,97	02/12/86	10,35	+ 693,18
S.67	06/02/86-02/12/86	15,65	0,78	678,70	+679,48	6,64	04/06/86	8,53	04/02/86	7,86	+ 671,62
S.63	03/10/85-04/06/86	26,10	0,97	670,30	+671,27	1,33	08/01/86	1,54	06/05/86	1,43	+ 669,84
S.54	06/08/85-06/05/86	33,45	1,37	687,90	+689,27	12,79	06/05/86	14,25	08/01/86	13,93	+ 675,34
S.50	13/06/85-06/05/86	41,80	0,80	677,80	+678,60	0,75	04/03/86	1,14	01/10/85	0,85	+ 677,81
S.53	13/06/85-02/04/86	35,30	1,37	682,05	+683,42	1,37	13/06/85	2,48	01/10/85	2,00	+ 681,42
S.100	11/03/86-02/12/86		0,50	703,90	+704,40	3,08	04/06/86	8,85	02/12/86	6,09	+ 698,31
S.101	21/01/86-02/12/86	14,95	0,22	672,21	+672,43	1,62	05/08/86	2,71	05/11/86	2,07	+ 670,36
Quelques mesures											
S.62			1,21	663,65	+664,86					1,03	+ 663,83
S.74			0,00	678,60	+678,60					1,60	+ 677
S.90			0,84	677,20	+678,04					3,10	+ 674,94
1X-5	31/04/85-02/12/86	19,05	1,23	720,59	+721,82	16,48	04/06/86			17,90	+ 703,92
1X-30	10/09/85-02/12/86	6,25	0,80	681,30	+682,10	4,21	04/03/86	5,86	25/11/85	5,13	+ 676,97
2X-78	10/09/85-02/12/86	8,30	0,70	(680)	+680,70	4,48	04/06/86	5,63	07/01/86	5,21	+ 675,50
1X-26	10/09/85-02/12/86	7,30	0,50	(648)	+648,50	1,44	04/06/86	3,95	07/01/86	2,88	+ 646
1X-21	1 mesure 01/10/85	5,50	0,40	(738)	+738,40					3,95	+ 735

En examinant le graphique 6, on voit le niveau décrocher lors d'un pompage exécuté du 16 au 23/01/86. Par la suite, les rabattements obtenus en pompage ont été importants. A la date du 10/04/86 le débit exhauré était de 60 m³/h. Le dénoyage s'est poursuivi jusqu'à assèchement presque total de la fouille en août 1986 ; les pompages étant arrêtés depuis un temps indéterminé, le niveau peut être considéré comme un niveau naturel d'étiage pour 1986.

6.4 - VARIATIONS DU NIVEAU DES FOSSES

D'anciennes fosses d'extraction ont fait l'objet d'une surveillance mensuelle (§ 3). Leurs variations de novembre 1985 à décembre 1986 ont été mises en parallèle dans le graphique de l'annexe 5. Les observations ponctuelles faites d'avril à novembre 1985 montrent que les plans d'eau dans les fosses ont baissé régulièrement, mais le remplissage était encore appréciable au début de novembre.

En 1986, malgré la longue durée de l'étiage, les niveaux de la Fontmoulins et de l'étang des Marquises ne subissent que des variations mineures ; le plan d'eau des Montmins suit le cycle hydrologique crue-décrué mais de façon très amortie (amplitude 0,28 m).

Au lac SKB, les variations sur fosse suivent celles du niveau piézométrique enregistré au piézomètre S.67, avec un écrêtement notable toutefois pour la période allant de février à juillet, c'est-à-dire la période de remontée des eaux. Cet écrêtement s'explique par le déversement en trop plein du lac, mais aussi par les prélèvements journaliers nécessaires à l'exploitation. On peut noter en effet le pic artificiel de remontée du niveau voisin du 15 août et non observable ailleurs ; ce pic correspond à l'arrêt des pompages pendant la durée des congés annuels.

Sur le bassin versant de Fombelle, l'étang de la Grosse Machine ne montre aucune variation notable.

La fosse du Rouge, par contre, voit son plan d'eau varier de façon importante (amplitude : 1,23 m). On suit le cycle hydrologique crue-décrué, mais on n'explique pas les variations assez brusques, de janvier et de mars. Le plan d'eau réagit certainement aux épisodes pluvieux mais avec retard, la décrue s'amorce également avec un décalage. Cette fosse ayant son fond totalement colmaté, les variations du plan d'eau suivent celles de niveaux de sources ou d'infiltrations diffuses non localisés dans les parois.

Le battement du plan d'eau a atteint son maximum (1,23 m) le 10 juin 1986. La cote atteinte est voisine de l'altitude + 701,50 et correspond à une surface d'eau libre de 1 hectare 16. La fosse était asséchée d'octobre à décembre 1986. Le volume naturel de stockage de la fosse du Rouge pour l'année 1986 apparaît donc compris, selon l'époque, entre 0 et moins de 14.000 m³ d'eau, alors que la capacité de la fosse arrêtée à la cote + 709, est évaluée à 352.000 m³.

TABLEAU n° 7

ECHASSIERES - VARIATIONS DU NIVEAU DES FOSSES (ECHELLE OU REPERE)

DATE	LAC DES MONTMINS (en m)	ETANG MARQUISES (en m)	ETANG FONTMOULIN (en m)	ETANG GROSSE MACHINE (en m)	ETANG CARRIERE ROUGE (en m)	LAC S.K.B. (en m)	FOSSE DU BLANC (en m)
15.11.1985		0,080	0,060	0,150	0,020		
25.11.	-	0,095	0,090	0,140	0,030	0,270	
02.12.	-	0,105	0,098	0,145	- 0,060	0,190	
10.12.	-	0,110	0,107	0,145	- 0,160	0,315	2,70
20.12	0,101	0,110	0,090	0,140	- 0,295	0,470	
07.01.1986	0,140	0,125	0,105	0,135	- 0,400	0,725	
14.01.	0,155	0,137	0,105	0,135	- 0,400	0,780	2,57
21.01	0,205	0,140	0,100	0,138	- 0,120	0,865	2,87
28.01	0,200	0,145	0,104	0,142	0,110	1,010	3,11
04.02	0,200	0,140	0,105	0,105	0,075	1,035	
11.02	(non relevé)	(gel + neige)	-	-	-	-	-
18.02	0,200	0,172	0,140	0,145	0,095	1,10	2,32
25.02	0,200	0,165	0,132	0,145	0,188	1,06	2,08
04.02	0,210	0,167	0,135	0,135	0,190	1,01	1,72
11.03	0,255	0,168	0,127	0,132	0,150	0,965	1,41
18.03	0,238	0,175	0,120	0,130	0,00	0,940	1,28
25.03	0,215	0,175	0,130	0,132	- 0,087	0,940	1,28
02.04	0,218	0,163	0,125	0,132	- 0,172	0,932	0,895
09.04	0,252	0,210	0,187	0,150	0,210	1,120	0,420
16.04	0,175	0,205	0,180	0,137	0,247	1,172	1,830
23.04.	0,158	0,205	0,180	0,147	0,285	1,035	2,210
29.04	0,160	0,242	0,162	0,145	0,280	1,080	1,940
07.05.	0,165	0,262	0,167	0,148	0,290	1,112	1,840
14.05	0,237?	0,318	0,230	0,165	0,363	114,5	(vide)
16.05	0,280	0,280	0,180	0,158	0,325	(1,04)	2,610
20.05	0,238	0,280	0,164	-	0,282	1,07	-
27.05	0,250	0,240	0,178	0,147	0,337	1,075	-
04.06	0,250	0,220	0,160	0,143	0,360	1,090	repère détruit
10.06	0,250	0,120	0,150	0,147	0,383	1,065	-
18.06	0,260	0,122	0,130	0,150	0,360	1,105	-
24.06	0,225	0,110	0,112	0,150	0,332	1,080	-
30.06	0,197	0,100	0,100	0,147	0,287	1,007	-
10.07	0,190	0,098	0,100	0,165	0,205	0,990	-
17.07	0,168	0,082	0,090	0,150	0,035	0,935	-

