

# BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

ETABLISSEMENT PUBLIC NATIONAL



PARIS, le 11 Novembre 1967

Contribution à l'étude de la  
nappe aquifère des grès du TRIAS inférieur  
dans la région de VITTEL - CONTREXEVILLE - LAMARCHE  
(Vosges)

Inventaire et résultats des campagnes de recherche 1954 - 1966  
Suggestions pour la surveillance et le contrôle de la réserve aquifère

par G. MINOUX

Ingénieur-géologue au B.R.G.M.

Collaborateur au Service de la  
Carte géologique de la France.

D.S.G.R.67 A 70

## S O M M A I R E

	pages
GENERALITES et HISTORIQUE	2
Secteurs intéressés par l'étude - Besoins en eau	3
I.    CONSTITUTION GEOLOGIQUE DE LA REGION	5
Structure du bassin et du gîte aquifère	8
II.   CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET HYDROGRAPHIQUES REGIONALES	10
Précipitations	10
Température moyenne	10
Déficit d'écoulement annuel	10
Ruissellement superficiel	11
Estimation des ressources et inconnues du bilan	12
III.  LES FORAGES PROFONDS DE LA REGION VITTEL - CONTREXEVILLE	14
Principes de captage	14
Situation et données d'exécution	15
Résultats hydrologiques au point de vue des conditions de débit	16
Résultats hydrologiques concernant la qualité des eaux	19
Evaluation provisoire de certains paramètres de la nappe	22
Interactions entre les ouvrages	22
Observations piézométriques	23
CONCLUSIONS et	
Suggestions en vue de l'étude complémentaire de la nappe aquifère infratriasique dans la partie W des Vosges	26
A) Surveillance piézométrique de la nappe	27
B) Etude de l'hydrogramme du bassin alimentaire	28
BIBLIOGRAPHIE sommaire d'ordre régional	30

## R E S U M E

L'étude hydrogéologique de la nappe aquifère des grès du TRIAS inférieur de la partie occidentale des Vosges, demandée par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France le 30-11-1964, avait été inscrite au programme 1965 élaboré par le Comité technique de l'eau de la région lorraine (21-12-1964).

Selon les conclusions du rapport du Service du Génie rural local en date du 30-12-1964, elle devait avoir pour objet essentiel de tenter "la détermination des ressources en eau souterraine exploitable de cette nappe" et d'étudier "ses conditions de réalimentation, en vue d'éviter une surexploitation éventuelle par les différents utilisateurs".

Un premier crédit, d'un montant de 20.000 Fr., a été ouvert le 5-7-1965 par arrêté du Ministère de l'Agriculture, au Département et à la D.D.A. des Vosges, afin de couvrir les premières dépenses que le B.R.G.M. serait amené à engager pour cette étude.

Une convention de travail, mise au point en liaison avec le Service régional de l'aménagement des eaux de Lorraine, selon un premier projet en date du 21-6-1966, a été conclue entre le Ministère de l'Agriculture et le B.R.G.M. à la date du 7-8-1967.

Notification officielle en a été faite à ce dernier le 7-11-1967.

---

Les études préliminaires, spécialement prévues au départ dans ce contrat, ont été entreprises dès la mi-juillet 1967. L'essentiel des données recueillies et des observations faites pendant plus de 13 ans dans la région de VITTEL - CONTREXEVILLE - MARCIEU à l'occasion des recherches d'eau potable et industrielle effectuées par le B.R.G.M. au bénéfice de diverses collectivités se trouve ici présenté synthétiquement.

Les divers chapitres de ce rapport complètent et illustrent les éléments présentés aux autorités intéressées lors d'une réunion d'information tenue le 26-4-1967 à la Direction départementale de l'Agriculture d'EPINAL.

Le bilan substantiel des campagnes 1954 - 1966 y est présenté de façon exhaustive.

En conclusion, se trouve proposé l'établissement de dispositifs de surveillance et de contrôle de la nappe, lesquels permettraient de juger objectivement à plus ou moins longue échéance du comportement de cette réserve dont l'intérêt vital pour cette région n'est plus à démontrer.

## GENERALITES et HISTORIQUE

Secteurs et localités intéressés par l'étude de la nappe  
Besoins et ressources en eau potable et industrielle

Jusqu'en 1955-1957, diverses agglomérations des cantons de VITTEL, LAMARCHE et BUIGNEVILLE, situées dans la partie ouest du département des Vosges, étaient alimentées en eau potable par des sources et des captages à faible ou moyenne profondeur exploités soit gravitairement, soit par pompage.

Les quantités limitées, souvent insuffisantes surtout en période de sécheresse, et la qualité parfois médiocre, résultant notamment de la forte minéralisation des eaux dont disposaient la plupart de ces localités, y compris surtout les chefs-lieux de cantons, avaient incité, de longue date, les administrations locales et départementales à étendre les recherches dans les mêmes formations géologiques, les plus aisément accessibles.

C'est ainsi que plusieurs communes avaient tenté d'obtenir, notamment entre les deux guerres et jusqu'en 1955-60, des ressources complémentaires dans les formations du "Calcaire coquillier" ou dans les grès infraliasiques.

Des résultats décisifs et durables n'ont finalement pu être obtenus dans cette voie. Certaines de ces recherches se sont révélées stériles; d'autres ont fourni des appoints temporaires, plus ou moins rapidement absorbés par une demande croissante allant de pair avec l'expansion économique de cette région.

L'essor notamment enregistré depuis 1954-55 environ dans le domaine des eaux minérales vosgiennes, tant en ce qui concerne les soins thérapeutiques et la fréquentation des établissements de cure, qu'au point de vue de l'exploitation industrielle et de l'embouteillage des eaux, a mis l'accent sur la nécessité d'une conservation plus stricte des gîtes du MUSCHELKALK dont les relations -et parfois l'identité- avec celui des eaux de consommation courante avaient pu être mises en évidence.

Hormis les deux formations géologiques signalées, on ne pouvait espérer trouver dans cette région d'autre réserve utilisable que celle des grès du TRIAS inférieur, beaucoup plus profonde, dont aucune émergence naturelle n'était connue sur les "plateaux", et dont la première prospection effectuée en 1935-36 plus à l'est (forage de DOMPAIRE) s'était révélée décevante.

Population selon recensement du 7-3/13-11-1962 - Besoins en eau effectifs ou (prévus) en 1964-65 en m<sup>3</sup>/:

<u>VITTEL</u>			<u>LAMARCHE</u>			<u>BULGNEVILLE</u> (et Syndicat du Vair)			
	hab.	m <sup>3</sup> /jour		hab.	m <sup>3</sup> /jour		hab.	m <sup>3</sup> /jour	
VITTEL	5.012	2.800	LAMARCHE	1.209	700	Synd. de l'Anger	Suriauville	248	
+ population saisonn. (mai-septbre)							Crainvilliers	183	
+ Société des Eaux Minérales		(2.500)	MARTIGNY-les-BAINS	1.060	600		La Vicheresse et La Rouillie	178	
								609	
CONTREXÉVILLE	2.864	2.400				Syndicat de BULGNEVILLE & du Vair	BULGNEVILLE (et laiterie)	900	670
+ population saisonn. (mai-septbre)							Vaudoncourt	124	
+ garnison Armée de l'Air							Auzainvilliers	122	
+ Société des Eaux Minérales		(2.500)					Malaincourt	120	
Outrancourt	73						Morville	58	500
							Hagnéville	114	
							Aulnois	141	
							Sandaucourt	257	
							Ollainville	151	
							Belmont s/Vair	145	
						Dombrot s/Vair	240	135	
						Saint Remimont	150		
		11.200			1.300			1475	
					13.975				
Accroissement prévu pour 1968-69									
VITTEL		(1.100)	LAMARCHE + MARTIGNY		(400)				
CONTREXÉVILLE		(1.000)							

≥ (16.500) m<sup>3</sup>/jour

Le principe d'une telle recherche avait été indiqué dès 1908 par l'ingénieur nancéen L. LANTERNIER. Mais l'imprécision des données géologiques dont on disposait à cette époque, ainsi que les risques encourus pour la nappe hydrominérale -dont l'origine et le gîte réels n'étaient pas clairement connus- avaient empêché sa réalisation.

En 1912, le sondage houiller d'OUTRANCOURT qui avait recoupé toute la série triasique jusqu'au socle cristallin n'avait pu justifier les vues de ce précurseur par suite de l'absence, maintenant expliquée, de toute manifestation artésienne, au jour, de la "nappe du Grès vosgien".

A la suite des études géologiques régionales de G. CORROY, puis de L. GUILLAUME, qui ont précisé la constitution et la puissance des terrains représentant la couverture sédimentaire, un nouveau programme de recherches fut proposé à la ville de VITTEL en 1938; la réalisation en fut, malheureusement, interrompue par la guerre.

- - - -

Les résultats substantiels obtenus en 1949-51 au forage départemental de Ravenel-MIRECOURT ont, par la suite, incité plusieurs collectivités publiques et les exploitants d'eaux minérales à poursuivre, en liaison avec les Services administratifs, les premières investigations ainsi stoppées en 1939.

Deux campagnes de reconnaissance et de captage se sont alors déroulées avec un succès croissant de 1954 à 1966 dans toute la région, dépassant bientôt les limites du secteur initial de recherche.

Douze forages et un sondage ont ainsi été réalisés; neuf d'entre eux ont été mis successivement en exploitation; quatre autres sont en instance d'équipement ou en étude. Avant leur mise en service, ces ouvrages ont pu être utilisés comme points d'observation piézométriques provisoires.

Le tableau ci-contre groupe, par cantons, l'ensemble des localités intéressées et bénéficiaires des résultats acquis. Il indique, de plus, approximativement, les besoins en eau effectifs ou prévus en 1964-65, puis à plus longue échéance, selon les indications des usagers ou les estimations officielles.

Le montant total de ces besoins apparaissait, à cette époque, voisin de 12'000 à 14'000 mètres cubes/jour, soit annuellement environ 5 millions de mètres cubes.

L'accroissement de consommation envisagé dans les prochaines années, pour les plus gros centres, étant estimé à 2'500 m<sup>3</sup>/jour au minimum, il en résulte qu'une demande globale de 17 à 18'000 m<sup>3</sup>/jour, soit en gros 6 à 7 millions de m<sup>3</sup>/an sera susceptible de se manifester dans un avenir plus ou moins éloigné.

La nappe des grès du TRIAS inférieur, presque exclusivement sollicitée à l'heure actuelle, ou en voie de l'être, par les plus récents captages créés, doit répondre à ces besoins par l'exploitation de 13 ou 14 forages dont la profondeur varie, selon les secteurs, entre 170 et 350 mètres.

---

Une étude hydrogéologique générale de cette réserve et surtout de ses conditions d'alimentation et de pérennité, facteurs d'intérêt vital pour cette partie des Vosges, a été prescrite par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France, puis proposée par le Service du Génie rural en 1964 aux organismes régionaux officiels chargés du contrôle et de l'aménagement des eaux.

Il s'avérait nécessaire de faire, au préalable, le point des expériences et connaissances acquises dans ce domaine depuis 1949, notamment en ce qui concerne la disposition du gîte, la situation et l'extension de son bassin alimentaire, l'inventaire, la structure et les possibilités des divers captages.

