

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

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

**CONDITIONS HYDROLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES
DU SITE DIT "DE SAINT-PRIEST-LA PRUGNE"**

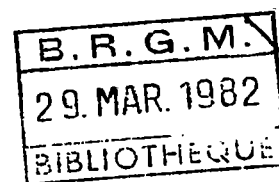
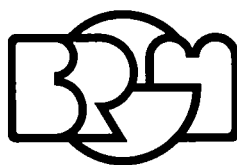
(Loire)

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES EN 1981

Etude réalisée pour le compte du

COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



Mission stockages

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

Rapport du B.R.G.M.

82 SGN 082 STO

Janvier 1982

I N T R O D U C T I O N

De nombreuses données concernant la géologie et l'hydrogéologie de la région des Bois-Noirs dans les monts du Forez et plus particulièrement au voisinage de la mine des Bois-Noirs-Limouzat, ont été rassemblées par l'Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (A.N.D.R.A.), à partir, notamment, des observations et des mesures assurées depuis une vingtaine d'années par le CEA et la COGEMA.

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) a été chargé par l'A.N.D.R.A. de poursuivre l'étude du système hydrogéologique du site de Saint-Priest-La-Prugne pour préciser son état actuel et pour en suivre l'évolution après la fermeture de la mine existante. Il a été ainsi conduit :

- dans une première phase, en 1980, à exploiter les données existantes après les avoir complétées par une étude locale et régionale et par des mesures sur les eaux superficielles des hauts bassins de la Besbre et du Sichon,
- dans une seconde phase, en 1981, à préciser les caractéristiques hydrogéologiques en profondeur du massif granitique sous l'aire de stockage envisagée.

Ces résultats, représentant le point des connaissances à la fin de l'année 1981, sont résumés dans le présent document de synthèse élaboré par le B.R.G.M. pour le compte de l'A.N.D.R.A.

1. DONNÉES DISPONIBLES

1.1. GÉOLOGIE (cf. figure 1)

Du fait de son intérêt minier, la région des Bois-Noirs a été, de longue date, l'objet de nombreux travaux géologiques détaillés.

Le contexte géologique de la mine du Limouzat, en particulier, a été décrit dans plusieurs publications [réf. (2) à (6)]. On dispose en outre d'une carte géologique à 1/50 000 (feuille Mayet-de-Montagne) publiée en 1979 par le B.R.G.M., qui a largement profité des levés de détails réalisés par le C.E.A. entre 1950 et 1970 [réf. (1)].

Enfin, des données complémentaires ont été obtenues grâce à la réalisation en 1981 de trois sondages verticaux carottés en continu d'une profondeur comprise entre 60 et 110 m permettant la reconnaissance du milieu jusqu'à la cote 670 m (NGF).

1.2. HYDROLOGIE (cf. figure 2)

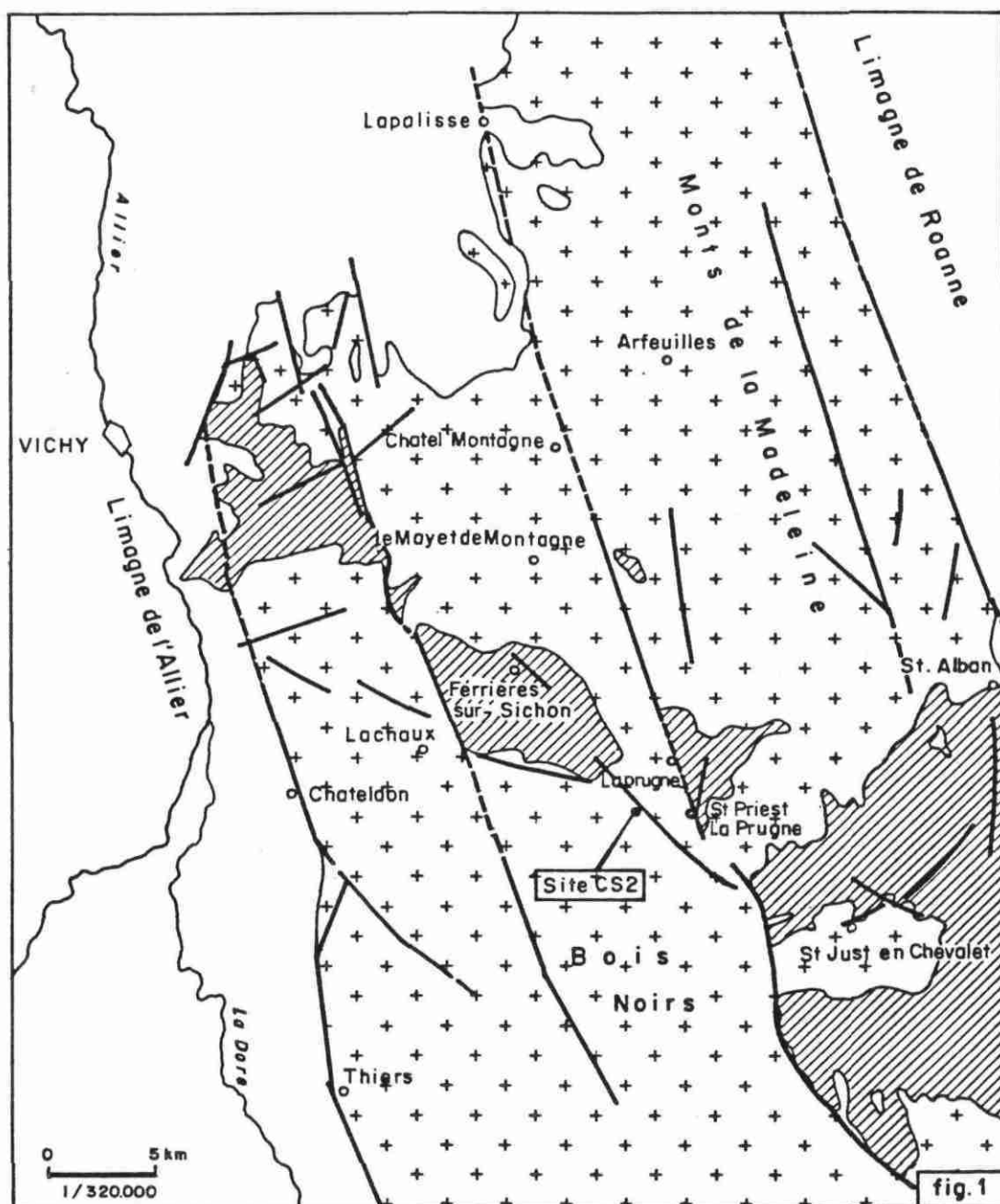
Trois types de données ont été exploités :