COURBES DE TARAGE

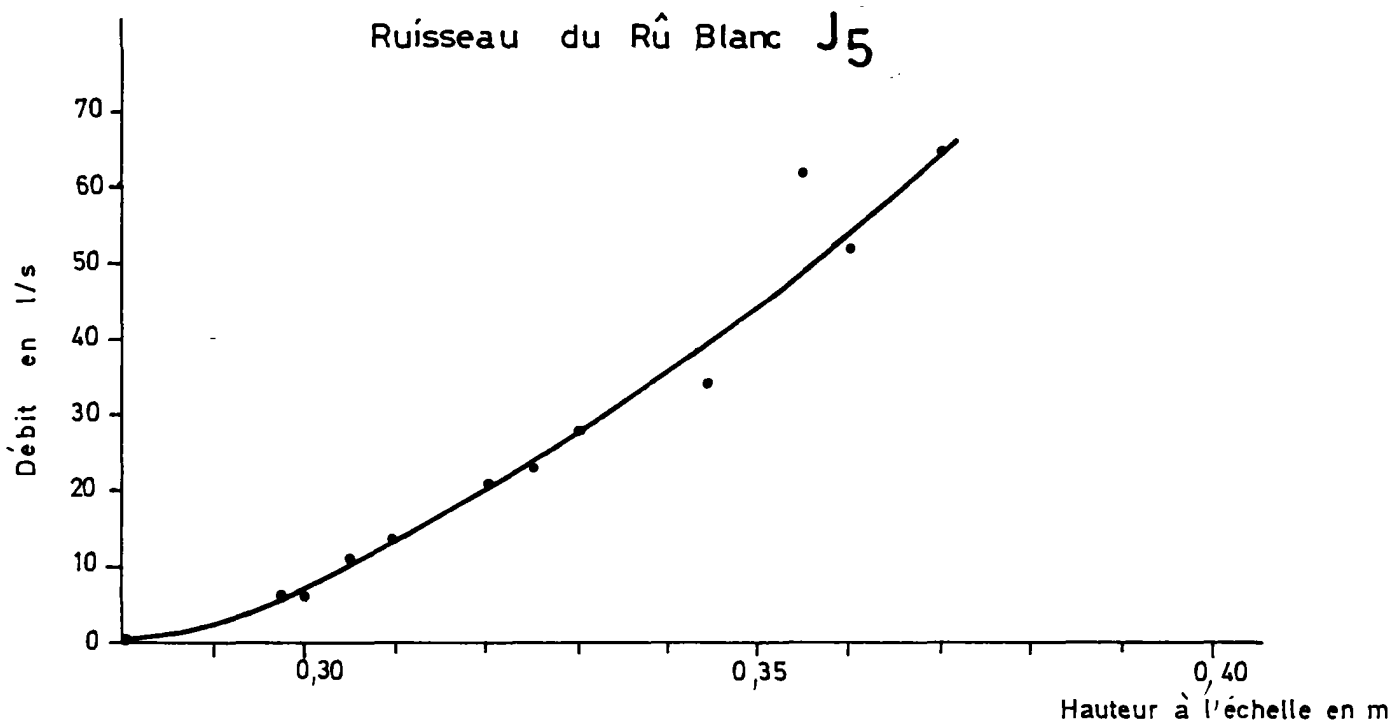
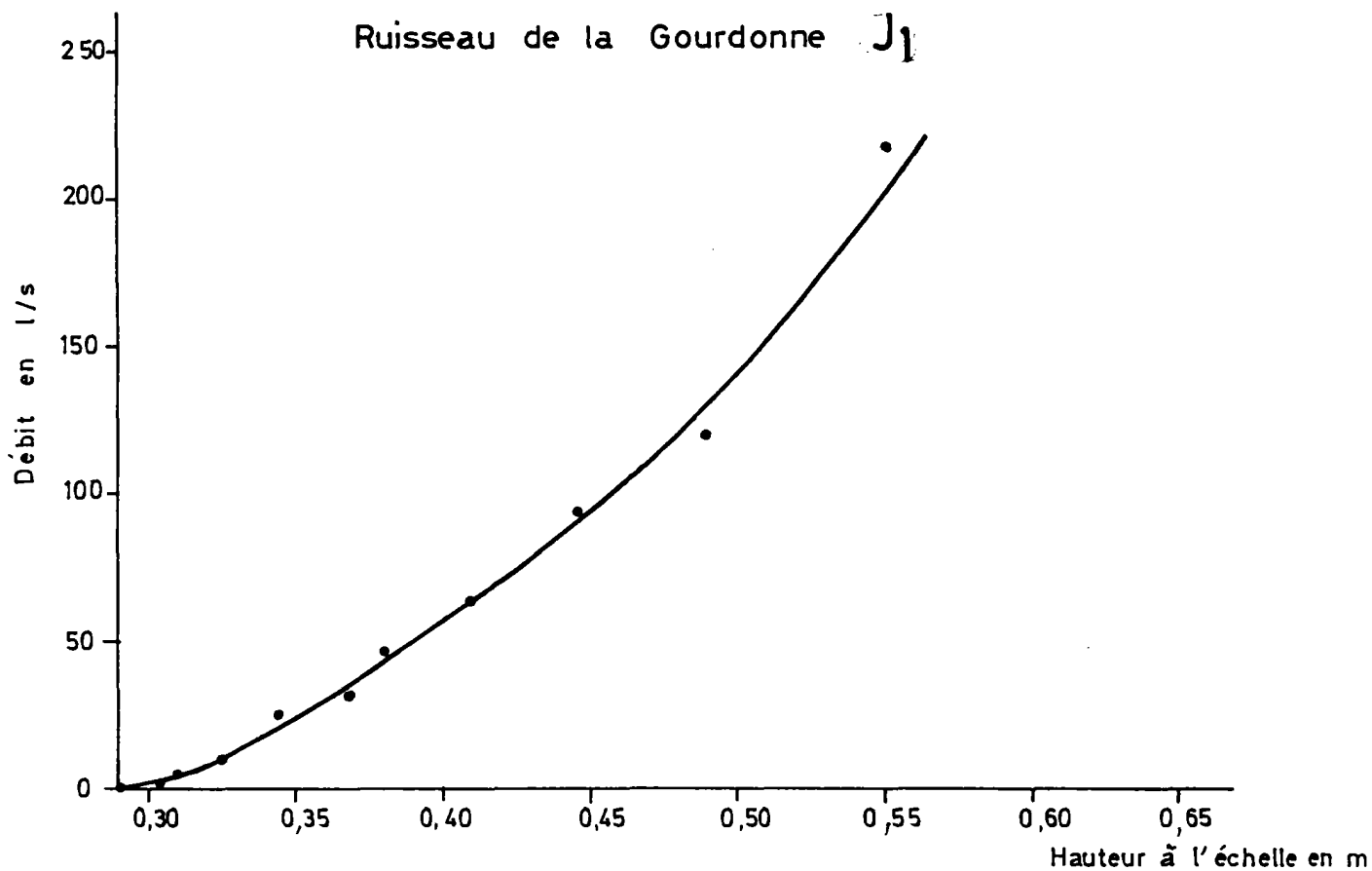


TABLEAU n° 8 - BILAN VOLUMETRIQUE ANNUEL (01/12/85 - 01/12/86) PAR BASSIN VERSANT

BASSINS VERSANTS	SURFACE en km2	VOLUME Vd en m3	VOLUME Vm en m3	$\frac{Vm}{Vd}$	SOLDE INFIL- TRE en m3 Vd - Vm	VOLUME RECHERCHE PAR COFRAMI- NES - m3	VOLUME RESERVE A A.E.P.	INDETERMINE
LA GOURDONNE	3,36	622 000	447 000	0,72	175 000			
LE RU BLANC	2,04	A 586 000 B 650 000	447 000 564 000	0,76 0,87	A 139 000 B 86 000			
TOTAUX	5,50	A 1 208 000 B 1 272 000	A 894 000 B 1 011 000	-	A 314 000 B 261 000	300 000	80 000	Besoins réels des SIAEP Consommation SKB

Vd = Volume d'eau disponible global pour le ruissellement et l'infiltration

Vm = Volume moyen comptabilisé aux stations exutoires

7 - EXTRAPOLATION DES RESULTATS - BILAN VOLUMETRIQUE DU MASSIF DE LA BOSSE

Les résultats obtenus sur les deux bassins témoins peuvent être extrapolés à l'ensemble du massif de la Bosse, en tenant compte d'une définition des bassins qui reste néanmoins comparable (en dimensions et en altitude) aux délimitations adoptées pour les deux premiers. Il est également nécessaire d'une part, d'inclure les anciennes fosses d'extraction encore noyées, qui faisaient autrefois partie du domaine d'exploitation des kaolins et d'autre part, de ne pas dépasser en accessibilité un certain kilométrage. Le tracé retenu figure sur le plan de situation (figure 2) et isole une superficie d'un peu plus de 40 km².

TABLEAU n° 9

MASSIF DE LA BOSSE	SURFACE en Km ²	VOLUME DISPONIBLE (Vd) (en m ³)	VOLUME MOYEN EXTRAPOLE Vm (en m ³)	SOLDE THEORIQUE D'EXPLOITATION en m ³
Zone des micaschistes encaissants	35	6 460 000	4 660 000	1 800 000
Batholite granitique	5,5	1 660 000	1 360 000	300 000
TOTAUX	40,5	8 100 000	6 000 000	2 100 000

En se référant aux valeurs indiquées pour la composante lente de l'écoulement (assimilable à l'écoulement souterrain § 5.5.2 - tableau 5), l'utilisation du modèle global GARDENIA conduit, en matière de bilan d'eau d'infiltration transitant pour la période 1985-86, par les zones d'altération des roches constitutives, aux chiffres suivants :

- pour les 2 bassins témoins, environ 300 000 m³ pour 5,4 km² ;
- pour le massif de la Bosse, environ 1 800 000 m³ pour 40 km² ;
- pour la surface du batholite granitique : 300 000 m³ pour 5,5 km².

8 - DISCUSSION ET GENERALISATION DU BILAN

Le point qui n'est pas contestable est d'avoir obtenu par l'utilisation du modèle GARDENIA que soit fait, à partir de l'évaluation de l'écoulement de l'année 1985-86, la part nette entre la composante ruisselée et la composante assimilable à une infiltration dans les zones d'altération peu profondes du socle.

Quelle que soit la nature géologique de celui-ci, cette composante n'est pas voisine de zéro, ce qui aurait signifié une imperméabilité quasi totale, et par là même un ruissellement intégral ; la part de l'infiltration atteint, selon le calage et le bassin versant, entre 13 % et 28 % des précipitations efficaces.

Pour resserrer cette fourchette, et augmenter la précision, il aurait fallu utiliser des séries débitmétriques plus longues.

On ne risque rien à évaluer la part infiltrée à 20 % du total, hypothèse faible, pour le massif de la Bosse.

Les précipitations reconstituées à Echassières SKB pour la période 1984-86 permettent de chiffrer la pluviométrie annuelle à 1061 mm pour les 12 mois où ont eu lieu des mesures débitmétriques en continu (novembre 1985-novembre 1986) et pour les bassins versants considérés.

Fonction de cette évaluation de la pluviométrie et des valeurs de débit réellement observées, la meilleure simulation réalisée par le modèle n'admet pas un écoulement total supérieur à 320 mm.

En tablant sur 300 mm écoulés pour une pluviométrie de 1060 mm, on est encore vraisemblablement dans le cas d'une hypothèse faible pour l'ensemble du massif de la Bosse.

Il est plus hasardeux de faire le rapprochement entre les valeurs reconstituées pour une année particulière avec l'aide du modèle et pour le versant du Ru Blanc et celles qui se déduisent d'une série normative de 15 années, obtenue au poste MN-KJ sur un autre versant ; car il intervient un lissage par allongement de la période et par utilisation de valeurs moyennes.

Toutefois, on admettait une extrapolation valable des pluviométries de l'un à l'autre poste par multiplication par le coefficient 1,29 pour la période 1984-86.

En maintenant cette hypothèse certainement un peu forte pour une série de 15 années, l'année 1986 se situerait à SKB de la façon suivante :

	<u>Pluie annuelle</u>	<u>Pluie disponible</u>
Année sèche	770 mm	280 mm
1985-86	1061 mm	300 mm (faible)
Année normale	1070 mm	380 mm
Année humide	1330 mm	480 mm

En admettant pour l'année normale une pluie efficace de 380 mm, au lieu de 290 à 310 mm donnés par le modèle en 1985-86, on tend à corriger une sous-estimation de l'écoulement total simulé provenant d'une surévaluation certaine de l'évapotranspiration réelle (ETR). Cette surévaluation est due à deux causes : l'utilisation dans le calcul d'ETR des données d'insolation de Vichy-Charmeil, les seules disponibles, mais qui sont un peu fortes pour la montagne de la Bosse, et l'attribution d'une valeur trop importante à la réserve facilement utilisable (RFU) des sols de demi-montagne.