L'essentiel des éléments ainsi recueillis lors des multiples recherches suivies par le B.R.G.M. en liaison étroite avec les divers utilisateurs depuis cette date a pu être, à cet effet, présenté à l'occasion d'une réunion d'information tenue le 26-4-1967 à EPINAL, sous la présidence de Monsieur BAUMANN, Directeur départemental de l'Agriculture des Vosges, et à laquelle avaient pris part:

MM. CORDA, Ingénieur en chef du G.R.E.F., Chef du Service régional de l'Aménagement des eaux de Lorraine,

AUBRY, Représentant M. le Directeur départemental de l'Équipement,

TAMAGNAN, Ingénieur du G.R.E.F., du service de la D.D.A. des Vosges,

DAGUE et LHÔTE, Ingénieurs géologues du Service régional de l'Aménagement des eaux de Lorraine,

MINOUX, Ingénieur géologue du B.R.G.M., chargé d'établir ce rapport.

---

Après le rappel nécessaire du cadre géographique, géologique et climatique dans lequel ont été créés ces points d'eau modernes, les divers chapitres de ce travail exposent successivement les principes de leur réalisation, leur situation et leurs éléments de construction, le bilan de leur production théorique et pratique, la qualité des eaux qu'ils fournissent, leurs relations hydrodynamiques et les interactions qui ont pu être observées entre les diverses stations.

Des mesures de contrôle et de surveillance des forages et de la nappe qui les alimente seront enfin proposées en conclusion.

I. CONSTITUTION GEOLOGIQUE du territoire des cantons de  
VITTEL, BULGNEVILLE et LAMARCHE (Vosges)

L'examen des cartes géologiques de la région <sup>1)</sup> permet d'y reconnaître trois domaines bien distincts: (cf. ANNEXE I, extrait de la carte au 1/80'000)

- à l'W, au NW et au N, des pentes souvent boisées, formées de terrains tendres et imperméables, couronnées par des lambeaux, puis par un plateau gréseux et calcaire, représentant le domaine des "Marnes irisées" et de l'Infralias. Une fracture dirigée sensiblement E-W rompt sa continuité avec l'extrémité occidentale du Xaintois et marque pratiquement la limite nord du bassin des eaux minérales vosgiennes.
- au centre, du SW au NE, s'étendant très uniformément de MONT-LAMARCHE à VALFROICOURT-ESLEY, règne un plateau, essentiellement dolomitique et calcaire, modelé par des vallons plus ou moins arides et limité au SE par un abrupt accentué (côte de SERRECOURT à MONTHUREUX-le-Sec). C'est la région du "Calcaire coquillier", relativement perméable, dont la formation principale, très résistante et demeurée en saillie ("Calcaire à entroques") donne lieu à une "cuesta" bordière pratiquement continue. Ses points culminants atteignent la cote + 450.
- au SE et au-delà de cette ligne séparative naturelle, faisant face au SE, des pentes marneuses tendres marquent à nouveau la transition avec un massif boisé, d'altitude moins élevée, doté d'une riche végétation forestière, silicicole, et profondément entaillé par divers ruisseaux, affluents de la Saône, jusqu'à une cote voisine de +280 à +300. Ce territoire gréseux du TRIAS inférieur, éminemment perméable, est limité à son tour par un accident tectonique important qui le circonscrit assez exactement vers le SE et l'individualise nettement par rapport à la région voisine du plateau gréseux et de la forêt de DARNEY.

Disposition d'ensemble et nature des terrains.

La partie supérieure d'un massif granitique profond constitue, aux affleurements, le substratum général imperméable. Celui-ci vient au jour sous forme de petits "regards" isolés, observables de 3 à 5 km au SE de la cuesta du MUSCHELKALK, vers les cotes approximatives suivantes, déterminantes dans l'étude du problème ici traité:

S.SE et S de THUILLIERES (ruisseaux de Thuillières et de la Tuilerie)	+ 300 à + 310
W de RELANGES (ruisseau de Bois-le-Comte)	+ 325 à + 330
SW de RELANGES (ruisseau et château de Lichecourt)	+ 320 à + 325
N de BLEURVILLE (ruisseaux de Belle-Ferche et de la Mause)	+ 310 à + 290
N de TIGNECOURT (ruisseau du Vilain-Rupt)	+ 280 à + 295







Sur ce socle ancien, dont la surface moutonnée affecte dans l'ensemble la

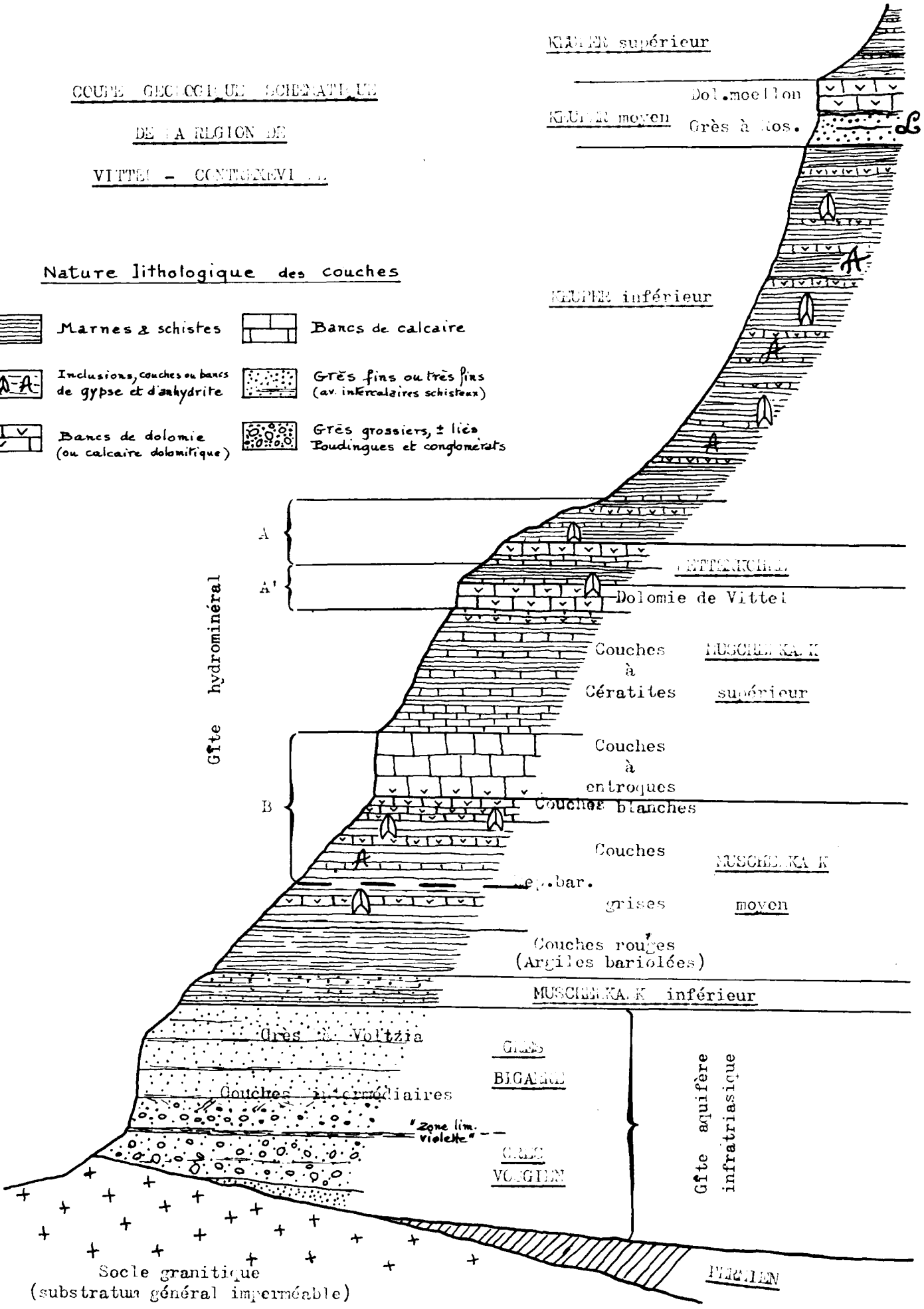
---

1) Feuilles de MIRECOURT au 1/80.000 3me édition 1965  
et VITTEL au 1/50.000 1re édition 1964

COUPE GÉOLOGIQUE SCHEMATIQUE  
DE LA RÉGION DE  
VITTEL - CONTREXÉVILLE

Nature lithologique des couches

- |  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | Marnes & schistes                                    |  | Bancs de calcaire                                    |
|  | Inclusions, couches ou bancs de gypse et d'anhydrite |  | GRÈS fins ou très fins (av. intercalaires schisteux) |
|  | Bancs de dolomie (ou calcaire dolomitique)           |  | GRÈS grossiers, ± liés<br>Boudingues et conglomérats |



KIMMÉRIEN supérieur

Dol. moellon

KIMMÉRIEN moyen

Grès à Ros.

KIMMÉRIEN inférieur

Gfite hydrominéral

A

A'

B

STETTENCHIEL

Dolomie de Vittel

Couches à Cératites MUSCHELKALK supérieur

Couches à entroques  
Couches blanches

Couches grises MUSCHELKALK moyen

Couches rouges (Argiles bariolées)

MUSCHELKALK inférieur

Grès à Voltzia

Couches intermédiaires

"Zone lim. violette"

GRÈS BIGARRÉ  
GRÈS VOEGELIEN

Gfite aquifère infratriasique

Socle granitique (substratum général imperméable)

PERMIEN

forme d'un voussoir très surbaissé, se sont accumulées diverses formations sédimentaires permienes, triasiques et liasiques.

Exception faite pour le PERMIEN qui n'arrive pas au jour dans cette région, mais qui a été reconnu en forage plus au nord, les termes successifs de cette couverture du socle cristallin se prolongent en profondeur à partir de leurs affleurements, du sud-est vers le nord-ouest, par suite de l'existence d'un faible plongement général des couches, dirigé en principe vers le centre du bassin de PARIS et qui s'oriente, en fait, périclinalement par rapport au voussoir cristallin.

Ce pendage général peut être légèrement modifié -ou même localement annulé- selon les secteurs, par des ondulations secondaires de faible amplitude qui ont exercé des contraintes sur les divers étages géologiques, lesquels sont affectés d'un réseau de diaclases et fissures plus ou moins accentué.

Le pendage moyen des couches varie, dans cette région, entre 1 et 3 % .

- - - -

La coupe géologique de la série sédimentaire, avec ses principaux composants lithologiques, est schématiquement figurée sur le croquis ci-contre. Elle reste pratiquement valable sur toute l'étendue du territoire étudié, sauf en ce qui concerne deux formations dont la nature lithologique (MUSCHELKALK supérieur) ou la puissance (Grès du TRIAS inférieur) varient du NE au SW.

La description des divers étages constitutifs de cette couverture se trouve plus détaillée dans les notices des nouvelles feuilles géologiques (élaborées par l'auteur du présent rapport) auxquelles on voudra bien se reporter.

L'épaisseur totale de l'ensemble, entre le repère infraliasique de Levallois et la base du TRIAS inférieur, varie de 450 à 380 mètres environ lorsqu'on se déplace du secteur de VITTEL - BULGNEVILLE vers celui de LAMARCHE.

Cette réduction est due, entre autres, au dépôt transgressif des niveaux de base du TRIAS sur le socle primaire et cristallin, en bordure occidentale de la cuvette germanique et au flanc nord du seuil morvano-vosgien.