- a) Les résultats de mesures de stations météorologiques ou hydrologiques consignés dans les publications officielles [réf. (8) et (9)] :
 - . relevés des pluies (station de Laprugne),
 - . débits de la Besbre (station de Chatel-Montagne),
 - . valeurs de l'évapotranspiration potentielle calculée à la station de Vichy.

- b) Les mesures hydrologiques de la COGEMA :
 - . relevés de la pluie au Limouzat,
 - . débit de la Besbre au Limouzat.

- c) Les jaugeages des sources et des cours d'eau des hauts bassins de la Besbre et du Sichon effectués par le B.R.G.M. en septembre 1980.

Cadre géologique régional

Terrains sédimentaires

□ Tertiaire (Oligocène)

▨ Primaire

Roches éruptives

+ Granite et microgranite

Tectonique

— tracers de quelques failles principales

fig.1

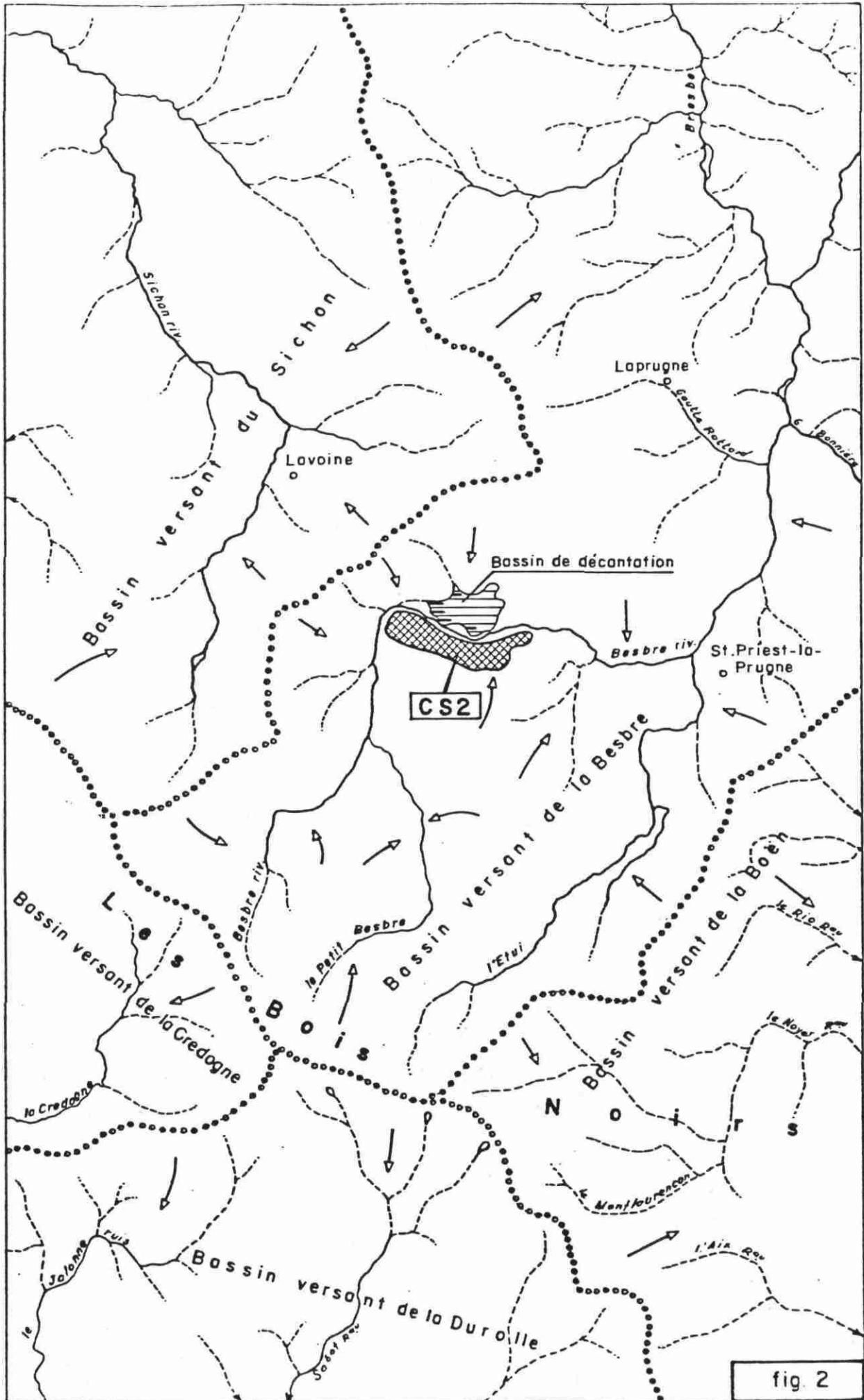


fig. 2

1.3. HYDROGEOLOGIE

1.3.1. Physico-chimie des eaux

- Les mesures réalisées en 1980 sur les eaux superficielles des hauts bassins de la Besbre et du Sichon ont permis de relever les caractéristiques physico-chimiques de ces eaux durant l'étiage estival (température, pH, conductivité électrique). Ces mesures ont été poursuivies en 1981.
- Des prélèvements en vue d'analyse ont été effectués aux mêmes époques dans la mine et en surface. Leurs résultats ont pu être comparés avec ceux d'analyses d'eaux réalisées en 1967, par le C.E.A.
- Enfin, rappelons que les caractéristiques des eaux thermominérales étudiées ont été extraites des nombreux documents traitant des sources thermales de la région dont le rapport n° 117 du SCPRI [réf. (10) à (25)].

1.3.2. Venues d'eau dans la mine avant l'arrêt de l'exhaure

L'étude de ces venues d'eau est basée sur les observations et les mesures réalisées par la COGEMA à différents stades antérieurs de l'exploitation minière.

1.3.3. Noyage naturel de la mine

L'exhaure de la mine a été arrêtée fin janvier 1981.

Depuis et jusqu'en septembre 1981, la remontée naturelle du niveau d'eau a été suivie en continu par la COGEMA.

1.3.4. Forages

Des essais hydrauliques réalisés dans chacun des trois forages ont permis d'apprécier la variation de la perméabilité du milieu granitique avec la profondeur. En fin de travaux, les forages ont été équipés pour le contrôle des variations naturelles des niveaux d'eau.

2. PRINCIPAUX RÉSULTATS ACQUIS

2.1. LE CLIMAT