En adoptant de tels recalages de la pluviométrie et de la pluie disponible, on peut se risquer à donner au bilan volumétrique du massif de la Bosse, la généralisation suivante, pour une longue période :

TABLEAU n° 10

	SUPERFICIE en Km2	VOLUME ANNUEL INFILTRE (valeurs rondes)		
		HYPOTHESE FAIBLE	HYPOTHESE MOYENNE	HYPOTHESE FORTE
		année sèche en m3	année normale en m3	année humide en m3
Massif de la Bosse	40,5	2 000 000	3 100 000	3 900 000
Surface du batholite granitique	5,5	270 000	400 000	530 000
Zone des micaschistes encaissants	35	1 730 000	2 700 000	3 370 000

Toutefois, les résultats bruts sont ceux qui sont consignés dans le tableau n° 9 et qui correspondent à l'année 1985-86.

Les chiffres obtenus y sont inférieurs de plus de 30 % aux valeurs lissées (comparaison sur l'année normale).

Il faut ici redire :

- que les valeurs obtenues pour l'écoulement général, à la suite du meilleur calage du modèle, résultent des données incontestables de débitmétrie sur une année et d'une pluviométrie correctement restituée pour la même période ;

- qu'elles ne subissent donc pas d'effets de lissage dus à l'utilisation de valeurs moyennes de 15 années ;

- mais qu'en contrepartie, elles sont en léger désaccord avec l'évaluation trop forte de l'évapotranspiration réelle 1985-86 à SKB qui porte à les sous-estimer.

9 - CONCLUSION

En 1986, à Echassières, une simulation par le modèle global **GARDENIA** a permis d'évaluer la part des écoulements lents, incluant l'infiltration souterraine, à un pourcentage compris entre 13 et 28 % de l'écoulement total. Si une partie de ce transit qui semble surtout concerner les zones d'altération superficielles du socle constitutif, avait pu être prélevée par puisage, le volume d'eau utilisable aurait été dépendant :

- des caractéristiques hydrodynamiques des arènes apparemment peu perméables et de la productivité qu'auraient pu atteindre un ou plusieurs ouvrages de captage ;

- des débits réservés pour les syndicats d'alimentation en eau potable, imposant de ne prospecter que les bassins versants non concernés par les captages communaux ;

- des débits nécessaires au fonctionnement de l'exploitation de kaolin.

En plus du bassin du Ru Blanc, déjà mis à contribution par SKB, le territoire à prospecter par forage pourrait être recherché sur une zone externe (bassin du Mazet ?).

La quantité d'eau infiltrée en 1986 dans les zones d'arènes superficielles n'apparaît importante et mobilisable que dans la mesure où l'on peut prospecter une étendue de bassin versant suffisamment grande.

En outre, dans le cadre de précision du bilan hydrologique, il existe une possibilité d'un débit de fuite, vers les grandes profondeurs, de l'ordre de 4 à 5 litres/seconde.

PROGRAMME DE TRAVAUX ULTERIEURS

Un programme de reconnaissance de la ressource en eau souterraine à Echassières devrait faire l'objet :

- soit d'une prospection de la zone d'altération du granite des Colettes par une campagne systématique de sondages de moins de 40 m au marteau de fond, avec tests de débit par soufflage à l'avancement ;

- soit de l'exécution de quelques sondages de grande profondeur avec recherche d'eau entre 100 et 150 m de profondeur dans une zone fracturée et saturée, dont l'existence est plausible, mais reste à prouver.

Il s'agira auparavant de déterminer les indices morphologiques ou linéamentaires, favorables, de procéder à des prélèvements de gaz radon dans les sols, et éventuellement d'utiliser des méthodes géophysiques appropriées.

La capacité de stockage naturel dans les fosses du bassin de Fombelle apparaît cependant assez faible.

6.7	6.3	3.7	20.0	26.1	6.1	10.5	25.5	0.3	1.6	4.2	7.3	1984	1
6.1	0.0	0.0	0.9	11.5	6.5	7.1	0.0	1.1	0.0	0.0	7.1	1984	2
30.8	14.4	22.7	13.0	23.6	29.9	30.9	16.2	0.0	23.7	11.9	0.0	1984	3
0.0	5.8	2.4	0.0	8.5	7.6	27.2	35.2	0.0	0.3	36.3	0.0	1984	4
21.9	7.8	32.5	19.5	22.9	25.8	26.6	1.7	0.0	6.9	5.1	0.0	1984	5
21.9	0.6	16.1	14.2	8.5	19.3	16.9	0.0	6.9	18.2	7.6	1.7	1984	6
5.7	6.2	3.5	1.6	13.9	13.8	0.2	4.8	37.6	30.5	0.0	8.0	1985	1
2.4	2.6	12.3	4.7	3.1	0.3	5.1	18.3	6.6	0.1	1.5	9.8	1985	2
51.3	45.4	4.0	47.0	9.0	18.6	29.7	7.3	5.5	40.1	9.6	0.3	1985	3
3.7	0.0	2.3	0.7	0.0	4.5	9.2	3.1	19.9	0.0	2.7	0.2	1985	4
2.1	0.0	0.7	0.0	1.4	0.0	10.4	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1	1985	5
19.0	6.8	5.1	4.5	7.0	1.3	2.3	22.0	0.7	0.8	26.4	6.9	1985	6
10.2	9.6	25.2	7.3	19.0	4.2	16.4	0.5	4.8	19.9	8.9	21.9	1986	1
6.2	0.0	0.2	9.4	11.8	9.5	39.2	25.7	10.3	19.3	13.1	1.9	1986	2
17.3	1.7	65.3	27.9	15.4	8.5	18.4	1.7	4.4	6.1	0.0	0.0	1986	3
4.1	0.1	2.1	0.9	0.0	5.9	31.9	30.5	0.9	33.0	2.4	2.0	1986	4
0.0	0.6	78.7	21.4	22.4	0.0	0.0	0.0	0.2	5.5	17.6	3.8	1986	5
4.4	1.2	17.9	3.8	11.3	0.6	0.3	2.3	0.0	3.1	1.3		1986	6

TABLEAU 11- Pluies pentadaires à Echassières MN KJ (janvier 1984-novembre 1986) en mm

Chaque ligne représente les 12 pentades de 2 mois consécutifs, une année étant représenté par 6 lignes.

				23.3	2.8	16.0	0.2	4.8	19.9	12.3	12.6	1986	1
7.2	0.7	0.6	10.8	17.5	12.8	32.0	35.6	18.3	26.5	14.1	2.7	1986	2
21.1	2.3	69.5	36.8	23.2	13.8	29.6	3.3	7.1	10.6	0.0	0.1	1986	3
8.5	0.4	3.8	1.6	0.1	9.0	41.0	36.8	2.3	33.3	3.5	3.2	1986	4
0.3	1.1	99.2	26.8	45.0	0.6	1.2	0.7	1.2	15.8	26.3	4.7	1986	5
7.7	2.4	24.3	6.8	18.5	1.8							1986	6

TABLEAU 12- Pluies pentadaires à Echassières SKB (21 janvier 1986-novembre 1986) en mm

8.6	8.1	4.8	25.9	33.7	7.9	13.5	32.9	0.4	2.1	5.4	9.4	1984	1
7.9	0.0	0.0	1.2	14.8	8.4	9.2	0.0	1.4	0.0	0.0	9.2	1984	2
39.7	18.6	29.3	16.8	30.4	38.6	39.9	20.9	0.0	30.6	15.4	0.0	1984	3
0.0	7.5	3.1	0.0	11.0	9.8	35.1	45.4	0.0	0.4	46.8	0.0	1984	4
28.3	10.1	41.9	25.2	29.5	33.3	34.3	2.2	0.0	8.9	6.6	0.0	1984	5
28.3	0.4	20.8	18.3	11.0	24.9	24.4	0.0	8.9	23.5	9.8	2.2	1984	6
7.4	8.0	4.5	2.1	17.9	17.8	0.3	6.2	51.1	39.3	0.0	10.3	1985	1
3.1	3.4	15.9	6.1	4.0	0.4	6.6	23.6	8.5	0.1	1.9	12.6	1985	2
66.2	58.6	5.2	60.6	11.6	23.9	38.3	9.4	7.1	51.7	12.4	0.4	1985	3
4.6	0.0	3.0	0.9	0.0	5.8	11.9	4.0	25.7	0.0	3.5	0.3	1985	4
2.7	0.0	0.9	0.0	1.8	0.0	13.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.1	1985	5
24.5	8.8	6.6	5.8	9.0	1.7	3.0	28.4	0.9	1.0	34.1	8.9	1985	6
13.2	12.4	32.5	9.4	23.3	2.8	16.0	0.2	4.8	19.9	12.3	12.6	1986	1
7.2	0.7	0.6	10.8	17.5	12.8	32.0	35.6	18.3	26.5	14.1	2.7	1986	2
21.1	2.3	69.5	36.8	23.2	13.8	29.6	3.3	7.1	10.6	0.0	0.1	1986	3
8.5	0.4	3.8	1.6	0.1	9.0	41.0	36.8	2.3	33.3	3.5	3.2	1986	4
0.3	1.1	99.2	26.8	45.0	0.8	1.2	0.7	1.2	15.8	26.3	4.7	1986	5
7.7	2.4	24.3	6.8	18.5	1.8							1986	6

TABEAU 13- Pluies pentadaires à Echassières SKB reconstituées (janv.84 - nov.86) en mm

1.2	3.2	3.8	4.7	4.2	3.2	8.0	12.1	16.6	12.8	25.8	39.5	1	1984
25.5	22.2	22.8	27.3	46.5	39.1	49.0	41.0	50.0	28.4	34.5	29.5	2	1984
23.9	14.6	12.6	8.0	10.0	7.8	5.8	2.7	3.9	0.2	1.1	0.2	3	1984
1.1	2.1	3.8	4.6	4.1	6.0	7.0	8.1	18.6	24.3	24.2	23.8	1	1985
15.7	24.6	35.1	33.8	34.0	34.4	46.0	43.1	47.6	35.4	38.4	36.3	2	1985
29.9	26.3	28.1	18.3	12.0	7.8	5.9	2.1	2.7	1.3	2.1	1.4	3	1985
0.3	2.6	2.2	2.7	4.5	5.4	8.7	13.5	17.3	12.0	15.7	21.9	1	1986
26.6	29.8	35.4	28.2	35.3	54.4	40.2	47.6	54.7	40.6	35.4	30.9	2	1986
29.9	21.4	18.5	17.3	10.1	7.1	4.4	3.5	2.2				3	1986

TABEAU 14 - Evapotranspiration potentielle de Permen décadaire à Vichy-Charmeil (janv.84 - nov.86) en mm

					3.3	4.0	6.6	3.6	2.6	2.4	18.0	1985	6
10.3	5.0	11.9	10.1	20.0	13.7	9.5	6.5	6.3	29.5	18.8	19.0	1985	1
21.1	14.6	11.0	9.0	9.4	10.0	32.3	135.0	105.6	83.4	65.5	45.7	1985	2
32.5	27.5	201.7	109.3	84.3	48.2	36.3	35.4	25.6	14.7	8.9	6.0	1985	3
4.6	4.7	2.7	1.6	0.0	0.4	2.0	4.7	5.7	2.6	1.4	0.7	1985	4
9.0	1.0	6.5	11.7	10.9	14.3	2.3	2.0	2.0	3.0	3.0	3.7	1985	5
3.9	3.0	3.0	5.0	7.6	3.1							1985	6