Les assises gréseuses et conglomératiques, coupées de passées schisteuses plus ou moins continues ou lenticulaires, du Grès bigarré et du Grès vosgien qui se trouvent ainsi à la base du système sont essentiellement perméables dans leur ensemble, grâce aux interstices séparatifs de leurs constituants siliceux élémentaires, à leur ciment feldspathique plus ou moins lâche et au réseau de diaclases et de fissures dont elles sont abondamment sillonnées.

La porosité totale des roches constitutives de ce "magasin" aquifère, mesurée sur divers échantillons du Grès bigarré de la région (Grès à Voltzia et Couches intermédiaires) peut atteindre, dans certains cas, 10 à 20 % de leur volume<sup>1)</sup> Celle du Grès vosgien, beaucoup plus variable, dépend essentiellement de l'importance, de la nature et de la cohérence du liant sableux ou gréseux interposés entre les galets de quartz et de quartzite, accessoirement de roches granitiques ou primaires, des niveaux conglomératiques: elle s'est révélée, en certains points, négligeable ou nulle.

Les deux étages représentent donc, dans leur ensemble, un gîte d'élection pour les eaux qui s'infiltrant à leurs affleurements et qui se trouvent ensuite mises en charge, par le jeu du pendage régional des couches, sous l'écran théoriquement imperméable du MUSCHELKALK moyen.

Quelques passées schisteuses ou argilo-gréseuses, dont la plus caractéristique, dite "zone violette", est située à la limite du Grès bigarré et du Grès vosgien, séparent en principe, les eaux contenues dans ces deux formations. Mais l'hétérogénéité et la faible épaisseur de ces intercalaires (qui constituent par ailleurs d'excellents repères stratigraphiques) semblent, dans cette région, réduire dans une large mesure la valeur pratique d'"écrans" secondaires qu'on pourrait, théoriquement, leur attribuer. Ce point de vue sera justifié ultérieurement par diverses constatations faites dans certains forages de la récente campagne.

Le fait régional important, bien mis en évidence par ces derniers sur tout le territoire compris entre MIRECOURT et DAMBLAIN, réside en l'amincissement de l'ensemble du TRIAS inférieur et en la disparition successive de ses niveaux de base lorsqu'on se dirige du NE vers le SW. Sur le plan pratique, cette réduction entraîne une dégradation des conditions de débit et de la qualité chimique des eaux de cet ensemble. La plus grande minéralisation de ces dernières présente, comme on le verra, une certaine relation avec la prédominance relativement croissante des horizons séléniteux constituant les épontes supérieures de la nappe.

Il a pu, enfin, être dûment établi<sup>2)</sup> que les assises permienes, dont la puissance s'accroît rapidement vers le nord, mais qui n'affleurent nulle part, sont pratiquement imperméables et d'une stérilité identique, au point de vue aquifère, à celle du socle cristallin sous-jacent non fissuré. L'un et l'autre de ces éléments du substratum anté-triasique doivent donc être considérés ici comme le terme définitif et usuel de toute recherche hydrologique. Divers exemples régionaux montrent qu'il peut en être ainsi du Grès vosgien, sensu stricto, en certains points. Cette restriction, qui ne saurait dispenser toutefois d'une reconnaissance complète des ressources de ce dernier, justifie la désignation plus générale de "nappe aquifère des grès du TRIAS inférieur", laquelle ne préjuge en rien de l'origine réelle des eaux captées en chaque point.

1) Par ex.: Carotte de contrôle 153-155 m du forage VITTEL N°4 1956-57: 31 cm<sup>3</sup> d'eau absorbés par 178 cm<sup>3</sup> de grès arkosique préalablement étuvé, soit une porosité totale de 17,4 % environ.

2) Par ex.: Essai d'épuisement du 2-11-1955 sur le découvert du forage N°1 (VITTEL V), entre -235,2 et -330,05 % sol, isolé par colonne étanche provisoire de 6 pouces ancrée dans un bouchon de ciment. Cet essai n'a montré qu'une remontée insignifiante de l'eau dans l'espace central où le plan d'eau avait été rabattu à -54,5 m par rapport au niveau piézométrique de la nappe du TRIAS inférieur. Ce dernier est demeuré à une cote invariable dans l'espace annulaire tout au long de l'essai.

Disposition des assises - Structure d'ensemble du bassin et du gîte des eaux profondes - Conséquences d'ordre hydrologique.

Appuyées sur les levers de surface et sur les éléments stratigraphiques de maints forages, 4 coupes géologiques transversales (groupe d'ANNEXES II) donnent une représentation sériée de la disposition de la couverture sédimentaire dans les principaux secteurs du bassin de VITTEL - CONTREXEVILLE - LAMARCHE.

Tracées avec une amplification des hauteurs et des pendages de 4 à 5 x environ par rapport aux distances horizontales, ces coupes rendent compte clairement :

- de la situation et de l'extension des formations infratriasiques sous les morts-terrains du MUSCHELKALK, du KEUPER et du LIAS inférieur,
- de leur plongement d'ensemble dirigé vers l'ouest, le nord-ouest et le nord à partir de leur aire d'affleurement, soit périclinalement par rapport aux regards cristallins,
- des possibilités et limites de mise en charge, à des cotes de base minima comprises entre +280 et +325, de la nappe du TRIAS inférieur; on observe que celle-ci est libre dans le domaine des affleurements de cette formation et qu'elle s'écoule en partie vers les ruisseaux tributaires de la Saône par des émergences naturelles localisées ou diffuses,
- de la continuité de cette nappe, devenue captive, sous l'ensemble du plateau du MUSCHELKALK puis des côtes du KEUPER,
- du sens normal de circulation des eaux profondes en direction des captages profonds.

Ce trajet souterrain des eaux, en direction générale du nord-ouest, apparaît donc opposé à celui de leur écoulement naturel d'origine, par les trop-pleins de la nappe infratriasique, dans le réseau hydrographique de la Saône. Une partie des eaux qui s'infiltrèrent dans la région gréseuse précédemment circonscrite est donc susceptible de se trouver sollicitée -sans qu'on en connaisse, ainsi que nous le verrons, la proportion réelle- par l'exploitation croissante des nouveaux forages et dérivée en profondeur, sous la ligne géographique et superficielle de partage, vers le bassin de la Meuse et de la Mer du Nord dont la superficie alimentaire utile se trouverait ainsi, localement, largement accrue.

Une cinquième coupe, plus schématique, sécante par rapport aux précédentes, mais toujours appuyée sur les indications des forages (ANNEXE III) confirme le "biseautage", par leur base, des formations aquifères, du NE vers le SW. Cette réduction, qui s'opère dans le rapport approximatif de 3 à 1, entraîne, corrélativement, une réduction notable du débit spécifique des captages profonds aux limites occidentales du bassin.

Les cinq profils géologiques démontrent enfin l'impossibilité théorique et pratique d'obtenir dans cette région, quel que soit le point d'implantation, un écoulement naturel

au jour des eaux de la réserve profonde. Tous les forages réalisés ont en effet montré un niveau piézométrique toujours profondément situé par rapport à l'orifice et se tenant à une cote assez voisine de celle des coupures les plus proches du bassin de réception.

En conclusion, l'examen de la carte et des coupes géologiques régionales, et leur confrontation avec tous les éléments géologiques et hydrologiques recueillis au cours des campagnes, et qui vont être examinés dans les chapitres qui suivent, permettent de localiser et de définir, entre la "cuesta" du MUSCHELKALK supérieur et la faille -ou le faisceau de failles- majeures ESLEY - RELANGES - BLEURVILLE - TIGNECOURT, un vaste bassin alimentaire du TRIAS inférieur bien individualisé, relativement indépendant du bassin de la Saône en ce qui concerne les eaux profondes, grâce à la surélévation du substratum granitique au NW de la ligne de fracture, ainsi qu'à la présence, au contact des grès, sur la plus grande partie du trajet de cet accident, sauf au NE, d'une barrière pratiquement imperméable de MUSCHELKALK moyen.

La superficie totale de cet impluvium, y compris son auréole de MUSCHELKALK inférieur, de "Couches rouges" et de "Couches grises", est voisine de 100 kilomètres carrés.

Pour tenir compte de l'existence des aires d'affleurement cristallines imperméables dont les eaux ruissellent en pure perte vers la Saône, ainsi que des circulations occultes pouvant exister aux flancs SE du massif gréseux, il semble prudent de limiter approximativement et provisoirement cette surface alimentaire à la valeur de 80 kilomètres carrés, soit 8'000 hectares.

Il semblerait, en fait, opportun de distinguer dans ce vaste réceptacle<sup>1)</sup> une zone alimentaire strictement propre à la réserve profonde, d'étendue efficace probablement plus restreinte, où l'écoulement de la nappe, échappant au drainage subi dans sa partie libre, se poursuivrait en profondeur et vers le NW au bénéfice de la nappe captive.

Une telle délimitation ne pourrait être pratiquement tentée qu'en se basant sur la surface piézométrique générale du bassin versant et de ses enveloppes. Or on ne dispose malheureusement, pour l'instant, d'aucun regard piézométrique valable dans cette région.

L'étude complète et objective du système aquifère infratriasique, jusqu'à ses limites, et du processus d'alimentation et de mise en charge de la nappe profonde de VITTEL - CONTREXEVILLE - LAMARCHE impliquerait la création d'un réseau d'observation aussi serré que possible, étendu à toute la zone intéressée, à l'aide de petits forages judicieusement conditionnés et poussés, notamment, jusqu'au substratum général imperméable.

---

1) Suggestion présentée par le Service d'hydrogéologie du B.R.G.M. (M. J.MARGAT 23-11-67)

Années	Hauteur eau tombée à VITTEL en mm	Température moyenne annuelle	DEFICIT D'ÉCOULEMENT en mm/an calculé		$\frac{E_T}{P}$
			selon TURC $E_T = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$	sel. COUAGNE $D_c = P - \lambda P^2$ $\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$	
1957	604,1	+10°614	445,1	444,4	73%
1958	984,0	+11°104	548,2	572,7	56%
1959	658,5	+11°161	473,8	475,0	72%
1960	1061,5	+10°109	531,7	552,9	50%
1961	930,0	+10°316	519,6	544,6	56%
1962	835,5	+8°174	455,2	476,5	54,5%
1963	821,7	+7°454	437,6	455,5	53%
1964	622,3	+8°130	412,2	422,4	66%
1965	1133,5	+7°487	467,6	(438,4)	41%
1966	972,3	+9°131	495,6	517,4	51%
1967 (janv-mai)	(381,0)		Moy.: <u>478,6</u>	Moy.: <u>490,0</u>	
3833 j	9004,4mm				
moy. gén. = <u>2,3492mm/j</u>					

II. CONDITIONS METEOROLOGIQUES et HYDROGRAPHIQUES REGIONALES

A) Précipitations.

Les observations pluviométriques effectuées dans diverses localités du secteur intéressé par cette étude ont fourni les renseignements statistiques suivants:

		<u>Période d'observation</u>		<u>Moyenne, en</u>	
				mm / jour	mm / an
LAMARCHE	1859 à 1886			2,070	756
FRAIN	1858 à 1867 et 1883 à 1886			2,347	857
CONTREXEVILLE	1859 à 1886			2,223	812
VITTEL	1897 à 1913 et 1949 à 1955			2,152	786
VITTEL (SGEMV)	1951 à 1966 <sup>1)</sup>			2,358	861
soit une moyenne générale de				<u>2,23</u>	<u>815</u>

B) Température de l'air.