Le climat du massif des Bois-Noirs est humide, ce qui est normal à 800 m d'altitude environ :

- Les précipitations moyennes sont relativement élevées et régulières : Les calculs effectués sur les pluies annuelles relevées à la station de Laprugne entre 1967 et 1979 conduisent aux résultats suivants :
 - . précipitations médianes : 1190 mm/an,
 - . précipitations en année décennale sèche : 950 mm/an,
 - . précipitations en année décennale humide : 1420 mm/an.
- La reprise de l'évapotranspiration réelle est de l'ordre de 40 à 50 % des précipitations suivant les années. Le reste s'écoule dans les rivières soit directement, soit après infiltration et circulation dans les formations superficielles.

Plus précisément, l'analyse du débit de la Besbre à Chatel-Montagne pour la période de 1971 à 1977 donne un écoulement moyen équivalent à 700 mm/an, soit 20 l/s par km².

2.2. LES ÉCOULEMENTS SOUTERRAINS

2.2.1. A l'échelle du bassin versant, les écoulements souterrains dans les nappes superficielles sont importants

En effet, on observe pour les cours d'eau du haut bassin de la Besbre, des débits d'étiage modérés (10 à 16 l/s par km²) et des tarissements lents (division par 2 en 1,5 mois).

Plus précisément, l'analyse des hydrogrammes de la Besbre montre un débit de base de l'ordre de 50 % du débit total au Limouzat et de 30 % à Chatel-Montagne.

Ces caractéristiques du régime d'écoulement en surface indiquent des écoulements souterrains importants dans des réservoirs de bonne capacité. Celles-ci ne peuvent être attribuées qu'à des nappes superficielles relativement développées, bien que plus ou moins continues. Ceci suppose que les formations superficielles aient en moyenne une forte épaisseur, ce qui est compatible avec les observations en surface et dans les forages et conforme aux résultats d'une campagne géophysique réalisée en novembre 1979.

L'inventaire général des sources confirme ces résultats : les sources sont très nombreuses, pérennes pour la quasi-totalité d'entre elles. Leur localisation est caractéristique de sources de drainage des zones arénisées et fragmentées du socle.

Il est par ailleurs intéressant de noter qu'en période d'étiage, les eaux de rivière sont chimiquement identiques à ces eaux de source : elles ont bien pour origine essentielle les nappes superficielles des granites arénisés et fragmentés.