TABLEAU 15 - Débits pentadaires de la Gourdonne (25 nov.85 - nov. 86) en l/s

					13.5	9.8	8.9	7.4	5.5	3.6	12.6	1985	6
10.8	3.1	13.4	12.0	22.4	14.1	10.5	10.8	12.8	26.6	19.0	30.2	1985	1
13.6	14.2	18.1	13.7	16.3	17.1	26.2	29.0	91.9	41.4	31.9	27.4	1985	2
36.7	22.0	108.7	70.2	47.0	36.6	35.9	34.4	23.6	9.8	18.4	17.9	1985	3
13.5	16.6	51.3	4.3	9.3	11.5	7.8	10.1	13.1	20.0	10.7	8.4	1985	4
6.8	7.7	7.2	19.6	19.3	15.0	6.0	5.4	4.4	4.8	7.2	6.7	1985	5
7.6	9.3	10.3	15.3	21.9	7.4							1985	6

TABLEAU 16 - Débits pentadaires du Ru Blanc (25 nov.85 - nov.86) en l/s

DEBITS MESURES (en l/s) A DIVERS POINTS DE JAUGEAGE
MESURES HEBDOMADAIRES

DATE	LAC DES MONTMINS TROP-PLEIN (T.P) J7	RUISSEAU DE FOMBELLE J0	RUISSEAU DE FONTCOUVERTE J4	REJETS S.K.B.	RUISSEAU DU BELLON
31.04.85	5,5				
13.06.85	60,0				
12.07.85	5,0				
5.08.85	4,0	2,0			
10.09.85	1,54		0,41		
01.10.85	-	-	0,11		
25.11.85	2,3	3,4	0,20		
02.12.85	-	2,8	0,25		
20.12.85	3,7	2,8	0,20		
08.01.86	4,5	2,5	0,27		
14.01.86	1,9	3,3	0,46		
21.01.86	10,0	2,5	0,33		29,0
28.01.86	2,14	3,0	0,40		
04.02.86	2,66	2,5	0,50	0,2	
11.02.86	2,7	2,5	0,22	-	
18.02.86	4,2	2,5	1,7	2,0	93,0
20.02.86	-	2,5	1,2	0,5	70,0
25.02.86	4,7	2,5	0,7	4,5	
04.03.86	2,0	2,5	0,8	0,5	
11.03.86	1,1	2,2	0,4	0,2	
18.03.86	6,6	2,5	0,33	0,0	
25.03.86	3,3	2,5	0,46	0,6	34,0
02.04.86	2,4	2,5	0,4	1,0	86,0*
09.04.86	9,0	4,0	5,6	5,3	135,0** 190,0***
16.04.86	9,0	3,0	2,6	6,5	90,0****
23.04.86	5,0	3,0	4,2	6,0	
29.04.86	4,4	3,0	2,1	-	
07.05.86	4,4	3,0	2,1	0,0	
14.05.86	-	5,0	10,0	important non mesurable	
20.05.86	-	4,2	10,0	?	
27.05.86	7,3	3,7	8,5	6,0	
04.06.86	7,3	3,7	5,7	?	
10.06.86	6,6	3,7	2,8	7,2	
18.06.86	10,0	3,7	2,4	?	
24.06.86	9,0	3,0	1,4	?	

DATE	LAC DES MONTMINS TROP-PLEIN (T.P) J7	RUISSEAU DE FOMBELLE JO	RUISSEAU DE FONTCOUVERTE J4	REJETS S.K.B.	RUISSEAU DU BELLON
30.06.86	3,2	3,0	1,4	2,0	
10.07.86	2,7	2,5	0,5	1,6	
17.07.86	2,6	2,5	0,3	?	
23.07.86	(8,0)	2,5	0,3	-	
29.07.86	T.P. Bouché	3,0	0,2	?	
06.08.86	3,2	3,0	0,25	0,0	
13.08.86	3,7	4,0	0,3	-	
19.08.86	3,4	3,3	0,8	3,5	
26.08.86	2,6	2,5	0,3	0,0	
04.09.86	7,25	3,0	0,15	?	
11.09.86	2,0	3,0	0,14	?	
18.09.86	4,0	3,0	0,50	0,5	
24.09.86	4,0	3,0	0,20	-	
01.10.86	2,7	3,0	0,10	0,75	
07.10.86	2,5	1,5	0,40	2,0	
14.10.86	1,1	2,5	0,20	2,0	
20.10.86	T.P. bouché	2,5	0,20	0,0	
28.10.86	3,5	2,0	0,12	1,0	
05.11.86	5,7	2,5	0,20	0,0	
13.11.86	3,0	2,5	0,15	?	
18.11.86	1,5	1,5	0,2	0,3	
25.11.86	2,8	1,8	0,35	7,0	
02.12.86	1,6	2,0	0,13	?	

* mesure du 4.04.86

*** mesure du 10.04.86

** mesure du 7.04.86

**** mesure du 12.04.86

- Lac des Montmins (J7) : jaugeage du trop plein au pied de la cascade
- ruisseau de Fontbelle : station de jaugeage aménagée - déversoir triangulaire (90°C) hauteur totale de lame de 0,18 m
superficie du bassin versant : 0,568 km²
- ruisseau de la Fontcouverte : station de jaugeage aménagée - déversoir rectangulaire (J4) de 0,53 m de large et une hauteur de pente de 0,24 m
- rejets S.K.B. : jaugeage à la buse passant sous le chemin du chateau de Beauvoir
- ruisseau du Bellon : point de jaugeage non aménagé situé au pont du CD 185 route de Coutansouze.

TABLEAU 18

ECHASSIERES - DEPOUILLEMENT DES ENREGISTREMENTS DU LIMNIGRAPHE S.67

PIEZOMETRIE JOURNALIERE (PROFONDEUR DU NIVEAU DE L'EAU EN m A 8 h 00)

Hauteur repère/sol = 0,78 m

	JANVIER 1986	FEVRIER 1986	MARS 1986	AVRIL 1986	MAI 1986	JUIN 1986	JUILLET 1986	AOÛT 1986	SEPTEMBRE 1986	OCTOBRE 1986	NOVEMBRE 1986
1		8,50	(8,23)	8,03	7,07	6,65	6,94	7,84	8,17	8,23	8,40
2		8,51	(8,21)	8,00	7,04	6,66	6,95	7,87	8,19	8,25	8,40
3		8,52	(8,19)	7,97	7,03	6,68	6,98	7,89	8,23	8,24	8,43
4		8,53	8,17	7,98	7,05	6,64	7,02	7,90	8,26	8,23	8,44
5		8,51	8,14	7,97	7,01	6,64	7,04	7,90	8,27	8,23	8,45
6		8,50	8,11	7,94	7,02	6,66	7,04	7,91	8,29	8,22	8,46
7		8,48	8,12	7,90	7,02	6,67	7,10	7,92	8,31	8,22	8,46
8		8,47	8,10	7,91	7,03	6,69	7,13	7,93	8,34	8,20	8,45
9		8,49	8,08	7,85	7,03	6,70	7,16	7,95	8,36	8,21	8,46
10		8,52	8,07	7,65	7,02	6,67	7,20	7,97	8,38	8,20	8,47
11		8,52	8,06	7,61	6,99	6,68	7,22	7,98	8,40	8,19	8,48
12		8,52	8,05	7,55	6,95	6,68	7,25	7,99	8,42	8,19	8,49
13		8,51	8,04	7,48	6,92	6,71	7,29	8,00	8,44	8,18	8,48
14		8,51	8,07	7,42	6,87	6,70	7,34	8,01	8,46	8,18	8,48
15		8,52	8,07	7,33	6,74	6,70	7,38	8,03	8,46	8,20	8,50
16		8,53	8,05	7,30	6,71	6,71	7,44	8,03	8,45	8,20	8,52
17		8,48	8,08	7,25	6,70	6,73	7,49	8,02	8,37	8,24	8,52
18		8,43	8,09	7,21	6,67	6,76	7,51	8,00	8,31	8,24	8,53
19		8,39	8,11	7,18	6,67	6,79	7,55	7,99	8,28	8,25	8,52
20		8,37	8,14	7,17	6,65	6,79	7,58	7,98	8,26	8,27	8,52
21		8,33	8,15	7,13	6,66	6,81	7,61	8,00	8,22	8,30	8,52
22		8,33	8,17	7,10	6,65	6,83	7,63	8,01	8,20	8,30	8,51
23		8,30	8,15	7,10	6,60	6,84	7,64	8,02	8,18	8,30	8,51
24		8,28	8,14	7,11	6,60	6,86	7,69	8,03	8,16	8,33	8,53
25		8,28	8,11	7,11	6,60	6,87	7,71	8,05	8,16	8,32	8,54
26		8,29	8,10	7,04	6,58	6,87	7,72	8,08	8,16	8,36	
27		8,27	8,08	7,06	6,60	6,88	7,76	8,09	8,18	8,38	
28		(8,25)	8,05	7,07	6,61	6,88	7,77	8,11	8,19	8,38	
29	8,50		8,03	7,07	6,62	6,88	7,79	8,13	8,20	8,38	
30	8,51		8,03	7,09	6,64	6,90	7,80	8,14	8,22	8,39	
31	8,50		8,01		6,65		7,81	8,15		8,40	

TABLEAU 19

CONTROLE DU DEBIT (en l/s) SOURCES DE LA GOURDONNE

DATE	1	2	3	4	5	OBSERVATIONS
11.07.85	0,42	0,20	2,1	0,1		
10.09.85					0,37	Débit des sources très faible non mesuré
01.10.85					0,27	" "
28.04.86	1,80	2,40	5,60	1,60	17,5	" "
28.05.86	2,30	2,90	4,70	1,92		
08.07.86	1,90	1,60	2,65	1,20		
14.10.86	0,72	0,75	0,96	0,40	3,0	

CAPTAGES A.E.P. DES COLETTES ET ECHASSIERES

DATE	Q	B.M	B.P	
du 1 au 11/10/85	1,25	0,33	0,93	1 : source Est
21 au 29/10/86	0,90	0,30	1,10	2 : source Nord
27/03/86	0,60	0,50	0,70	3 : source Nord-Ouest (2 émergences)
28/04/86	1,44	1,25	1,72	4 : source Ouest
28/05/86	1,69	1,84	2,01	5 : Jaugeage 1+2+3+4 (à mi-bassin)
07/07/86	1,66	1,55	1,75	Q : Captage du Quéfoux
14/10/86	0,80	1,10	0,90	B.M. : Captages des Bois Menus (contrôle à la bache) (plan ci-joint)
				B.P. : Captages Boënat-Percières 3 captages (contrôle à la bache) (à l'exclusion du trop-plein) (Implantés JBM voir figure 2)