Ce facteur a fait l'objet de relevés systématiques suffisamment prolongés en deux points seulement de la partie occidentale des Vosges:

MIRECOURT	1866 à 1885	+ 9°389	moyenne pour 19 années
VITTEL (SGEMV)	1957 à 1966 <sup>1)</sup>	+ 9°370	- - 10 -

Les valeurs ainsi relevées, à plus de 80 ans d'intervalle apparaissent en bonne concordance. Leur moyenne, + 9°38, sera provisoirement retenue en vue du calcul des quantités d'eau soustraites par l'évapotranspiration sur l'ensemble du bassin alimentaire de la nappe infratriasique.

C) Déficit d'écoulement annuel, assimilé à l'évapotranspiration.

L'estimation approximative de ce facteur déterminant du régime hydrologique de la région a été, bien entendu, obtenue par l'application comparative des formules classiques de TURC et de COUTAGNE, à défaut de toute mesure directe possible.

Les résultats relatifs à la période la plus récente (1957 - 1966) pour le site de VITTEL se trouvent consignés dans le tableau ci-contre.

Sauf en ce qui concerne l'année 1965, pour laquelle la relation de COUTAGNE ne s'applique pas en toute rigueur ( $P > \frac{1}{2\lambda}$ ), les valeurs ainsi obtenues apparaissent également bien concordantes.

1) Cf. tableau des observations pluviométriques et thermométriques mensuelles de la station de VITTEL (Service de protection des végétaux) en ANNEXE XI.

Selon les années, la quantité d'eau théoriquement dissipée au détriment du ruissellement et de l'alimentation des réserves souterraines peut ainsi varier de 41 à 73 % du montant total des précipitations reçues par le bassin.

Pour la décennie écoulée, qui correspond précisément à la mise en exploitation progressive de la nappe profonde, le déficit d'écoulement moyen serait de l'ordre de 478 mm sur 815 mm, ce qui représenterait environ 58 % de la lame d'eau pluviométrique.

Il est superflu de noter que ces chiffres, obtenus grâce à l'application de formules usuelles, mais générales, à la suite des observations faites dans un certain nombre de bassins expérimentaux, n'ont ici qu'un caractère indicatif.

D) Quantités d'eau évacuées par ruissellement et drainage de la nappe libre.

Le bassin alimentaire des grès infratriasiques de la nappe de VITTEL-CONTREXEVILLE-LAMARCHE est, comme on l'a vu, exclusivement tributaire du réseau hydrographique de la Saône, qui collecte ses eaux de ruissellement par le truchement de 7 affluents principaux et de 7 affluents secondaires, en rive droite de cette rivière.

Le débit total réellement évacué annuellement ou mensuellement par ces divers exutoires est, malheureusement, très mal connu. Or cet élément, qui comprend évidemment un débit ou composante de base fourni par la nappe libre des grès dans la région de ses affleurements, serait essentiel à définir pour dresser un bilan hydrologique correct du bassin et pour estimer l'apport réellement fourni par la pluviométrie à la nappe profonde.

Des valeurs du débit d'étiage de ce réseau hydrographique ont été seulement indiquées par des statistiques datant de 1887 (1). De tels renseignements ne peuvent être également retenus qu'à titre indicatif. Ils doivent d'ailleurs, dans la plupart des cas, faire l'objet de corrections -évidemment aléatoires- pour tenir compte des apports en provenance des secteurs situés hors de la limite géologique du bassin alimentaire:

	<u>Débit d'étiage, en l/sec.</u>
Ruisseau de la Sâle (= R. du Vilain-Rupt)	(15 à 20)
Ruisseau de Bigneuvre (= R. de la Fosse Sauvage)	(0,5)
Ruisseau de la Mause (= R. du Gras)	(18 à 20)
Ruisseau de Belmont (= R. du Brau)	1
Ruisseau de Relanges (= R. du Bois-le-Comte)	(0,15)
Ruisseau de Thuillières (= R. du Grand Breuil)	(2)
Ruisseau du Bouxerard (= R. du Réchaux)	(1)
	<hr/>
soit un débit d'étiage d'ensemble de :	(40) l/sec.
	= (144) m <sup>3</sup> /h
	= (3'450) m <sup>3</sup> /jour

L'hydrogramme général et réel du bassin devrait probablement conduire à une valeur très supérieure. Cette lacune statistique ne pourrait être comblée que par voie expérimentale et sur la base de mesures directes étalées sur plusieurs années.

---

1) L. LOUIS Le Département des Vosges EPINAL Chapitre Hydrographie, par L. BAILLY

Sur le plan pratique, l'obtention de tels résultats apparaît singulièrement compliquée par la multiplicité des cheminements hydrographiques au passage de la limite géologique SE du bassin alimentaire. Pour se prémunir contre la perte possible d'une partie des eaux superficielles dans la zone faillée et dans le compartiment situé au sud de la structure, il faudrait pouvoir disposer de 8 ou 9 stations de jaugeage implantées en amont de la ligne de fracture TIGNECOURT - ESLEY. Un tel dispositif représente, en fait, une lourde charge d'investissement et de surveillance permanente.

E) Estimation des ressources du bassin alimentaire  
Facteurs connus et inconnus du bilan de la nappe profonde.

En l'état actuel de nos informations, il apparaît donc très aléatoire de tenter une estimation valable et cohérente des ressources apportées par voie météorique à la nappe d'eau potable et industrielle de VITTEL - CONTREXEVILLE.

Son impluvium alimentaire de 8'000 hectares reçoit, bon an mal an, pour une hauteur de pluie moyenne de 800 mm environ :  $6,4 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{an}$

Pour une température moyenne de + 9°38 C, l'évapotranspiration serait susceptible de dissiper un volume de :  $(3,8 \cdot 10^7) \text{ m}^3/\text{an}$ .

La différence, soit  $(2,6 \cdot 10^7) \text{ m}^3/\text{an}$ , devrait couvrir, en principe, les quantités évacuées par ruissellement et par les exutoires de la nappe triasique dans sa partie libre, ainsi que celles qui concourent à l'alimentation de la nappe captive.

Il faudrait en déduire:

- a) les quantités prélevées par divers captages desservant les localités de la région SE, et notamment la ville de DARNEY (sources du vallon de Bonneval);
- b) s'ils étaient mesurables, les transferts possibles s'effectuant en profondeur et de façon occulte, soit vers le bassin de DARNEY à l'extrémité orientale de la structure, soit vers celui du Xaintois, au nord de la faille-limite du bassin des eaux minérales.

On doit rappeler, en effet, que ce dernier, qui correspond à la région ouest de MIRECOURT, n'a été reconnu sous le rapport des eaux profondes qu'au forage de Ravenel (1949-51) où la réserve infratriasique est exploitée depuis cette époque au bénéfice de l'hôpital départemental. Le niveau piézométrique y avait été reconnu, à l'origine, à la cote + 287 (contre + 313 - + 314 au premier forage de VITTEL en 1955 (cf. tableau p. 16) soit plusieurs années après la mise en service du premier).

Un autre correctif, positif, d'importance probablement secondaire mais tout aussi incontrôlable que les précédents, serait susceptible d'être introduit par la "drainance" des épontes supérieures de la nappe, c'est-à-dire par des apports diffus en provenance du MUSCHELKALK supérieur et moyen percolant à travers les "Couches grises", les "Couches rouges" et le MUSCHELKALK inférieur.

Comme on le verra, la présence très générale d'une petite quantité de sulfates dans les eaux profondes du Grès bigarré (qui n'en recèle pratiquement pas aux affleurements<sup>1)</sup>) pourrait être l'indice d'une faible intercommunication entre les deux "magasins", au bénéfice du plus profond dont la pression est notablement moindre (cf. pp. 16 et 17).

---

1) A la fontaine de RELANGES et au puits de BELRÛPT, 2 à 4 mg/litre en  $\text{SO}_4^{4=}$ , par exemple.

On ne peut donc, pour l'instant, songer qu'à une appréciation globale et provisoire des ressources réelles de la nappe infratriasique en se ménageant une marge de sécurité aussi large que possible par rapport aux éléments du décompte très incomplet qui a été tenté plus haut.

Conformément aux prévisions formulées en 1938 par L. GUILLAUME "en application des règles vérifiées jusqu'à cette date en Moselle.."<sup>1)</sup> il semblerait prudent de tabler, en attendant plus ample information, sur un coefficient d'infiltration de 1/8 à 1/10 pour l'ensemble de la zone alimentaire. Le débit théorique d'alimentation de la nappe pourrait ainsi se situer, au maximum, vers 0,8 à 0,6.  $10^7$  m<sup>3</sup>/an, soit, en chiffres ronds, entre 22'000 et 18'000 m<sup>3</sup>/jour.

Face à un tel potentiel, qui exigerait un contrôle expérimental minutieux grâce à l'étude -délicate et de longue haleine- des exutoires du bassin et de son hydrogramme général, l'exploitation des 8 forages actifs représentait en 1964-65 un prélèvement de l'ordre de 12'000 m<sup>3</sup>/jour, laissant ainsi, dans le cas le plus défavorable, une marge de 6'000 mètres cubes pour assurer normalement et quotidiennement le service des cinq stations en voie d'équipement.

---

1) L. GUILLAUME.- Etude hydrogéologique sur l'alimentation en eau potable de la ville de VITTEL en supprimant toute interférence avec l'exploitation des eaux minérales.

III. LES FORAGES PROFONDS DE LA REGION DE  
VITTEL - BULGNEVILLE - MARTIGNY - LAMARCHE

1) Principes de captage.-

Après avoir confirmé l'existence d'une importante réserve aquifère infratriasique maintenue captive sous les assises usuellement imperméables du MUSCHELKALK moyen et inférieur, les multiples recherches au Grès bigarré et au Grès vosgien qui se sont généralisées en Lorraine à partir de 1932 ont montré la nécessité d'assurer localement, par un captage correct, l'indépendance de cette réserve vis-à-vis des nappes et horizons plus ou moins fortement minéralisés inclus dans sa couverture sédimentaire.

Ces recherches ont donné, dans la grande majorité des cas, d'excellents résultats au triple point de vue de la stabilité des ouvrages, du débit et de la qualité des eaux. Elles ont, d'autre part, permis une mise à disposition de cette nappe profonde au plus près des lieux d'utilisation, en des points judicieusement choisis pour faciliter la création, l'entretien et le service des installations de puisage.

Insensible aux inégalités et altérations affectant les terrains superficiels, cette formule de captage, essentiellement basée sur la continuité et la relative homogénéité d'ensemble des formations infratriasiques, s'est révélée, en pratique, d'une grande souplesse d'emploi.

Il s'agit, en fait, de poser une canalisation profonde dont la verticalité soit aussi parfaite que possible, de haute résistance et totalement étanche, jusqu'à une certaine profondeur au-dessous du toit du Grès bigarré, puis de traverser ensuite tout cet étage, puis le Grès vosgien, au plus grand diamètre permis par les outils modernes de sondage et par les tubages usuels.

Dans les Vosges occidentales, diverses expériences ont démontré l'intérêt qu'il y avait à pousser la perforation jusqu'au substratum antétriasique afin d'obtenir les conditions d'exploitation les plus favorables et la certitude d'un résultat optimum en chaque point de recherche. Cette condition devient plus nécessaire encore vers l'ouest, en raison de la diminution, déjà signalée, de la puissance de la formation et de ses conditions plus précaires de gisement.

Maintes précautions s'imposent, de plus, dans les opérations de fonçage et de captage, par suite de la variété, de la minéralisation et de l'inégale stabilité des "morts-terrains", ainsi que des niveaux aquifères eux-mêmes.