2.2.2. Au droit de l'aire de stockage envisagée, les perméabilités sont faibles et décroissent avec la profondeur. (cf fig. 3 et 4)

Les travaux de reconnaissance réalisés en 1981 sur l'emplacement du stockage envisagé permettent de distinguer dans le massif rocheux, deux zones superposées :

- la première, superficielle, plus perméable (perméabilité équivalente de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-7} m/s) a au moins une vingtaine de mètres d'épaisseur ; elle correspond au granite fragmenté et altéré. Elle contient une nappe que l'on peut considérer comme continue et qui s'écoule vers la Besbre. Son niveau d'eau est près du sol et il est pratiquement indépendant des niveaux de l'eau dans la mine.
- la partie la plus profonde est moins perméable (perméabilité équivalente de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-9} m/s) ; les niveaux piézométriques dans cette zone sont intermédiaires entre ceux de la nappe superficielle et ceux dans les ouvrages miniers.

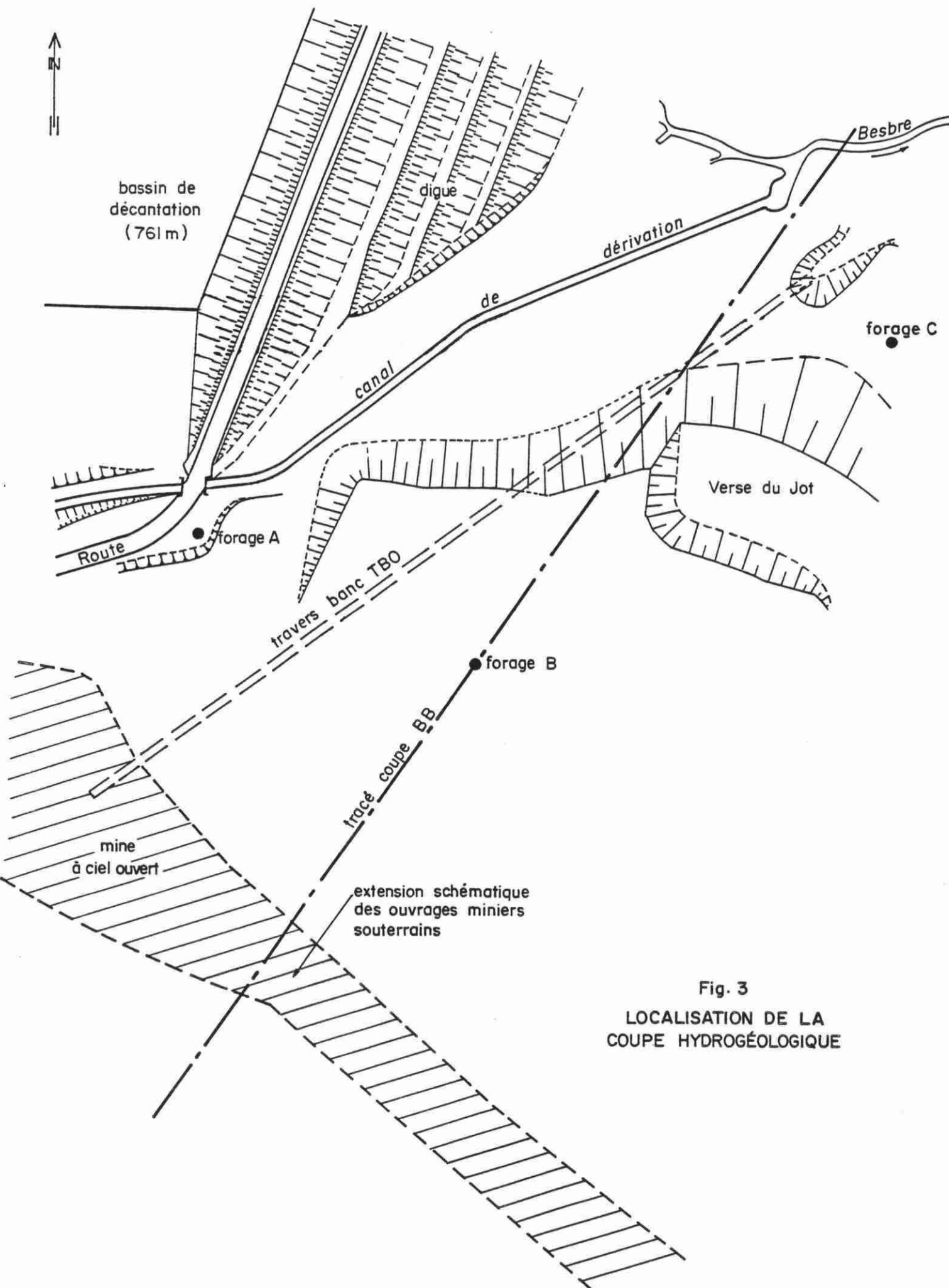
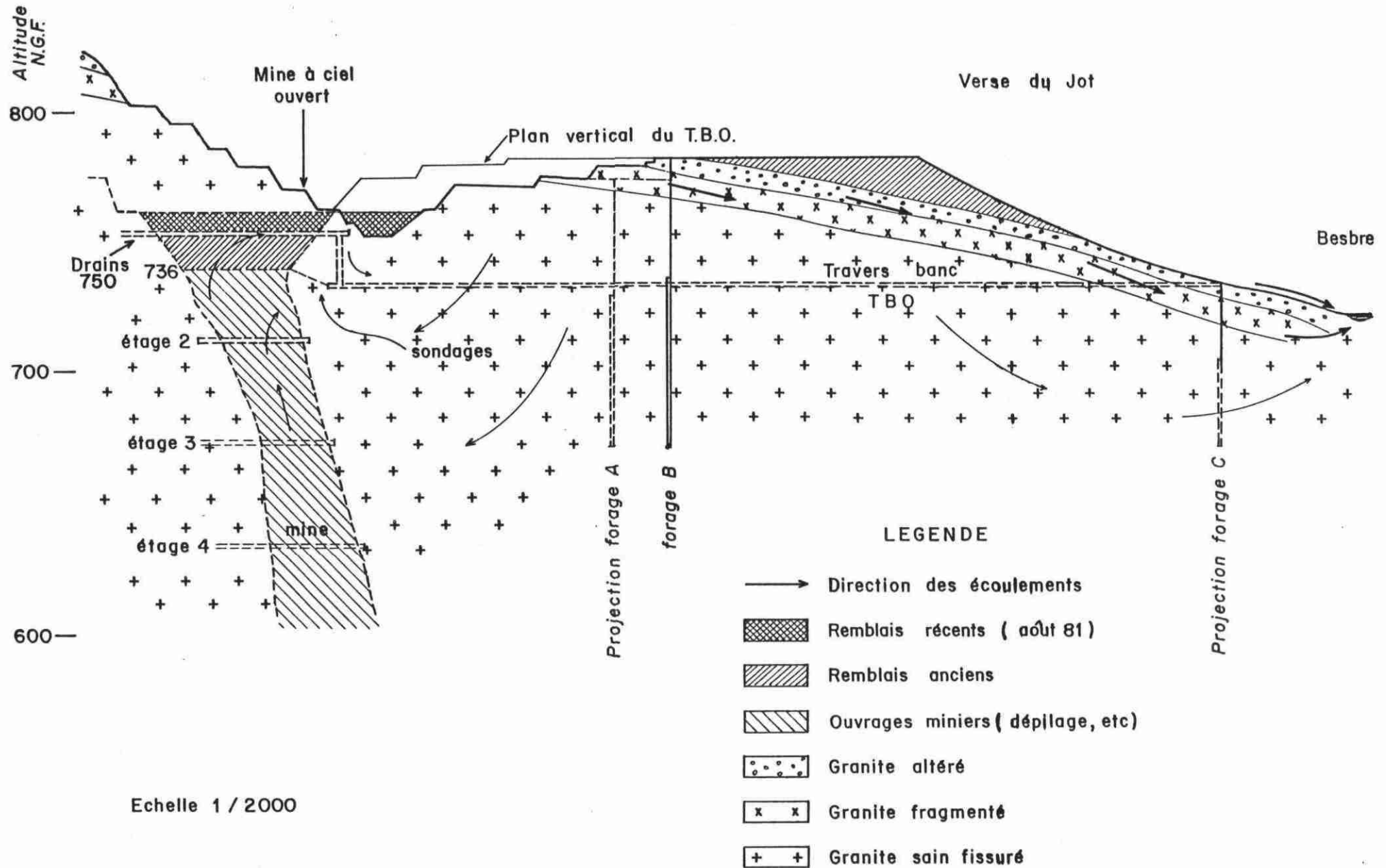