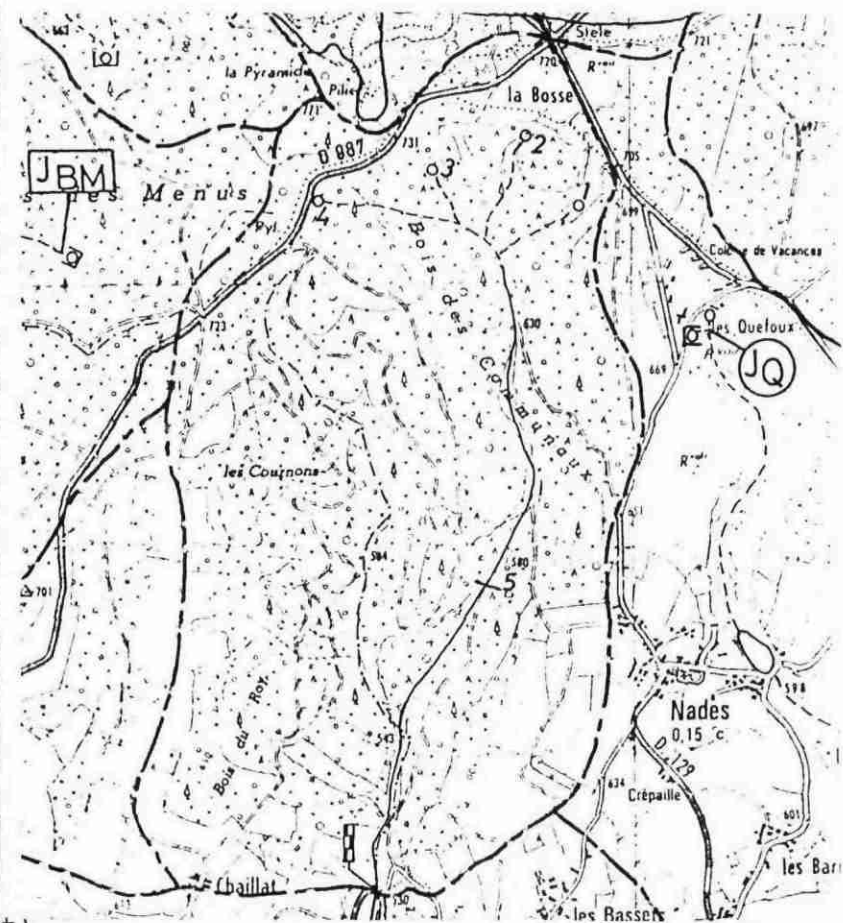


TABLEAU 20

PRELEVEMENTS ANNUELS PAR LES SYNDICATS
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

	A.E.P. SYNDICAT DES COLETTES + ECHASSIERES	A.E.P. COUTANSOUZE
1975	30 870	5 709
1976	28 520	6 126
1977	26 560	7 500
1978	24 061	7 714
1979	23 320	7 162
1980	45 266	7 308
1981	58 050	7 544
1982	70 286	8 930
1983	60 084	8 126
1984	60 883	8 678
1985	51 390	9 082

TABLEAU n° 21

HAUTEURS DES PRECIPITATIONS (en mm)

Poste : ECHASSIERES MN-KJ

MOIS	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Janvier	71	96	78	59	25	56	33	41	53	51	48	105	89	23	70	15	76
Fevrier	137	30	78	55	54	38	54	65	76	60	69	36	27	80	48	79	68
Mars	71	63	23	16	68	78	5	75	94	72	74	96	90	24	24	30	36
Avril	74	44	55	37	58	44	29	42	104	76	30	5	5	140	10	38	114
Mai	48	91	47	83	104	92	115	125	118	99	69	176	71	137	141	179	135
Juin	187	112	82	86	103	60	21	152	31	113	77	155	82	53	83	92	33
Juillet	30	32	61	153	34	45	71	194	68	29	67	83	110	47	34	11	13
Août	84	79	112	43	83	78	64	142	28	105	59	54	60	175	99	35	101
Septembre	56	23	42	39	156	83	117	8	44	18	56	41	62	81	128	4	123
Octobre	61	30	68	65	126	29	150	80	23	154	108	78	60	77	43	11	26
Novembre	32	66	96	40	101	112	98	50	13	41	92	36	41	37	67	44	40
Décembre	41	29	44	101	38	46	98	48	79	107	74	115	101	33	67	59	76
TOTAL	892	695	786	777	950	761	855	1022	731	925	823	980	798	907	814	597	841

COFRAMINES

PROJET MINIER D'ECHASSIERES
ETUDE DES RESSOURCES EN EAU

GEOLOGIE - TRAVAUX MINIERES
HYDROGRAPHIE
EQUIPEMENTS LIMNIMETRIQUES

Echelle: 1/5000

Date Dessin	Rapport n°
Vérifié	87 SGN 159 AUV
Annexe: 1	

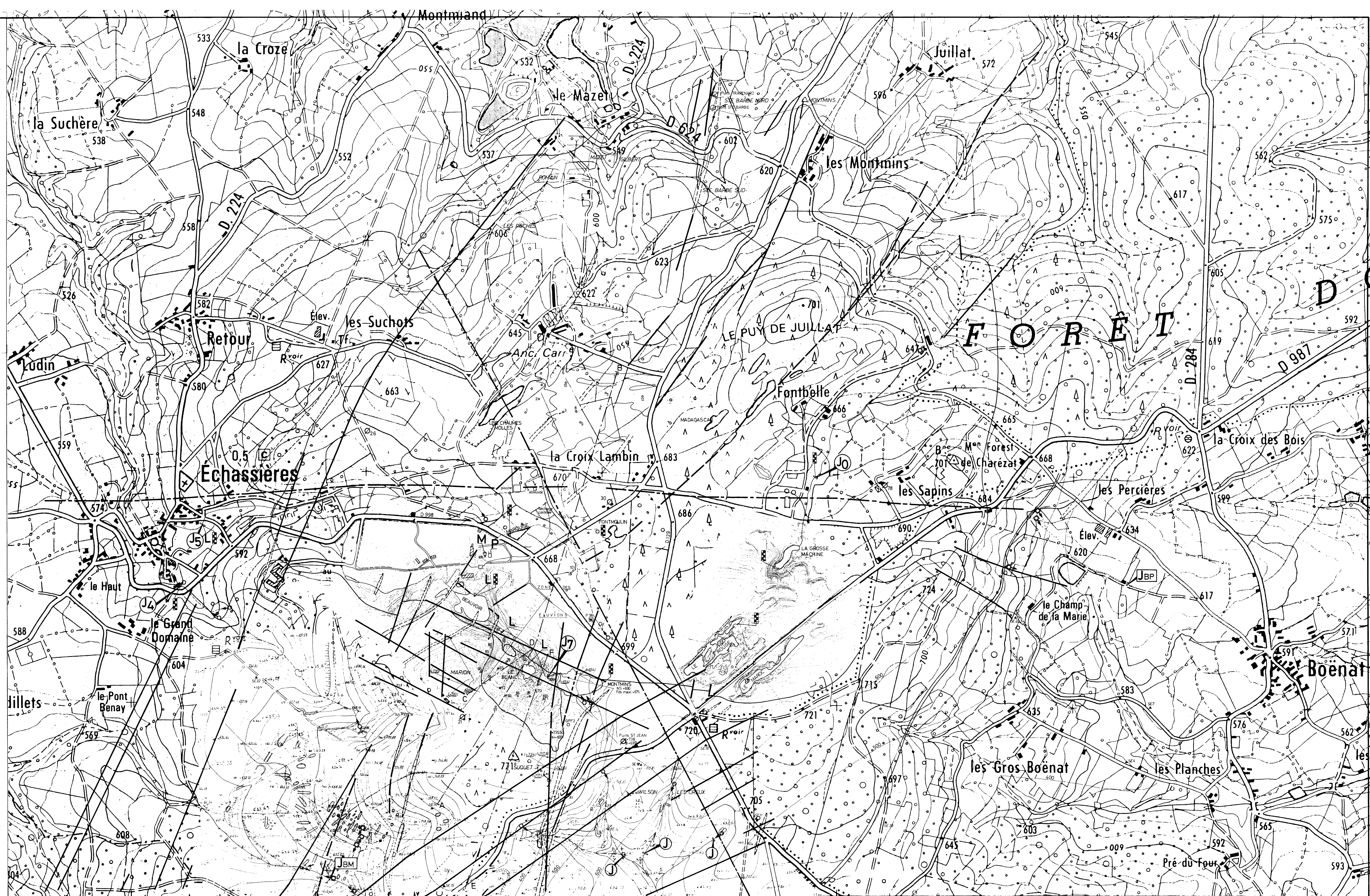


BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE
REGIONAL AUVERGNE

24, Avenue des Landais
63170 AUBIERE
Tél. (73) 26-24-31 - Téléc. BRGM 990489

- Micaschistes
- Granite des Colettes, localement subaffleurant (secteur de la Croix Lambin)
- Granite de Beauvoir
- Travaux souterrains avec cote ponctuelle et sens d'écoulement des eaux
- Isohypse du toit de l'horizon résistant avec implantation des sondages géophysiques (granite?)
- Filon de quartz reconnu sur le terrain
- Filon de quartz selon données anciennes
- Filon de microgranite selon données anciennes
- Faille, linéament (d'après géophysique, photo-interprétation de clichés IGN ou Landsat, travaux de terrain)
- Sondage avec son numéro
- Ecoulement de surface (ou souterrain)
- Source
- Puits avec son numéro code minier
- Plan d'eau
- Station de jaugeage
- Mire limnimétrique
- Limnigraphe
- Points de jaugeage aux captages d'AEP
- Point de jaugeage volant
- Abri météorologique
 - Barographe
 - Thermographe
 - Thermomètre min-maxi
 - Hydrographe
- Pluviographe