La présence des sources minérales et les impératifs de leur conservation exigent enfin une traversée de leur gîte qui les mette à l'abri de toute perturbation accidentelle, puis une obturation rigoureuse de ce dernier dans la zone du point de captage.

N° de l'ouvrage	Maître de l'oeuvre et profondeur totale en mètres par rapp. au sol	Dates exécut.	Coordonn. x } ZNI y }	Cote sol orifice	Coupe géologique d'ensemble (puissance moy. des couches en m.)							Tubages		Découvert aquifère		Colonne crépinée		
					Keuper	lett.	Musch. sup.	Musch. moy.	Musch. inf.	Grès bigarré	Grès vosgien	Substr. Permian Cristallin	N°1 Ø int. en mm Prof. sabot par sol	N°2 Ø int. en mm Prof. sabot par sol	Hauteur en mètres	Ø technique de perforat.	Tête et Pied en m. par rapport au sol	Ø int. mm
1	Ville de VITTEL Forage n° V 330,05	1954 1955	868,38 61,10	+349,0	—	—	19,5	75,5	9,5	46	(55) <sub>a</sub> (62)	(118)+	600 -50,10	452 -124,30	87	440 420	116,4 229,28	277
2	Ville de LAMARCHE Forage communal 139,2	1954 1955	856,80 46,16	+357,7	—	—	+35,5	56	(14)	27	0	G 5,7+	480 -30,0	183 -117	17	180 205	Pas de crépine	
3	Ville de CONTREXEVILLE Forage N° 2 170,0	1956	865,08 58,26	+355,3	—	—	16,7+	71	7	45,61	(25) <sub>a</sub> (27)	G 5/3+	500 -48,7	344 -99,6	58	338	95,87 168,6	175
4	Sté Eaux Min. VITTEL N° F. embouteillage S. 266,0	1956 1957	867,26 61,63	+350,7	7 +	8	61	71 <sub>a</sub> 74	11 <sub>a</sub> 8	46	48 <sub>a</sub> (56)	24 <sub>a</sub> P (16)+	400 -85,66	282 -153,67	95	270	147,3 261,7	175
5	Sté Eaux Min. CONTREX. Forage N° 2 226,3	1957 1958	864,78 60,06	+349,4	—	—	+50	(70)	(8)	(43)	(38)	P (173)+	550 -76,45	399 -137,3	84	340	129,46 226,3	200
6	Ville de VITTEL Forage N° III 213,5	1958	869,62 61,58	+350,2	—	—	+22,5	71	10	47	(41)	P (22,5)+	580 -29,6	450 -117,1	77	390	114,9 210,4	200
7	Ville de MARTIGNY-1-B. Forage communal 170,0	1961	860,45 50,63	+366,2	—	—	+42,7	52 <sub>a</sub> 63 <sub>a</sub>	(17) <sub>a</sub> (12) <sub>a</sub>	(37)	2 env.	8 <sub>a</sub> 9 <sub>a</sub> G	460 -24,62	244 -125	37	243	122,74 170	150
8	Soc <sup>té</sup> Civile Immobil. OUTRANCOURT 256,7	1961 1962	864,77 61,14	+329,3	—	—	+50,5	72	(8,5)	(39,3)	(55)	P (31,7)+	530 -86,9	305 -145,1	80	380	142,9 245,8	200
9	Ville de CONTREXEVILLE Forage N°3 179,0	1962 1963	863,71 57,59	+357,1	—	—	+37,8	68,7	(6,5)	(40,5)	18,5	G 7 +	600 -12,0	388 -129,5	42,5	381	127,75 178,75	260
10	CRAINVILLIERS Syndic. de l'Anger 239,5	1963 1965	860,37 55,52	+353,1	+20	7	53	65,5	(16)	(32)	24	21 P 0,7 G	680 -28,0	323 -170,3	47,4	300 200	167,5 214,7	150
11	NORROY-sur-VAIR S.G.E.M.V. 290,5	1964 1965	866,74 64,61	+326,5	+44	11	(51)	(69)	14	44	54	P 3,5 +	260 -86,25	102 -203,4	83,6	98,4	Pas de crépine	
12	BELLEVILLE Synd. de B. et du Vair 353,8	1964 1965	860,04 61,34	+353,5	+122,5	(6,5)	57	67	10	41	(36)	P (138)+	322,96 -170,3	244 -286,4	54	215,9	269 340	150
13	LIGNEVILLE Ville VITTEL N° VI 173,2	1965 1966	868,50 58,43	+377,7	—	—	—	(67)	11	48	(40)	P (8,2)+	600 -15,0	400 -101,75	63,3	380	99 170	300

Les ouvrages de la campagne 1954-66 ont ainsi été effectués selon les règles suivantes qui ont finalement reçu la sanction d'expériences multiples, satisfaisantes et durables:

- perforation aussi rapide que possible, à l'injection, des niveaux imperméables, ébouleux et minéralisés (KIEFERT inférieur - MUSCHELKALK moyen);
- traversée systématique, à sec ou à l'injection inverse stérilisée, du gîte hydrominéral; recimentation éventuelle de sécurité et protection définitive de ce gîte par une colonne spéciale étanche, entièrement cimentée;
- pose de la colonne de captage (double barrière de protection vis-à-vis des eaux minérales) à une profondeur suffisante sous le toit du Grès bigarré pour éliminer au maximum les horizons pyriteux et minéralisés de cette formation;
- reconnaissance, à sec, à l'injection inverse ou à l'eau claire, de la base du Grès bigarré et du Grès vosgien;
- mise en place, sur toute la hauteur ainsi découverte, d'une colonne de soutènement crépinée et gravillonnée destinée à assurer la stabilité des parois et à s'opposer aux venues de sable pour tous les régimes d'exploitation.

## 2) Situation et données d'exécution géologiques et techniques des ouvrages.

La carte Annexe I au 1/80'000 précise les conditions d'implantation topographiques et géologiques.

Le tableau synoptique ci-contre résume schématiquement les éléments fondamentaux relatifs aux 13 forages profonds créés pendant les deux campagnes. Sont indiqués, notamment, pour chacun d'eux :

- le numéro chronologique et l'année d'exécution,
- les coordonnées Lambert, Zone Nord I,
- la cote d'orifice estimée par rapport à la carte en courbes ou mesurée par rapport au repère N.G.F. le plus proche,
- la coupe géologique d'ensemble, avec l'épaisseur des étages successifs,
- le diamètre et la profondeur de la tête et du sabot des tubages pleins et crépinés,
- l'extension des découverts productifs et leur diamètre théorique de perforation.

Les approximations qui apparaissent dans l'estimation de la puissance des divers étages géologiques traversés sont, le plus souvent, la conséquence de la méthode de forage au trépan ou au rotary, presque exclusivement employée pour ces recherches: les échantillons se trouvent dénaturés et mélangés à une proportion parfois importante d'éléments retombés du découvert ou arrachés aux parois. La localisation et la définition pétrographique précises de certains niveaux-repères s'avèrent souvent difficiles et aléatoires dans de telles conditions de prélèvement. Le coût des opérations de carottage et la nécessité d'amener sur place un matériel spécial pour y procéder privent dans la plupart des cas le géologue d'un moyen d'investigation qui, par ailleurs, ne s'impose pas absolument pour le captage correct des eaux profondes de cette région.

En ce qui concerne la disposition technique des ouvrages, il est bon de rappeler:

- a) que toutes les colonnes de captage ont été cimentées jusqu'au jour (sauf à LAMARCHE), généralement sous pression et sur toute leur hauteur.
- b) que toutes les colonnes crépinées ont été pourvues, sans exception, entre tube et

Résultats hydrologiques

N° de l'ouvr.	Rappel de sa désign. sommaire	Cote orifice	Nappe du MUSCHELKALK sup. et des C. blanches		Prof. et cote niv. piéz. d'origine	Nappe des grès du TRIAS inférieur		Dates d'exécution	Essais de réception et de mise en exploitation	Durée eff.	Régimes d'essai = débits et niveaux dynamiques correspondants en m. p/rapp. au sol	Q. spéc. m³/h/m	Tempér. eaux
			Cote du niv. piézom.	Essais									
1	VITTEL V	+349,0	+339	non expérimentée	-35 +313,9	26-8 au 15-9-1955 5-6-1958 9 au 11-5-1960	477 h 51h30'	Régime unique = 60 m³/h -68,75 m p.r. sol Débit exploit. = 110-111 m³/h -98 m p.r. sol Régime unique = 96-97 m³/h -100 m. p.r. sol	1,80	+15°7			
2	LAMARCHE	+357,7	+359,3	{ 5m³/h +0,12 43m³/h -16,4 (exploitée...)	-52 +305	22 au 25-8-1955 9 au 12-3-1959	64h 45' 71h 23'	Rég. 1 = 9,33 m³/h -64,5 R.2. = 12,9-12,99 m³/h -68,15 m R.1. = 5 m³/h -64,17 R.2. = 6,7 m³/h -67,18 R.3. = 8,3 m³/h -70,19	0,81 0,57	+15°5			
3	CONTREXÉVILLE 2	+355,3	+348	non expér. fermée par ciment.	-43,07 +312,3	19 au 25-12-1956	147 h	R.1. = 43 m³/h -69,2 R.2. = 54,4 m³/h -78,5 R.3. = 57,5 m³/h -80,75 R.4. = 54,6 -78 R.5. = 37 m³/h -67,5 R.6. = 23 m³/h -57,7 R.7. = 23 m³/h -47,3	1,50	+15°0			
4	S.G.E.M.V.	+350,7	+345	- d°- - d°-	-41,9 +308,8	6 au 9-4-1957	72h 32'	R.1. = 94-95 m³/h -109 R.2. = 72,4 m³/h -93,8 R.3. = 47,3 m³/h -77,7 R.4. = 26,8 m³/h -63,3 R.5. = 80-81,5 m³/h -(99)	1,37	+16°3			
5	S.E.M.C. 2	+349,4	+337	- d°- - d°-	-42,3 +307,1	11 au 14-1-1958	71h 08'	R.1. = 52,6 m³/h -66,57 R.2. = 114-115 m³/h -96,5 R.3. = 92,5 m³/h -84,5 R.4. = 72 m³/h -75 R.5. = 42,9 m³/h -62 R.6. = 27,4 m³/h -55,63	2,12	+16°+			
6	VITTEL III	+350,2	+344,7	≤ 20m³/h max. (résultat exploit. antérieurement) nappe condamnée par cimentation	-40,89 +309,4	29-5- au 1-6-1958 3 au 6-6-1958 4 au 9-5-1960 9 au 11-5-1960	72h 26' 72h 56' 116h 42h	Régime unique = 91,8 m³/h -108,3 90,2 m³/h -107,8 R.1. = 58 m³/h -83,9 R.2. = 80,3 m³/h -102,6 R.1. = 71,4 m³/h -94 R.2. = 78,2 m³/h -98,4 Régime unique = 75,8 m³/h -99 m	1,35	+15°7			
7	MANTIGNY-les-B.	+366,2	+368,2 à +366	Saisonn <sup>t</sup> var. qual. bact. dout. 47m³/h -4	-64,8 +301,4	13 et 14-11-1961	15h49'	Régime unique = 39,9 m³/h -99 m p.r. sol	1,17	+15°3			
8	S.C.I.O. OUFANCOURT	+329,3	+(334)	Condamnée par cimentation	-35,1 +294,2	3 au 6-1-1962	72h	R.1. = 33 m³/h -61,1 R.2. = 36 m³/h -62,5 R.3. = 77-78 m³/h -92 R.4. = 96-97 m³/h -110,2	1,29	+16°2			
9	CONTREXÉVILLE 3	+357,1	+335,9	Non expér. Imp. absorp. Condam. par cimentations	-66,2 +290,9	18 au 22-6-1963	82h 55'	R.1. = 49 m³/h -101,2 R.2. = 33,9 m³/h -90,8 R.3. = 19,4 m³/h -81,3	1,40	+15°0			
10	CRAINVILLIERS	+353,1	+350,9	Très minéralis. Cimentée	-59,5 +293,6	28 au 31-12-1964 15 au 17-3-1965	72h 19' 48h 14'	R.1. = 59,8 m³/h -86,1 R.2. = 30,4 m³/h -72,65 R.1. = 124,2 m³/h -115,10 R.2. = 50,0 m³/h -(81,75)	2,23 2,07	+18°2			
11	NORROY-sur-VAIR	+326,5	+324,2	Débit insign. Cimentée	-48,3 +278	9 au 13-8-1965	94h 40'	R.1. = 25,6 m³/h -55,1 R.2. = 38,5 m³/h -59,3 R.3. = 46,6 m³/h -63,8 R.4. = 58 m³/h -68,8 R.5. = 32,4 m³/h -57,3 R.6. = 16,5 m³/h -52,21	(5,9) 2,05	+26°			
12	BULGNEVILLE	+353,5	-	Gite totalem <sup>t</sup> imperméable	-64,0 +289,5	9 au 13-4-1965	83h 12'	R.1. = 128 m³/h -111,5 R.2. = 56 m³/h -87	2,73 2,43	+24°8			
13	VITTEL VI	+377,5	+(373,7)	Non expér. Cimentée	-76,6 +301,1	2 au 9-5-1966	108h	R.1. = 31,5 m³/h -89 R.2. = 40,6 m³/h -93,9 R.3. = 47,38 m³/h -96,4 R.4. = 60,9 m³/h -100,5 R.5. = 71,36 m³/h -106,4 (R.6. à R.8. non stabilisés) R.9. = 77,79 m³/h -110 R.10 et 11 = 86-89 m³/h -(155) R.12. = 74,86 m³/h -108,5	2,54 à 2,34	+15°2			