Fig. 3
LOCALISATION DE LA
COUPE HYDROGÉOLOGIQUE

Fig. 4 - Coupe hydrogéologique schématique du site de St-Priest-la-Prugne (Coupe B.B)



2.2.3. Les formations géologiques en profondeur sont globalement peu perméables au voisinage de la mine du Limouzat

En effet, au cours de la première phase d'étude, les observations faites avant l'arrêt des pompes d'exhaure dans la mine, montraient que :

- les débits d'exhaure étaient faibles, $122 \text{ m}^3/\text{h}$ (= 34 l/s) en moyenne, relativement au rabattement imposé (400 m) et à l'extension des travaux miniers souterrains (30 km de galeries et recoupes),
- le développement des travaux miniers n'avait pas provoqué d'augmentation appréciable de ce débit d'exhaure depuis 1966 ; ce débit doit donc pour l'essentiel provenir de l'alimentation du massif drainé par les travaux miniers,
- le creusement de la mine n'avait pas entraîné d'assèchement de sources mêmes proches,
- l'aire d'alimentation du débit d'exhaure de la mine était peu étendue :
 - . la partie du débit bien corrélée à la pluie conduisait à évaluer une aire d'alimentation de $0,5 \text{ km}^2$ qui correspond pratiquement à la surface des ouvrages miniers superficiels,
 - . le débit moyen total ($122 \text{ m}^3/\text{h}$) impliquait une surface "équivalente" de $1,5$ à $2,5 \text{ km}^2$ selon les hypothèses sur la fraction infiltrée,
- le gisement de minerai d'uranium, bien que sous une forme très soluble et relativement concentrée, était resté en place depuis plusieurs dizaines de millions d'années sans remise en mouvement significative.