COFRAMINES

PROJET MINIER D'ECHASSIERES
ETUDE DES RESSOURCES EN EAU

CARTE GEOLOGIQUE DE LA CARRIERE DE BEAUVOIR

Echelle: 1/1000

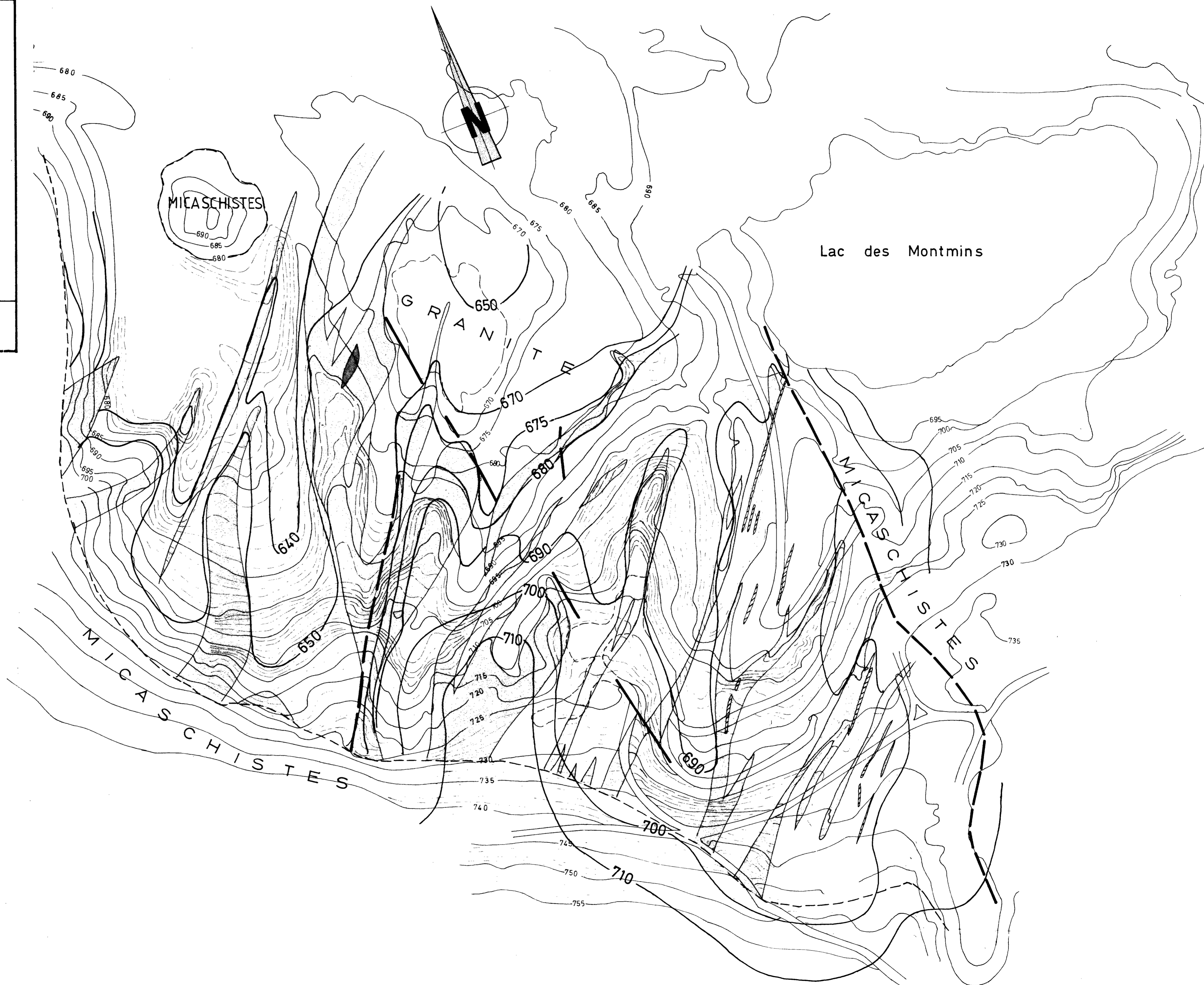
Date	Rapport n°	
Dessin	87 SGN 159 AUV	Annexe : 2
Vérifié		







BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE
REGIONAL AUVERGNE

24 Avenue des Landais
63170 AUBIERE
Tel. (73) 26-24-31 - Télex BRGM 990489



-  Failles supposées
-  Filon de quartz
-  Zone de greisen
-  Isobathe du toit du granite sain

COFRAMINES

PROJET MINIER D'ECHASSIERES

ETUDE DES RESSOURCES EN EAU

COUPES GÉOLOGIQUES
À TRAVERS LE MASSIF D'ECHASSIÈRES

Echelle: 1/5000

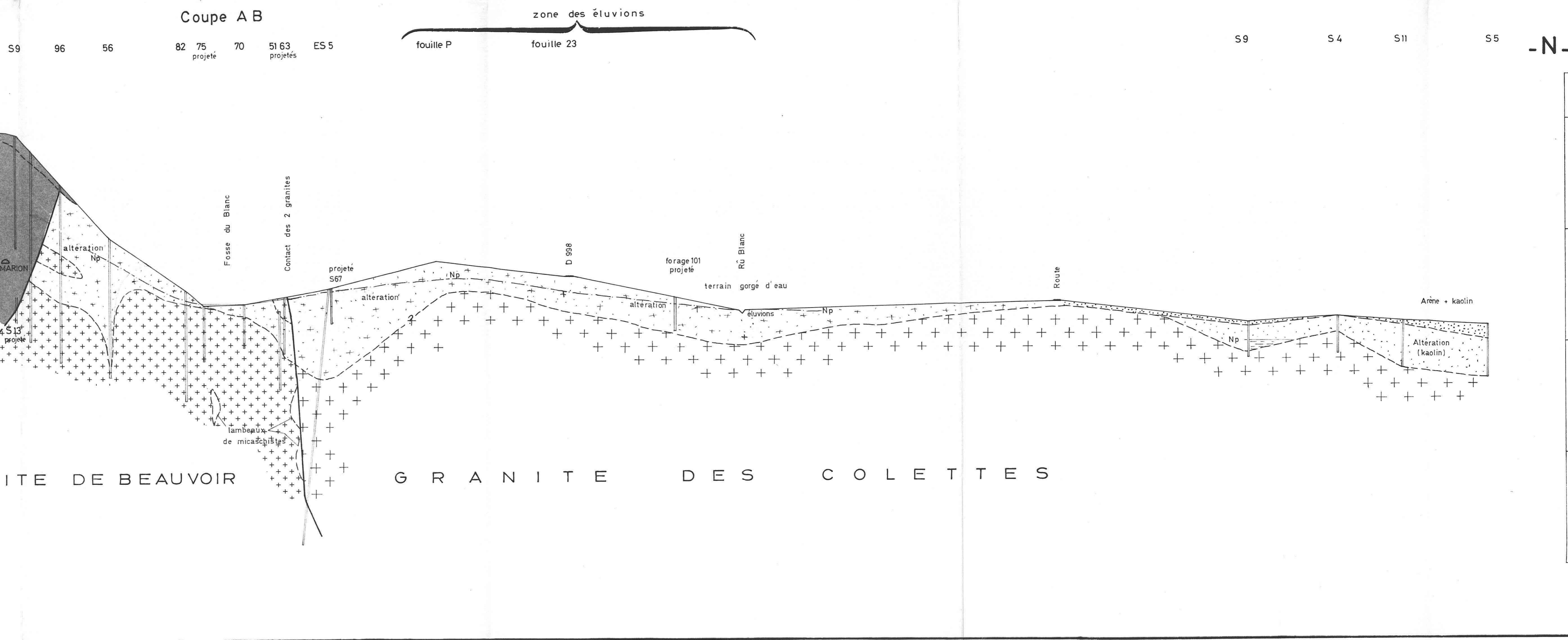
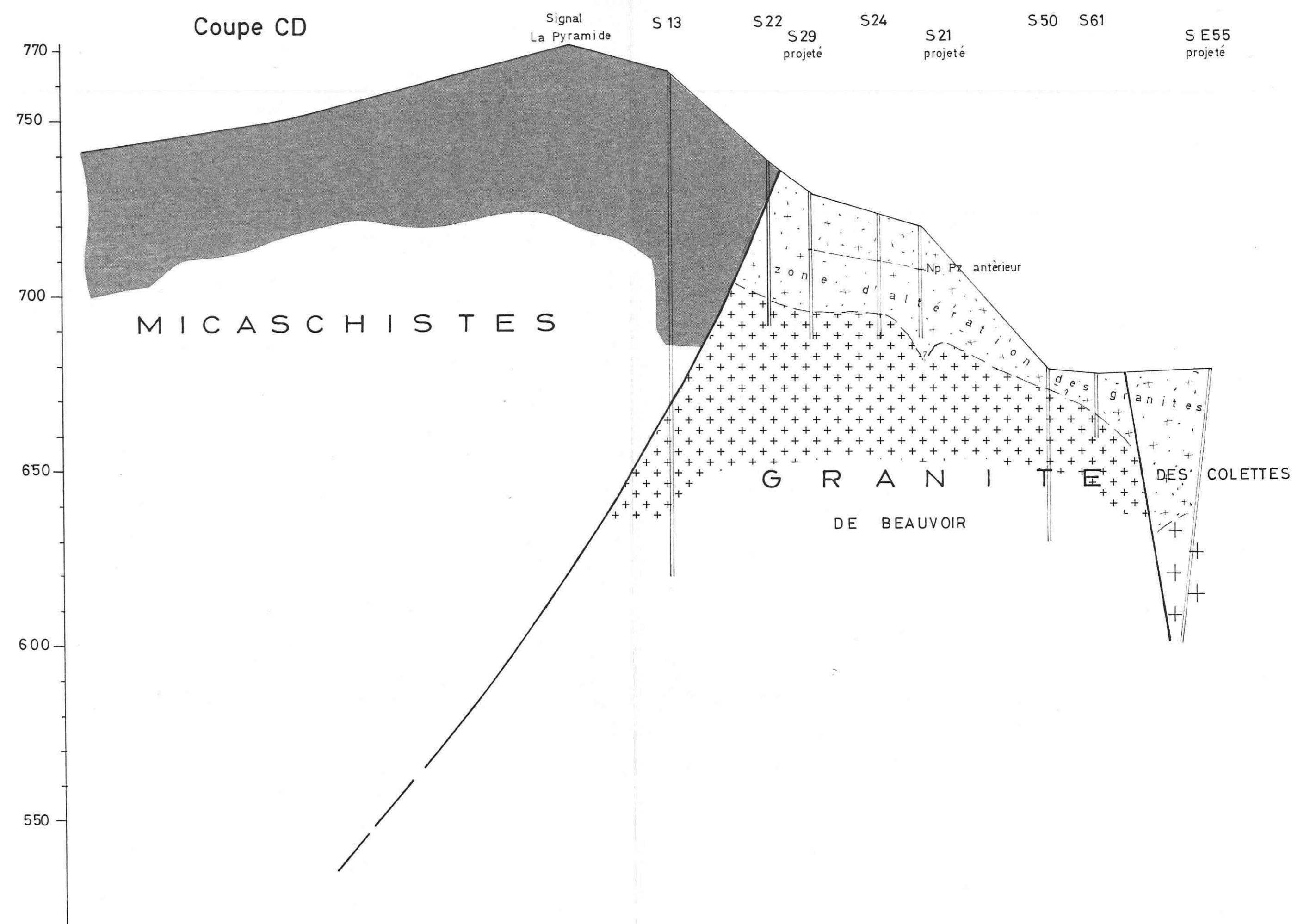
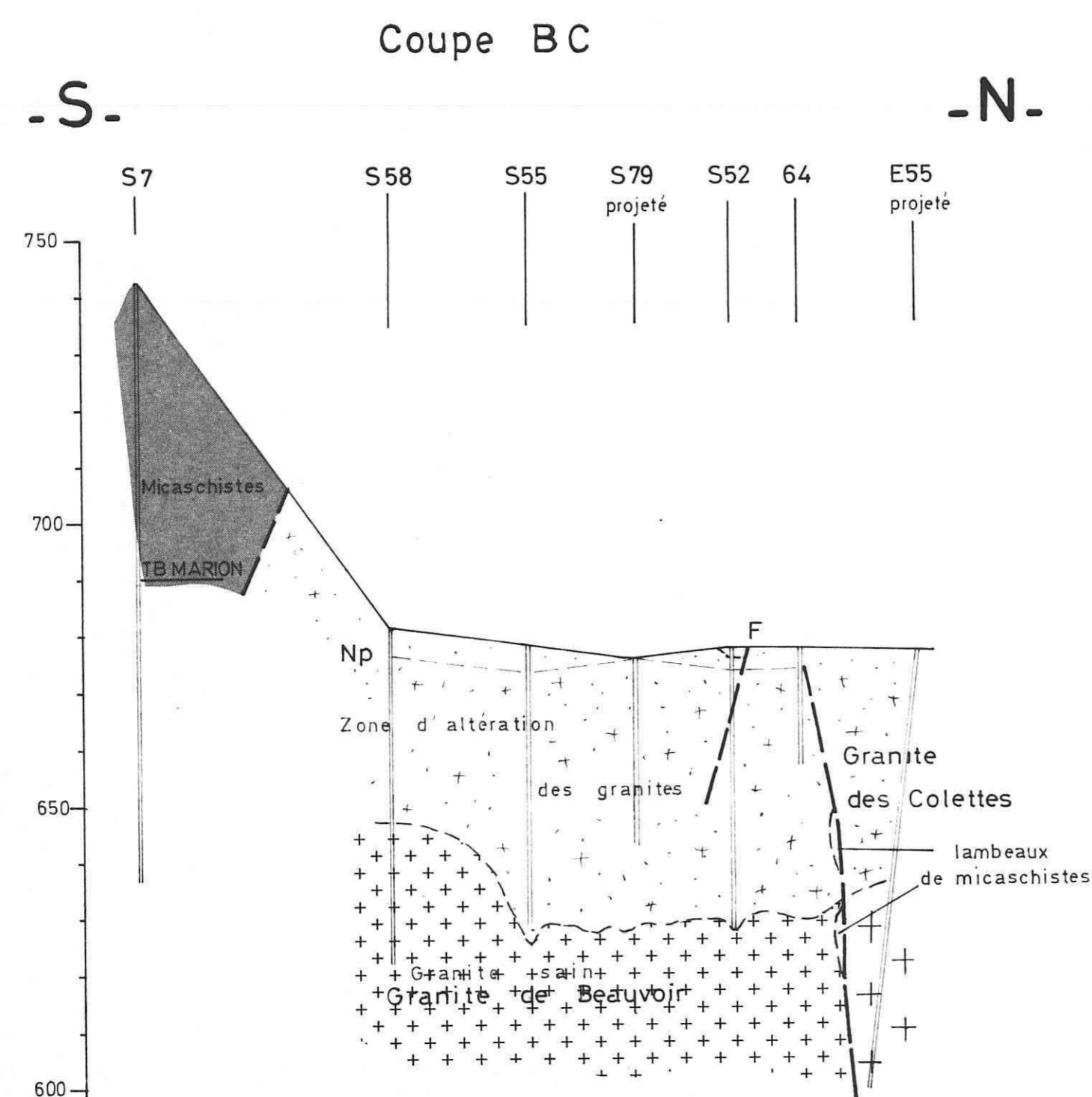
Date	Rapport n°	
Dessin	87 SGN 159 AUV	Annexe 3
Vérifié		



BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GÉOLOGIQUE
REGIONAL AUVERGNE

24, Avenue des Landais
63170 AUBIERE
Tél. (73) 26 24 31 — Télex BRGM 990489



Np = niveau piézométrique

zone des éluvions

fouille P

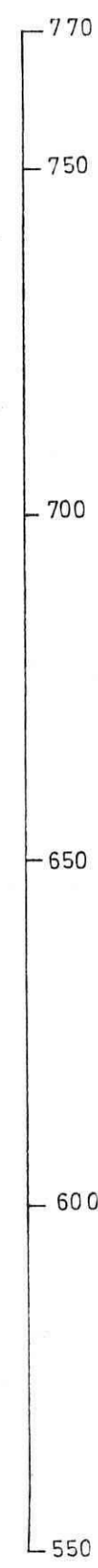
fouille 23

S9

S4

S11

S5



COFRAMINES

PROJET MINIER D'ECHASSIERES

ETUDE DES RESSOURCES EN EAU

SYNTHESE DES DONNEES MODELISABLES

NOV. 85 - DEC. 86

Date	Rapport n°
Dessin	87 SGN 159 AUV
Vérité	Annexe : 4

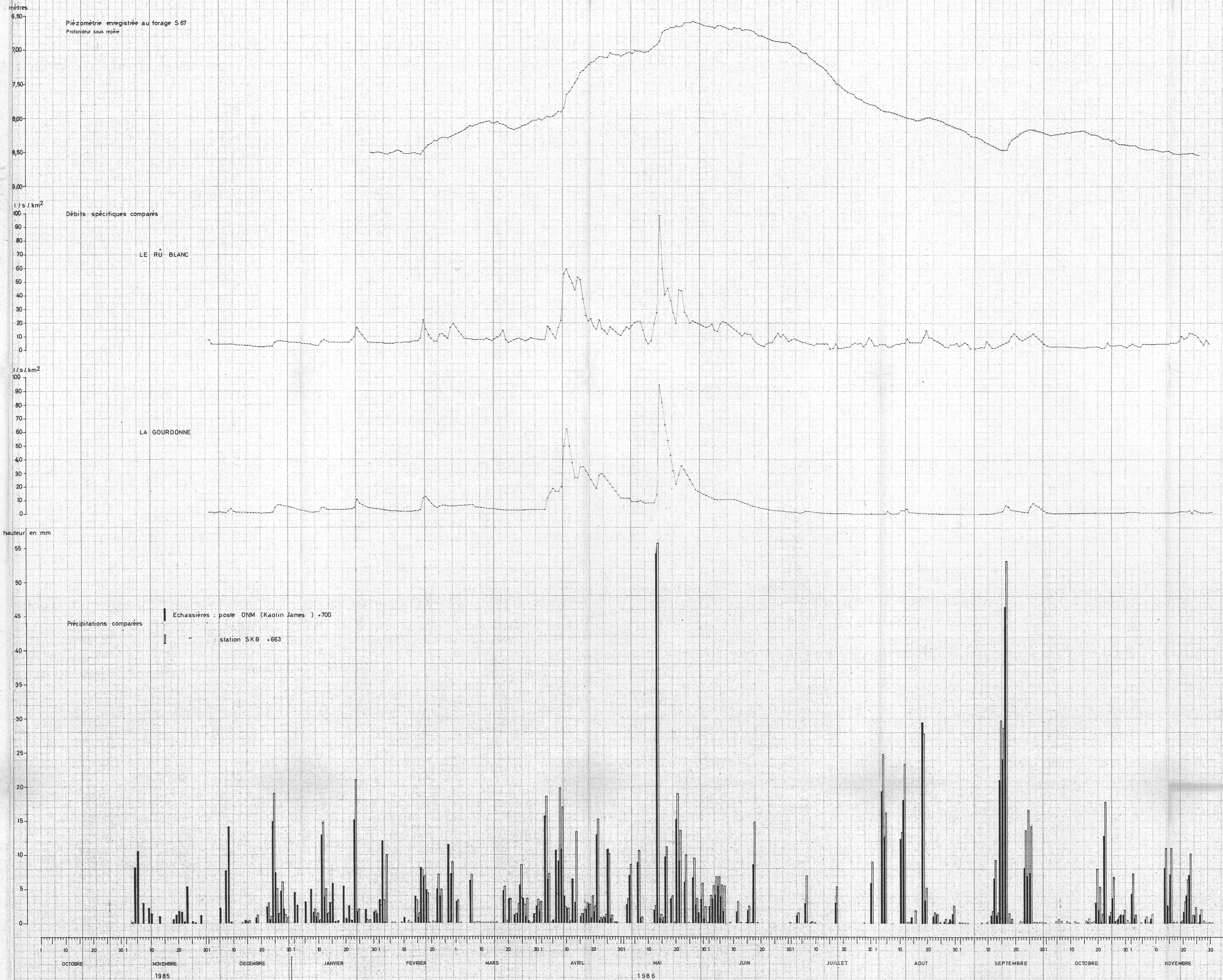


BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE
REGIONAL AUVERGNE

24, Avenue des Landais
63170 AUBIERE

Tél. (73) 26 24 31 - Télex BRGM 990489



COFRAMINES

PROJET MINIER D'ECHASSIERES
 ETUDE DES RESSOURCES EN EAU

VARIATIONS DU NIVEAU DES PLANS D'EAU,
 DES FOSSES ET ETANGS
 DU BASSIN D'ECHASSIERES

NOV. 85 - NOV. 86

RELEVES HEBDOMADAIRES

Date Dessin Vérifié:	Rapport n° 87 SGN 159 AUV	Annexe : 5
----------------------------	------------------------------	------------