terrain, d'une gaine de gravier siliceux calibré destinée à assurer la stabilité de la formation aquifère découverte et de ses intercalaires schisteux, et à s'opposer aux irruptions de sable en cours d'exploitation. La "purge" de ce découvert et la mise en place correcte du massif de gravier sont obtenues, bien entendu, au cours des pompages d'essai.

### 3) Résultats hydrologiques au point de vue des conditions de débit.

Tous les forages profonds aux grès du TRIAS inférieur réalisés dans cette partie des Vosges ont donné des résultats positifs, généralement substantiels, qui ont conduit le plus souvent les usagers à abandonner les réserves aquifères antérieurement exploitées ou à les conserver seulement à titre de secours occasionnel.

Ces résultats sont également regroupés en un tableau d'ensemble, selon les éléments recueillis lors des essais de réception ou de mise en exploitation.

L'existence et le niveau piézométrique des nappes du MUSCHELKALK supérieur et moyen sont, en outre rappelés, dans chaque cas, pour mémoire, d'après les observations faites lors de leur traversée, et avant d'être définitivement condamnées. La seule exception est fournie par le forage de LAMARCHE qui tire actuellement le plus clair de ses ressources du massif dolomitique du MUSCHELKALK, heureusement assez peu minéralisé en ce point.

Rappelons, en effet, que dans la plupart des autres cas, il était inopportun, dangereux pour l'équilibre des deux gîtes superposés et préjudiciable à la conservation des eaux minérales, de risquer délibérément leur mélange quelle que soient les avantages apparents pouvant résulter, en certains cas, de la jonction de leurs réserves.

Pour chaque forage, et pour la nappe profonde, sont successivement indiqués:

- le niveau piézométrique relevé à l'origine (profondeur par rapport au sol et cote) après traversée complète des horizons aquifères,
- la date d'exécution et la durée effective des essais de pompage de réception,
- les points conjugués (débit en m<sup>3</sup>/heure - niveau dynamique par rapport au sol) obtenus et observés pour chaque régime de l'essai correspondant,<sup>1)</sup>
- le débit spécifique moyen, en m<sup>3</sup>/h/mètre, ainsi calculé,
- la température de l'eau prise à l'écoulement des pompes, correction faite, le cas échéant, de l'influence de la pompe mise en oeuvre.

- - - -

Au point de vue hydrogéologique, les recherches ont abouti aux principales constatations suivantes:

- 1<sup>o</sup>) Les niveaux piézométriques des deux réserves superposées (MUSCHELKALK supérieur et moyen - TRIAS inférieur) s'observent toujours à des cotes extrêmement différentes, ceux de la seconde étant les plus profondément situés.

---

1) La durée de ces régimes, pour chacun de ces essais, est indiquée pour mémoire en ANNEXE XII

	Profond. avancem <sup>t</sup>	Profondeur niveau piézométrique, par rapp. à l'orifice	Situation géologique
Forage VITTEL V	m	m	
	120,70	-36,5	Grès à Voltzia
	146,85	-36,85 à -34,95	Toit C.intermédiaires
	165,50	-34,58 à -34,80	Toit Grès vosgien
	239,20	-33,70 à -36,20	Base Grès vosgien
330,05	-35,48 -34,80	Avancement in Permien Forage terminé	
Forage VITTEL III	125,0	-45,0	Grès à Voltzia
	133,0	-44,15	Toit C.intermédiaires
	148,96	-44,69	Base - -
	211,0	-44,43 à -44,45	Forage terminé
Forage de MARTIGNY-les-B.	130,40	-65,54	Base Grès à Voltzia
	143,00	-65,28	Couches intermédiaires
	154,50	-65,47	Limite G.big./G.vosg.
	170,00	-64,82 à -65,20	Forage terminé

Les différences de pression s'échelonnent entre 2,5 et 7,6 kg/cm<sup>2</sup>. (tabl. p.16)

Ce test apporte donc la garantie, confirmée par les propriétés chimiques des eaux en présence, d'une étanchéité satisfaisante des colonnes de captage profondes et de la séparation correcte des deux nappes. L'absence de toute perturbation dans le régime des eaux minérales, en régime **naturel** comme en pompage, donne une preuve complémentaire.

2°) Aucune variation nette et sensible du niveau piézométrique du TRIAS inférieur n'a jamais été enregistrée au cours des travaux effectués "à sec" avant et après le franchissement des écrans schisteux interstratifiés et, notamment, de la "zone limite violette" séparant les deux étages principaux, et jusqu'à leur substratum primaire.

Les trois exemples ci-contre, tenant compte d'observations spéciales et systématiques, illustrent bien ce fait.

Des constatations du même ordre ont été permises par l'avancement du forage N° 4 (S.G.E.M.V.): le niveau au repos s'est maintenu là, en permanence, au voisinage de -42 m pendant toute la traversée du TRIAS inférieur.

3°) Tant que les niveaux dynamiques n'ont pas été abaissés, en pompage, à une cote inférieure à celle du toit du Grès bigarré, ce qui fut le cas le plus général, les caractéristiques  $Q = f(h)$  de tous les ouvrages à grande section ont conservé, dans les limites de précision des mesures de débit et de niveau, une allure sensiblement rectiligne indiquant une proportionnalité parfois rigoureuse entre les débits d'exhaure et les dépressions correspondantes imposées à la nappe.

Selon les points, sauf à l'extrémité ouest du bassin où ils sont plus faibles, les débits spécifiques varient entre les valeurs de 1,17 et 2,73 m<sup>3</sup>/h/mètre, autour d'une moyenne d'ensemble de 1,7 à 1,8 m<sup>3</sup>/h/mètre.

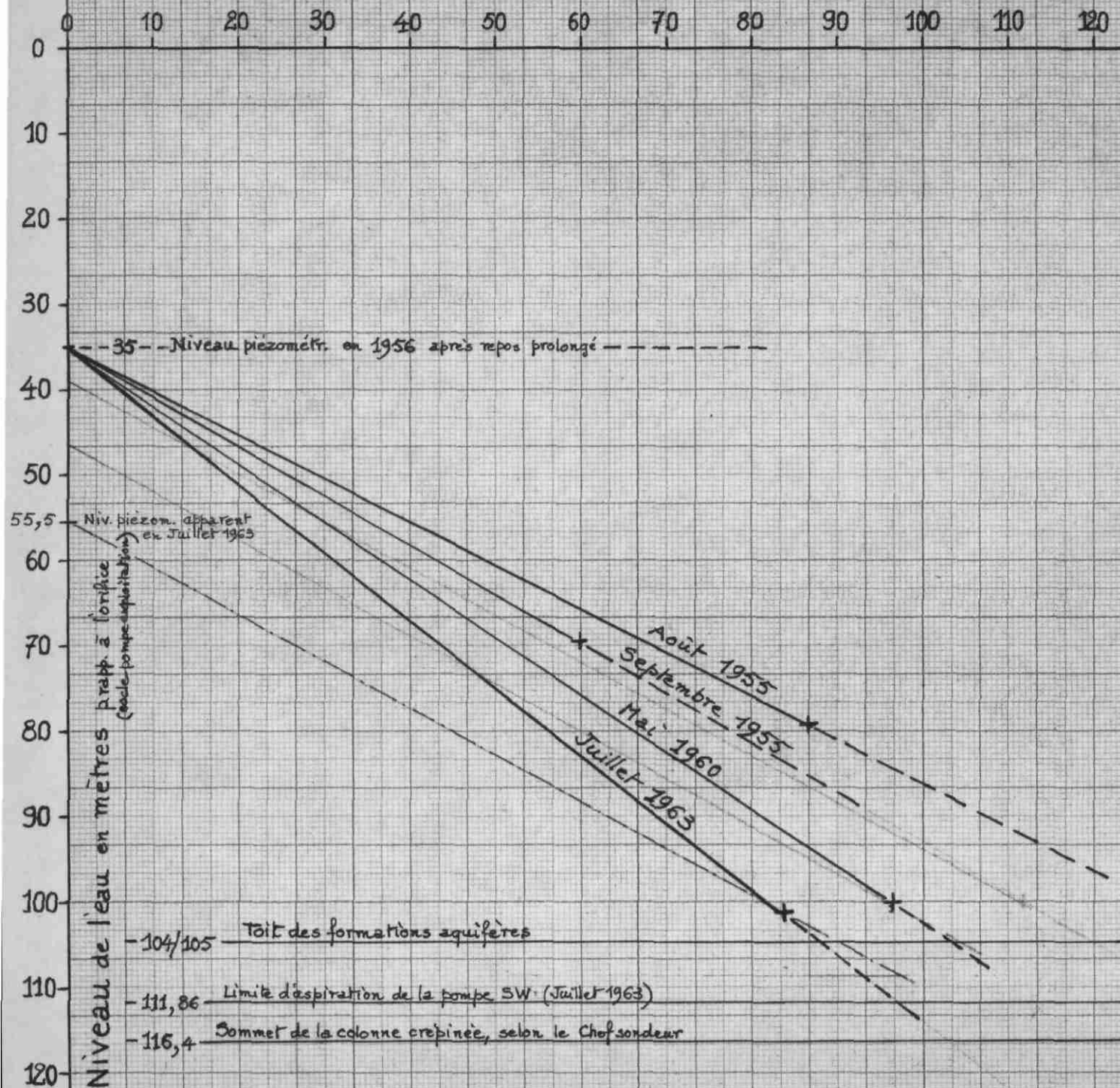
Le diagramme Annexe IV permet une comparaison des "courbes de débit" ainsi obtenues sur l'ensemble du groupe des nouveaux forages de la région, grâce à des essais dont la durée a été généralement inférieure à 100 heures. A l'occasion de ceux-ci, on a pu vérifier le comportement correct du dispositif de captage et du système crépiné et prévoir, d'autre part, avec une marge de sécurité satisfaisante, les conditions usuelles, d'exploitation, ainsi que les limites permises pour d'éventuels régimes de pointe. Une telle prévision n'était valable bien entendu que pour le régime d'exploitation régionale de la nappe au moment des essais, sans pouvoir préjuger de l'évolution ultérieure de l'équilibre de la nappe.