Plus précisément, on pouvait noter d'après la distribution des venues d'eau dans la mine, que les formations du mur sont très peu perméables, tandis que celles du toit et des filons peuvent avoir localement des perméabilités plus élevées.

2.3. CHIMIE DES EAUX

2.3.1. Données sur les venues d'eau profondes de la mine avant l'arrêt des pompages d'exhaure

Parmi les venues d'eau profondes apparues dans la mine maintenue hors d'eau, certaines ont été identifiées comme des eaux naturelles de par leur composition chimique caractéristique : faciès d'eaux granitiques relativement chargées en bicarbonates.

Ces eaux ont fait l'objet d'un dosage de leur tritium afin d'en apprécier l'âge : celui-ci permet de les classer comme des eaux récentes, ce qui est cohérent avec l'ensemble des données conduisant à retenir, pour les eaux rencontrées dans la mine, une origine locale.

2.3.2. Influence de l'exploitation minière sur la qualité des eaux

2.3.2.1. Il est confirmé que la composition chimique des eaux de la Besbre subit l'influence du bassin de décantation. On observe une dilution progressive vers l'aval.

- Le Sichon ne subit, comme prévu, aucune influence.
- Il en est de même de tous les affluents de la Besbre ainsi que de toutes les sources du bassin versant.

2.3.2.2. Dans la mine, on peut distinguer :

- des eaux d'infiltration directe dont la composition chimique peut être influencée par les travaux ou traitements miniers,
- des eaux dont les caractéristiques sont restées celles des eaux originelles après vingt cinq ans de forts rabattements dans la mine et malgré la composition particulière des eaux du bassin de décantation et de la Besbre à son aval.