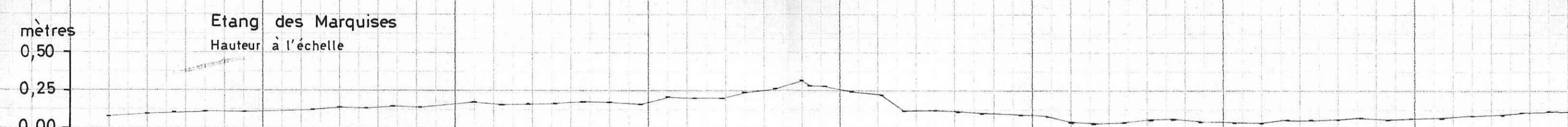
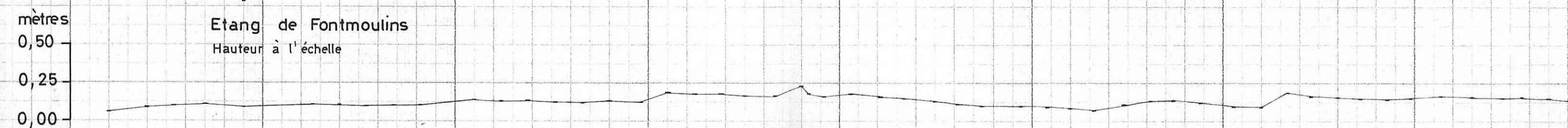
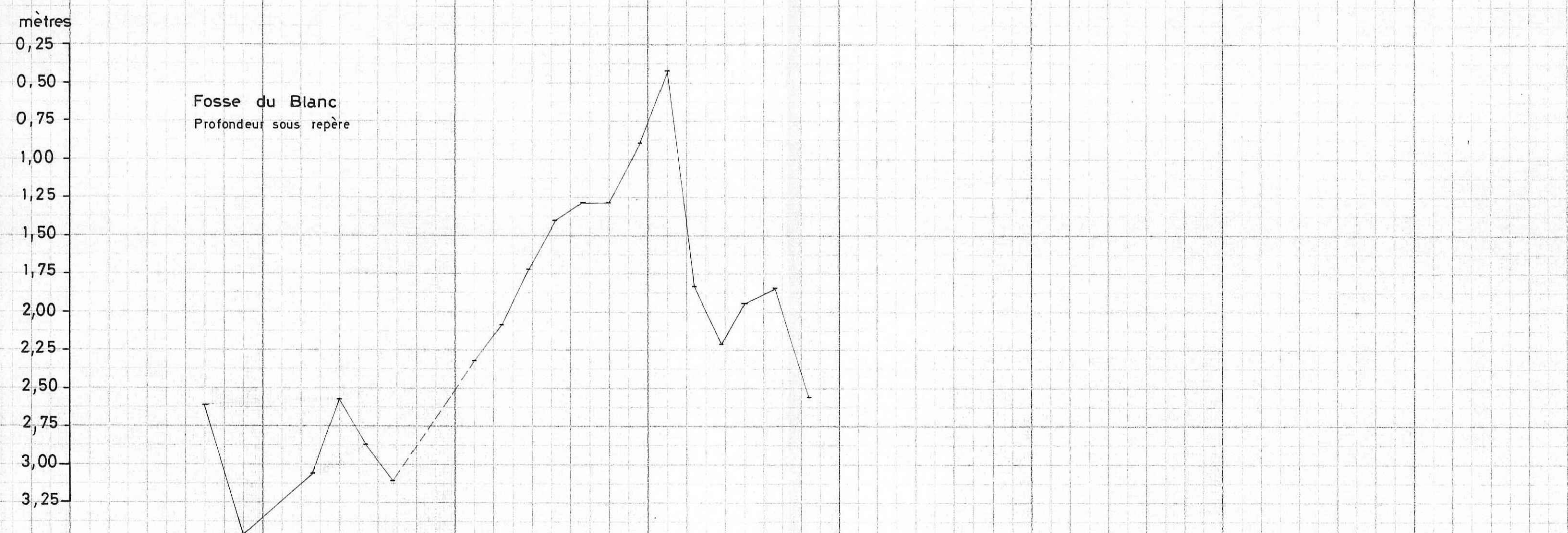
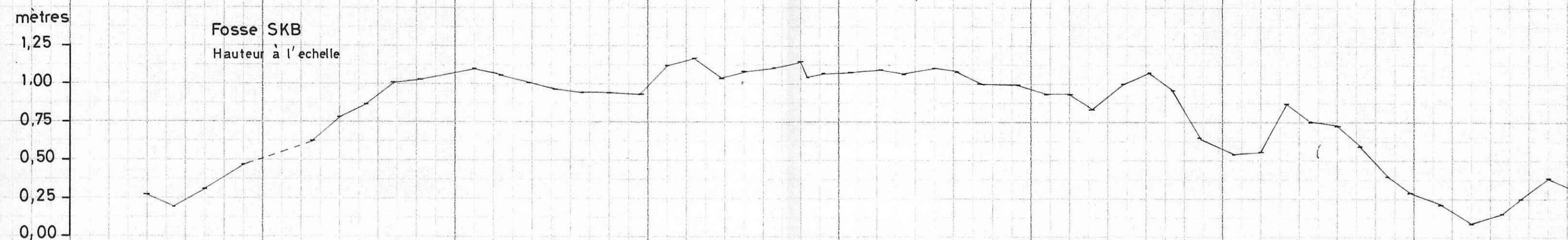
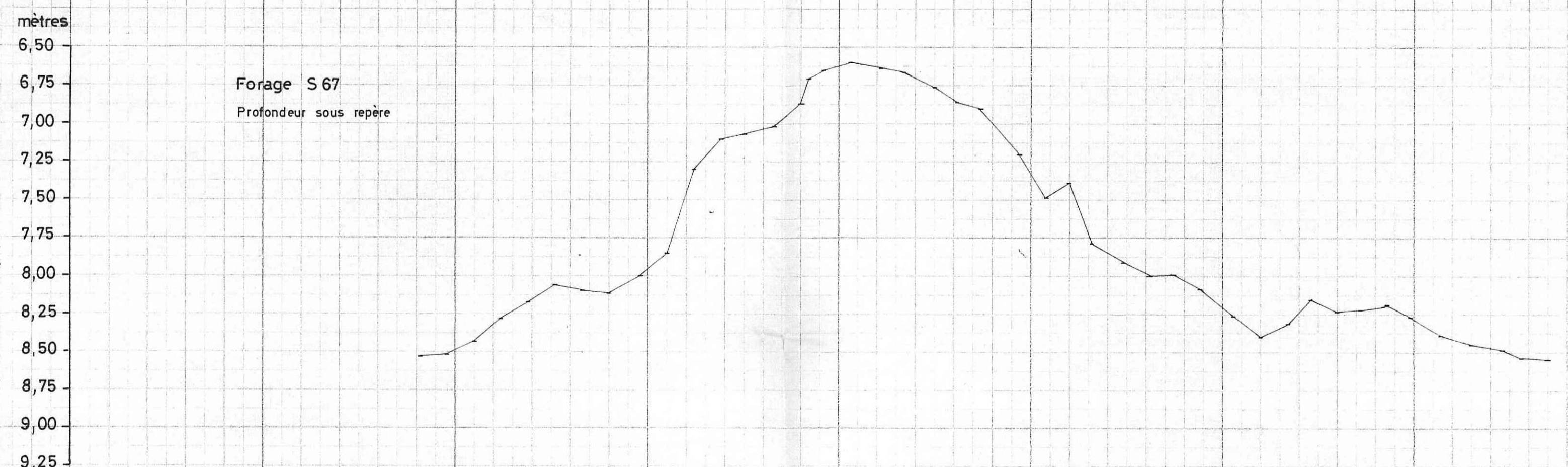
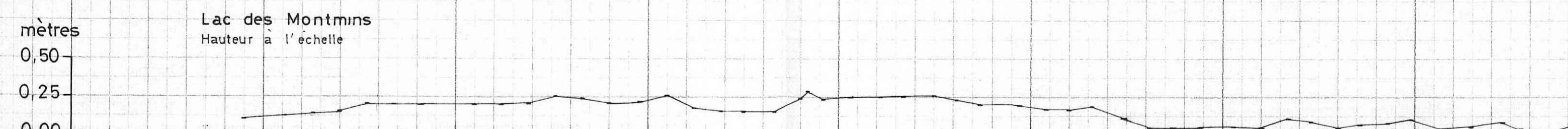
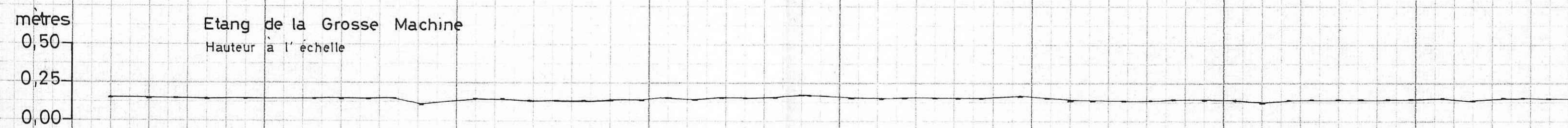
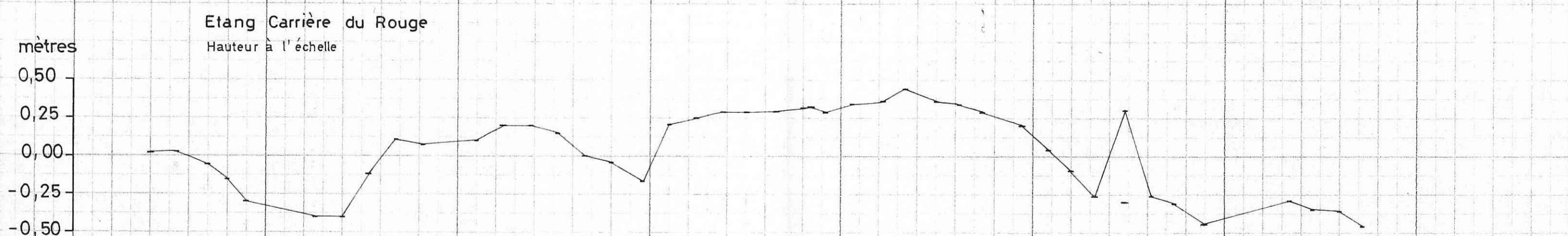


BUREAU DE RECHERCHES
 GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE
 REGIONAL AUVERGNE

24, Avenue des Landais
 63170 AUBIERE
 Tél. (73) 26-24-31 - Télex. BRGM 990489

15 25 2 10 20 7 14 21 28 4 11 18 25 2 9 16 23 29 7 14 16 20 27 4 10 18 24 30 10 17 23 29 6 13 19 26 4 11 18 24 1 7 14 20 28 5 13 18 25 2
 NOV. DEC. JANV. FEVR. MARS AVRIL MAI JUN JUILLET AOUT SEPT. OCT. NOV. DEC.
 1985 1986



15 25 2 10 20 7 14 21 28 4 11 18 25 2 9 16 23 29 7 14 16 20 27 4 10 18 24 30 10 17 23 29 6 13 19 26 4 11 18 24 1 7 14 20 28 5 13 18 25 2
 NOV. DEC. JANV. FEV. MARS AVRIL MAI JUN JUILLET AOUT SEPTEMBRE OCTOBRE NOVEMBRE
 1985 1986