En effet, sous l'influence de nouveaux pompages extérieurs, la courbe de débit, ainsi déterminée, peut subir un déplacement important à partir d'une nouvelle origine correspondant à une cote piézométrique inférieure déterminée par les exploitations

# Forage N° V de la Ville de VITTEL (Vosges)

## ÉVOLUTION DE LA CARACTÉRISTIQUE DE 1955 À 1963

Débit en m<sup>3</sup>/heure



concurrentes. Un tel processus, qui aboutit pratiquement à une limitation du débit possible pour une même cote de pompage a pu, notamment, être bien étudié en mai 1960 à l'occasion des essais combinés des forages municipaux III et V de VITTEL (diagramme joint).

La caractéristique pratique d'exploitation des captages profonds ainsi étudiés correspond finalement à l'enveloppe de différentes courbes de débit dont la position est déterminée à la fois par le rabattement résiduel de l'ouvrage lui-même et par celui qui résulte des dépressions créées et entretenues en d'autres points.

Des essais de débit contrôlés périodiques s'avèrent donc utiles et souhaitables pour préciser, compte tenu des exploitations voisines, dans quelle partie de cette "caractéristique de travail" est conduite l'exploitation, et juger objectivement des motifs de la diminution éventuelle apparente du rendement d'un ouvrage. De telles vérifications ont pu être faites, par exemple, en ce sens, à VITTEL V en 1960 et 1963.

- - - -

Compte tenu de la nécessité, dûment établie, et dictée d'ailleurs par la valeur moyenne du débit spécifique, d'exploiter les forages au TRIAS inférieur de cette région par pompage à grande profondeur <sup>1)</sup>, les facteurs suivants interviennent en fait pour fixer et limiter les possibilités de travail -et de contrôle- :

- diamètre de la pompe et de ses organes d'assemblage par rapport à ceux de la colonne et de la crépine de captage,
- cote de la tête de cette dernière, ou du tronçon perdu de la colonne de captage,
- profondeur du toit des horizons aquifères.

En ce qui concerne le troisième point, il semble opportun de maintenir l'exploitation du gîte en régime noyé, tant que les impératifs résultant de la disposition du réseau et l'acquisition d'une marge de sécurité vis-à-vis des zones dépressionnaires concurrentes ne l'imposent pas absolument. On court en effet le risque de voir la courbe de débit évoluer en une caractéristique de nappe libre et présenter un "point critique" au-delà duquel le rendement de l'ouvrage peut se trouver rapidement amoindri.

Jusqu'en 1966-67, la réserve aquifère infratriasique de VITTEL-CONTRÉLEVILLE a pu être ainsi exploitée en toute sécurité à des profondeurs notablement inférieures à celle du toit du Grès bigarré. Mais les essais du forage le plus récent (N° 13 LIGNEVILLE) dont la cote d'orifice et celle du sommet du TRIAS inférieur sont les plus élevées du groupe ont confirmé la réalité de ce piège qui avait été prévu, d'ailleurs, dans les études préliminaires.

Le tableau dressé page suivante précise dans chacun des cas la profondeur des limites d'ordre géologique et mécanique qui jouent, ou peuvent jouer, un rôle dans l'utilisation des divers captages. Il indique, de plus, selon les observations ou l'extrapolation des caractéristiques, la valeur du débit instantané théoriquement disponible au

---

1) L'encombrement et la masse des engins mis en oeuvre sont le plus souvent considérables. Les pompes d'exploitation des stations de VITTEL atteignent par ex. 6 à 8 tonnes.

Désignation de l'ouvrage	Prof. n. resp. au sol du		Débit théor. instantané au toit du très bigarré en m <sup>3</sup> /h	Débit pratique ou utilisable en exploitation en m <sup>3</sup> /h
	toit très bigarré	Sommet des crépines ou col. perdue		
VITTEL V	103-104	116,40	(selon essais & réception) 115-120	95-110
VITTEL III	103-104	114,96	80 à 85	75-80
VITTEL VI	77-78	99,00	4 à 5	72-75
S.G.E.K.V.	148 env.	147,30	(130 à 140)	100-110
S.C.I.O.	131 env.	142,90	(120 - 125)	100-110
S.E.M.C.	127-128	129,46	(150 - 160)	110-120
CONTREXÉVILLE 2	94,40	95,87	70 - 72	60 à 65
CONTREXÉVILLE 3	113	127,75	67 - 68	70 à 80
CRAINVILLIERS	161-162	167,50	(> 200)	(110-120)
BULGNÉVILLE	263	165,25	(> 200)	(120-130)
MARTIGNY-les-BAINS	112-116	122,74	51 - 53	20 - 30
LAMARCHE	106-108		(30 à 40)	(20 à 30)
Total Q			= > 1215 à 1260 =====	(980 à 1080) =====

toit du Grès bigarré, ainsi que celle qui est fournie en pratique par les stations actives ou qu'il est envisagé d'obtenir des ouvrages en cours d'équipement.

Les valeurs totalisées des éléments des deux dernières colonnes représentent, en fait, le bilan approximatif, virtuel et réel, de la campagne de recherches 1954 - 1966 dans l'ouest des Vosges. Les possibilités de production actuelles, ou prévues dans un proche avenir, de l'eau potable et industrielle pour les divers groupements de ce secteur seraient ainsi comprises entre 19.500 et 23.700 m<sup>3</sup>/jour. Soit une marge de sécurité de 18 à 43 % par rapport à l'estimation des besoins pour 1968-69.

Mais il y a tout lieu de craindre que ce potentiel et cette marge de production se trouvent automatiquement réduits par le "surcreusement" plus intensif des zones dépressionnaires créées par l'exploitation concurrente des diverses stations. Pour suivre cette évolution et assurer la sécurité de tous dans ce domaine, il serait souhaitable que chacune d'entre elles fasse périodiquement le point de ses conditions d'exploitation réelles par des mesures conjuguées du débit et du niveau dynamique<sup>1)</sup> effectuées pendant quelques jours. De tels contrôles seraient, bien entendu, dûment consignés dans le journal de marche de la station.

#### 4°) Résultats de la campagne au point de vue de la qualité des eaux.

Dans les conditions de gisement et de captage précédemment exposées, les eaux du TRIAS inférieur de la partie occidentale des Vosges ont une minéralisation moyenne, de type bicarbonaté calcique et magnésien, avec une proportion variable mais toujours notable de sulfates, ainsi qu'une teneur en fer toujours positive, parfois supérieure aux normes officiellement requises.

Leur dureté totale s'échelonne entre 20 et 40 degrés hydrotimétriques.

L'alcalinité bicarbonique ( $\text{HCO}_3^-$ ) varie assez peu autour d'une moyenne générale de l'ordre de 245 mg/litre.

Mais la teneur en  $\text{SO}_4^{4=}$  et en  $\text{Ca}^{++}$  s'accroît notablement en limite SW du bassin, d'une part, et, d'autre part, du SE vers le NW, d'amont en aval-pendage, lorsque la couverture du gîte devient plus importante.

Une anomalie chlorurée et sulfatée, qui rend localement inexploitable le gîte pour les usages alimentaires, s'est manifestée à la limite N du bassin et du gîte hydrominéral de VITTEL - CONTREXEVILLE.

Sur le plan bactériologique, les eaux sont irréprochables dans tous les cas.

---

1) Dans certaines stations, la mesure du plan d'eau en cours de pompage s'avère très difficile, et parfois impossible, en raison du faible espace dont on dispose entre la colonne de captage et les brides d'assemblage des éléments de la pompe.

Contenu chimique des eaux des forages au Trias inférieur de la région de VITTEL-CONTREXÉVILLE

Forage de: Date du prélèvement Laboratoire d'analyse	Profondeur du caplage par rapport au toit du Grès à Voltzia.	Résultats exprimés en milligrammes par litre									Fe <sup>++</sup>	
		Résidu sec 105-110°	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Dureté totale en °fr.	e.f. : eau filtrée e.b. : eau brute	
	en m.											
VITTEL III (9-5-1960)(IRH)	13-14	381	89	15	10,5	-	109	9	229	28°4	0,19 (e.f.)	
VITTEL V (17-5-1958)(IRH)	20-21	399	85	17	4	5	78	9	248	28°4	0,09 (e.f.) 0,60 (e.b.)	
S.G.E.M.V. (8-4-1957)(IRH)	5-6	480	110	19	8	5	139	8	268	35°4	0,27	
MORROY (13-8-1966)(BRGM)	13-16	(3284)	(158)	(10,9)	(1006)	(29)	(937)	(948)	(290)	43°5	0,7 { qual. chimique non stabilisée en fin d'essai	
VITTEL VI (9-5-1966)(IRH)	23-24	372	81	16,5	7,5	3,5	72	4	271	27°0	0,26 dissous	
S.C.I.O. 5-1-1962)(BRGM)	14-15	468	105	21,4	12	6,6	124	8	284	35°2	0,5 susp. 0,1 diss.	
S.E.M.C. (20-5-1963)(IRH)	10 env.	420	86	18	13	4	108	12	247	29°0	0,48 total	
CONTREXÉVILLE 2 (23-12-1956)(IRH)	5 env.	263	57	14	7	-	48	4	201	20°2	0,18	
CONTREXÉVILLE III (22-6-1963)(IRH)	16,5	351	(67)	15,4	28,5	4	72	20	229	22°0	0,56	
BULMEVILLE (12/13-4-1965)(IRH)	23 env.	495 500	114 113	16 19,5	12 12,5	6 6	181 184	4 4	262 259	36°0 36°2	0,56 Rég. 1 0,72 Rég. 2	
GRAINVILLIERS (17-3-1965)(IRH)	8-9	400	88	14,5	14,5	4	98	8	241	28°0	0,35 total	
MARMIH 2-11-1961)(BRGM)	13 env.	354	79	15,6	11,7	4,6	94	8	232	26°3	0,2 diss. 0,9 total	
LAMARCHE (10-8-55) (12-3-1959)(IRH)	10 env.	750 647	140 132	19,5 17	35 37	9 -	304 292	20 16	207 189	43°0 40°2	0,38 0,22 diss.	

Les éléments analytiques essentiels recueillis aux divers points de captage après leur finition sont réunis dans le tableau ci-contre. On y observe, à partir de la définition générale et schématique proposée plus haut, une assez grande diversité du contenu ionique des eaux, laissant apparaître la complexité de cet aspect du problème.

Dans certains cas, notamment pour l'ensemble des forages de VITTEU, on a pu noter que la minéralisation des eaux et leur teneur en sulfates diminuaient avec l'approfondissement de la "fermeture" d'étanchéité de la colonne de captage sous le toit du Grès à Voltzia (alignements 1 et 2 du diagramme p. 21), c'est-à-dire avec l'élimination plus poussée, du découvert productif, des niveaux les plus chargés en pyrite du Grès bigarré.