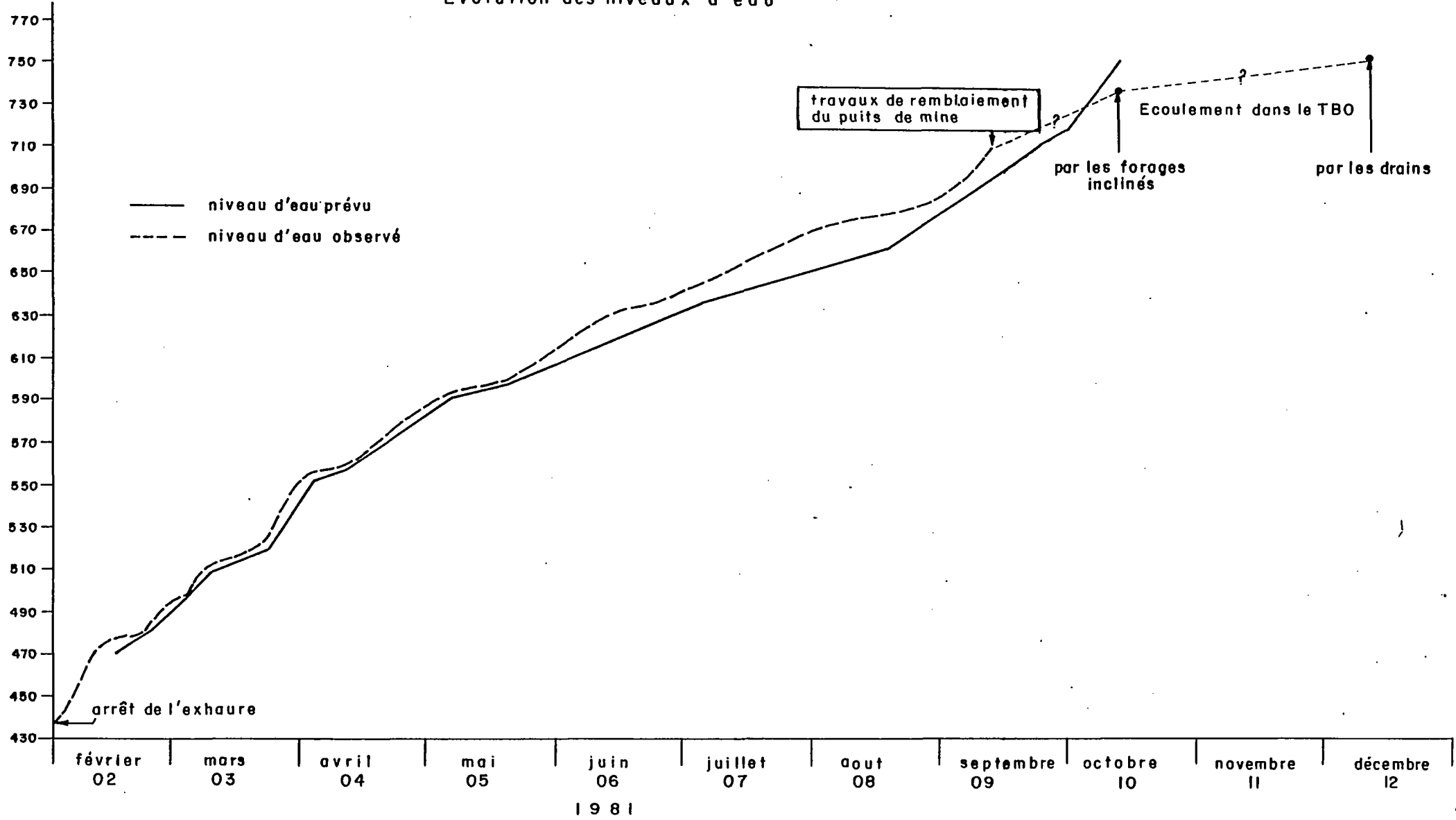
2.4. NOYAGE NATUREL DE LA MINE

Jusqu'au niveau 736, les prévisions de remontée de l'eau dans la mine, établies par la COGEMA, en supposant une totale étanchéité de l'ensemble des ouvrages miniers, ont été respectées à quelques jours près (cf fig. 5) ; les faibles écarts observés ont toujours montré une avance de la remontée réelle sur la remontée prévisionnelle, tout au moins jusqu'au remblayage du puits de mesure.

NOYAGE NATUREL DE LA MINE
Evolution des niveaux d'eau

fig. 5

altitude NGF du niveau d'eau



A 736 m, l'eau dans la mine a atteint l'extrémité de deux forages inclinés en communication avec le travers banc (TBO), ce qui a eu pour effet de ralentir la remontée des niveaux par rapport aux prévisions, le niveau 750 n'ayant été atteint que vers le 10 décembre 1981 au lieu de la mi-octobre. Les débits enregistrés à la sortie du travers banc fluctuent selon les variations de la pluie au droit des ouvrages miniers superficiels.

2.5. RELATIONS AVEC LES SOURCES THERMOMINÉRALES DE LA RÉGION

2.5.1. Parmi les sources minérales ou thermominérales examinées en 1980, la source "Charrier" (commune de Laprugne) présente des caractéristiques physico-chimiques particulières, qui permettent de lui attribuer une origine superficielle tout à fait comparable à celle des autres sources de la région issues des arènes granitiques. Comme toutes celles-ci, elle draine une zone limitée indépendante.

2.5.2. En ce qui concerne les autres sources thermominérales étudiées également en 1980, Chateldon, Saint-Alban et celles du bassin de Vichy :

a) Elles sont bicarbonatées, mais de types différents :

- Bassin de Vichy : très peu calciques mais fortement sodiques
- Chateldon : calciques, calco-sodiques
- Saint-Alban : sodi-calciques.

b) Elles se singularisent par les valeurs du rapport entre la somme des concentrations* en ions sodium et potassium et celles en ions chlorures. Ce rapport est égal respectivement à 9, 23 et 58.

c) L'analyse de la radioactivité naturelle de ces eaux apporte aussi des éléments intéressants :

- les teneurs en radium 226, faibles dans le bassin de Vichy et fortes pour les autres sources, et celles en potassium 40 (fortes à Vichy et moyennes ailleurs), confirment les contrastes entre ces eaux,

* exprimées en milliéquivalents.

- les teneurs en uranium naturel sont faibles, ce qui exclut toute liaison directe avec les gisements de la Montagne Bourbonnaise et notamment celui du Limouzat.

d) Il faut en conclure que les cheminements des eaux, la nature des terrains qu'elles traversent et les mélanges qui se produisent avec les eaux d'autres origines sont pour ces sources minérales différents de l'une à l'autre.

o°o

C O N C L U S I O N S

De l'ensemble des données disponibles et de celles acquises en 1980 et 1981 par le B.R.G.M. sur les conditions hydrologiques et hydrogéologiques des hauts bassins de la Besbre et du Sichon, et plus particulièrement sous la zone envisagée pour l'aire de stockage, on peut conclure :

1. Les caractéristiques hydrologiques locales sont tout à fait conformes à celles que l'on observe habituellement dans les massifs granitiques sous nos latitudes :
 - écoulement total, c'est-à-dire de surface et de subsurface, important,
 - une nappe contenue dans les formations superficielles, étroitement liée à la morphologie du terrain et donc morcelée par les cours d'eau en systèmes indépendants,
 - un substrat granitique sain très peu perméable dans son ensemble, même s'il comporte des fractures plus ou moins ouvertes et plus ou moins continues.
2. Il faut noter que dans le massif étudié, l'épaisseur des altérations et du granite fragmenté, ainsi que la présence d'anciennes formations glaciaires donnent aux aquifères superficiels une capacité particulièrement importante.
3. La remontée des eaux dans la mine confirme la très faible perméabilité du massif profond.
4. L'ensemble des données actuellement recueillies infirme l'hypothèse que les grands accidents tectoniques régionaux puissent jouer un rôle de collecteurs hydrauliques qui seraient la cause de communications entre les différents bassins versants.

*
* *

Compte-tenu de l'ensemble de ces éléments, dans l'hypothèse où se produiraient des transferts de matière vers le sous-sol à partir du centre de stockage envisagé par l'A.N.D.R.A., leurs trajets souterrains seraient limités au voisinage immédiat du centre et aboutiraient à courte distance à la Besbre. L'éventualité d'une migration lointaine à travers le milieu souterrain peut être exclue.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE

- (1) - Carte géologique à 1/50 000 : Le Mayet-de-Montagne et notice explicative . - *Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 1978.*
- (2) - CUNNEY (M.) . - Le gisement uranifère des Bois-Noirs Limouzat . - *Thèse de spécialité, Nancy I, 1974.*
- (3) - FAURE (J.) . - Le gisement d'uranium des Bois-Noirs : le piège structural . - *Sciences de la Terre, tome XIII n° 3, Nancy, 1968.*
- (4) - KURTBAS (K.) . - Les granites de la Montagne Bourbonnaise , leur évolution pétrographique et géochimique . - *Thèse, Université Nancy, 1972.*
- (5) - NITARD (J.) . - Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin versant du moyen Allier . - *Thèse, 3è cycle, Montpellier, 1968.*
- (6) - POUGHON (A.) . - In : Les Minerais uranifères français, T.2, chapitre 2 (Forez) . - *Paris : Presses univ. de France, 1962 (Bibliothèque des sciences et techniques nucléaires).*
- (7) - RAMBAUD (A.) . - Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin versant de l'Allier : partie Nord du bassin . - *Thèse, 3è cycle, Montpellier, 1968.*

HYDROLOGIE

- (8) - Résumé mensuel du temps en France, années 1967-1970 et 1974-1978. - *Paris : Direction de la Météorologie Nationale.*
- (9) - Annuaire national des débits de cours d'eau, vol. 2, Bassin Loire-Bretagne : années 1971 à 1977 . - *Paris : Imprimerie nationale.*

HYDROTHERMALISME

-
- (10) - AUBIGNAT (A.) . - Etude hydrogéologique des sources du bassin de Vichy
Rapport de l'Association française des techniques hydrothermales (AFTH),
1977.
- (11) - BATARD (F.), FOUCHER (J.C.), GABLE (J.) . - Inventaire des ressources
géothermiques dans le bassin de l'Allier . - *Orléans, Bureau de Recher-
ches Géologiques et Minières, 1980 (rapport 80 SGN 390 AUV)*.
- (12) - BATARD (F.), GARDES (A.), NORMAND (B.), PEPIN (D.) . - Etude de la corrél-
ation entre les éléments majeurs, mineurs et traces des eaux du bassin
de Vichy . - *Journal français d'hydrol. vol. 11, fasc. 1, N° 31, 1980,*
p. 81-86.
- (13) - BATARD (F.), MAISONNEUVE (J.), RISLER (J.J.) . - La province hydrominé-
rale des eaux carbogazeuses d'Auvergne . - *Rev. Sci. Nat. d'Auvergne,*
vol 44, 1978.
- (14) - DEBGLIA (N.), GERARD (A.) . - Apport de l'aéromagnétisme à l'étude géo-
logique du Nord du Massif-Central . - *Bulletin du Bureau de Recherches*
Géologiques et Minières, 2ème série, n° 3, 1975.
- (15) - Fichier des sources d'eaux minérales françaises . - *Annales des mines,*
septembre 1975.
- (16) - FOUILLAC (C.), MICHARD (G.), MANDEVILLE (D.), OUZOUNIAN (G.), STETTLER (A.) . -
Subsuperficial changes in chemical composition of the thermomineral waters
of Vichy basin - Geothermal implications . - *Geochemical Journal, vol. 10,*
1976, p. 155-161.
- (17) - GEFFROY (J.) . - Les gîtes uranifères dans le Massif Central . -
Symposium J. JUNG, Clermont-Ferrand, 1971, p. 541-579.
- (18) - GROLIER (J.), TCHMILCHIAN (G.) . - Connaissances nouvelles sur la géolo-
gie du socle de la Limagne d'après les sondages de la Régie Autonome des
Pétroles . - *Bull. Soc. Géol. France, 7è série, t. 5, n° 6, 1983, p. 930-937.*

- (19) - JUNG (J.) . - Liste des sondages effectués en Limagne pour les recherches de pétrole de 1883 à 1932 . - *Rev. Sci. Nat. d'Auvergne*, 1938.
- (20) - JUNG (J.) . - Géologie de l'Auvergne et de ses confins bourbonnais et limousins . - *Mémoires de la carte géologique de France, Paris*, 1946.
- (21) - MORANGE (A.), HERITIER (F.), VILLEMIN (J.) . - Contribution de l'exploration pétrolière à la connaissance structurale et sédimentaire de la Limagne dans le Massif-Central . - *Symposium J. JUNG, Clermont-Ferrand*, 1971, p. 295-306.
- (22) - Nomenclature des sources minérales françaises au 31 décembre 1961 . - *Annales des mines*, 1961.
- (23) - REMY (M.L.), PELLERIN (P.) . - Radioactivité naturelle de 250 sources hydrominérales françaises . - *Rapport Serv. Centr. Protect. Ray. Ion. n° 117 ; Bull. Inst. Nat. de la santé et de la recherche médicale*, t. 23, n° 1, 1968.
- (24) - RUMEAU (J.) . - Examen des possibilités pétrolières de la Limagne . - *Rev. Institut Français du Pétrole*, vol. 10, n° 11, 1955.
- (25) - VOISIN (M.H.) . - Mémoire sur les sources minérales de Vichy et des environs . - *Annales des Mines*, nov.-déc. 1979.