Mais la puissance de la couverture de TRIAS moyen et supérieur surmontant la formation aquifère semble également jouer un rôle important, ainsi que l'indique, par exemple, l'alignement 3 du même diagramme. Ce fait pourrait être en relation, ainsi qu'il a déjà été suggéré, avec une faible "drainance" de l'écran réputé imperméable du MUSCHEL-KALK moyen. Mais la détermination précise de ce facteur occulte et son interprétation semblent, pour l'instant, hors de notre portée.

L'influence de la "fermeture" des captages sur la teneur en fer a fait également l'objet de tests comparatifs d'un point à un autre, grâce au procédé usuel des témoins de faïence immergés à l'écoulement des pompes et soumis à un aérage suffisant. Les dosages de laboratoire ont bien confirmé ces observations et ont fait apparaître des divergences parfois importantes entre les résultats obtenus sur l'eau brute et sur l'eau filtrée selon la transformation plus ou moins poussée des ions ferreux en ions ferriques.

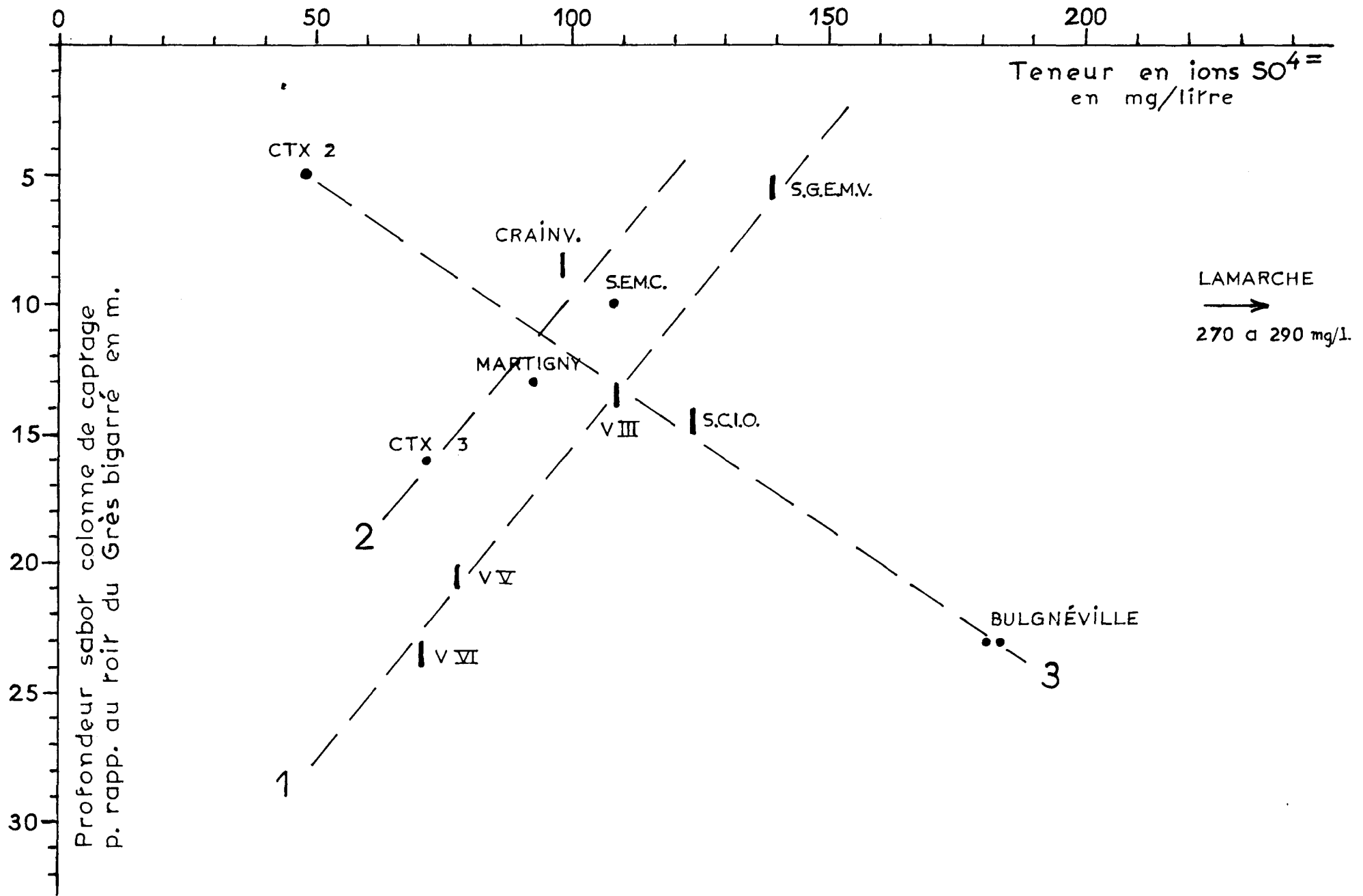
D'après l'étude détaillée des échantillons de terrain, il semble plausible d'admettre une relation entre cette teneur en fer et la présence, très générale, de grains, mouches et amas pyriteux, souvent microscopiques, disséminés dans les couches du Grès bigarré et faisant le plus souvent cortège aux débris charbonneux qu'elles recèlent.

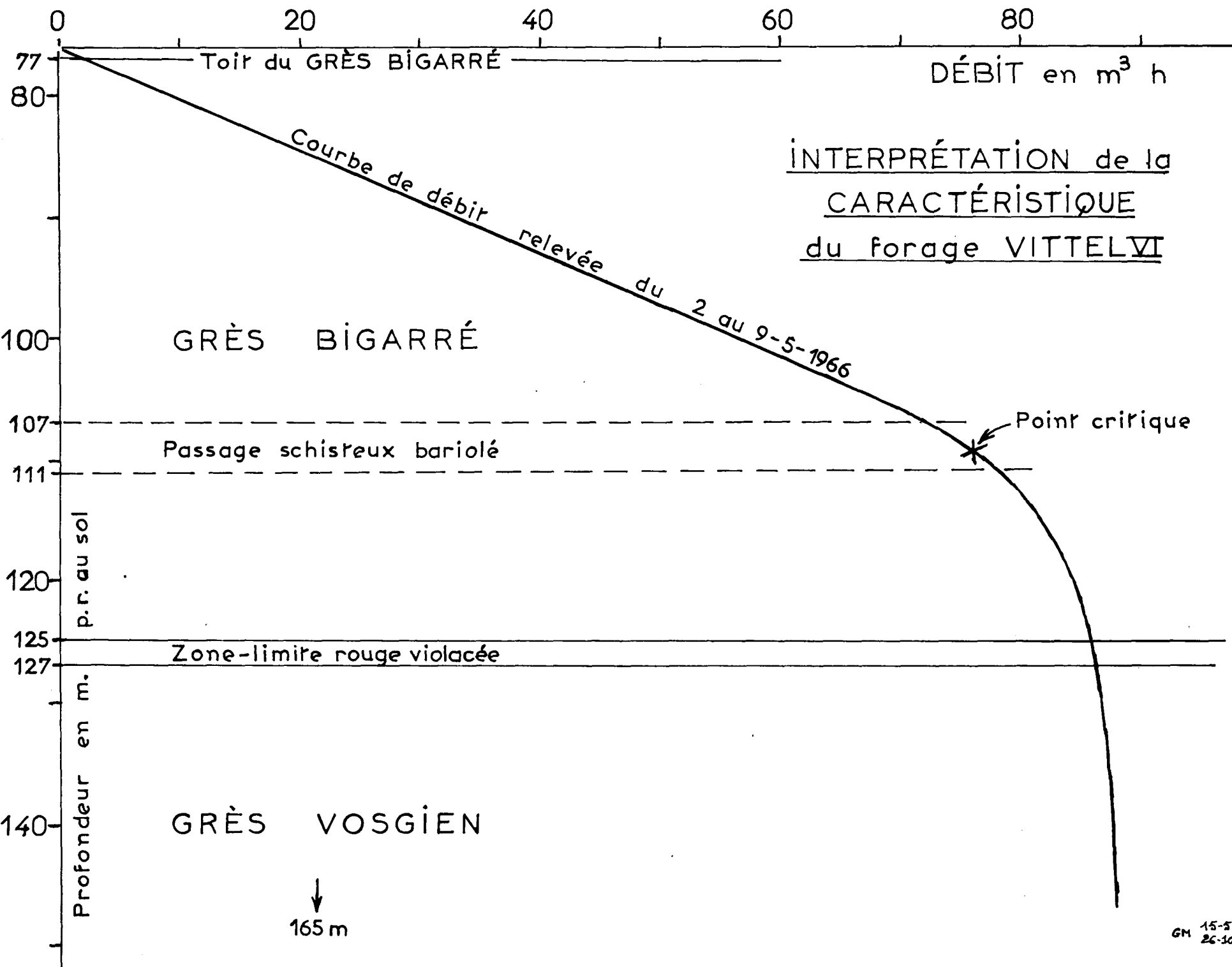
Conformément aux multiples expériences réalisées en ce sens en Lorraine centrale ou septentrionale, dans des secteurs où les formations infratriasiques sont toutefois bien plus puissantes que dans la région ici étudiée, on pourrait valablement escompter une amélioration notable de la qualité des eaux sous ce rapport en poussant plus profondément l'étanchéité du captage et en éliminant plus ou moins complètement la formation du Grès bigarré, par exemple jusqu'au niveau de la "zone limite violette".

Mais on doit compter ici avec la variabilité de la constitution et de la puissance du TRIAS inférieur dont le terme inférieur (Grès vosgien) peut être fortuitement très peu perméable, fortement réduit, sinon inexistant.

Les deux recherches les plus récentes effectuées dans le bassin (1965-66) ont mis par exemple en lumière les risques que ferait courir, dans cette partie des Vosges, l'application a priori d'un tel principe de captage:

- a) La caractéristique du forage N° 13 (LIGNEVILLE), rappelée sur le 2<sup>me</sup> diagramme de la page suivante, présente un point critique situé à -34 m env. par rapport au toit du Grès bigarré et à + 12 m env. par rapport à celui du Grès vosgien. La productivité de la série située au dessous de ce point, donc celle du Grès vosgien, s'avère donc extrêmement faible. La cimentation de cet ouvrage au niveau de la zone-limite indiquée aurait conduit à un échec à peu près irrémédiable au point de vue du débit.





GM 15-5-1966  
26-10-1967

b) Compte-tenu du haut rendement quantitatif de l'ouvrage N° 12 (BULGNEVILLE) il n'était pas question de songer à abaisser expérimentalement le niveau dynamique jusqu'au contact entre les deux étages du TRIAS inférieur. L'étude du découvert aquifère, effectuée par télémessure au micromoulinet (Essais SOLETANCHE du 3-4-1965) a pu montrer que 84 % du débit d'essai étaient fournis par la base du Grès à Voltzia et les Couches intermédiaires et 16 % seulement par le Grès vosgien.

La fermeture totale du Grès bigarré risquait donc, ici encore, de priver l'ouvrage d'une fraction importante de ses ressources et de porter sérieusement atteinte à ses conditions d'exploitation.

- - - -

Une étude sélective des propriétés chimiques et dynamiques de chacune des deux réserves aquifères en présence appellerait, en toute rigueur, une expérimentation délicate, maintes fois suggérée dans les études préliminaires - d'ailleurs mise en oeuvre à plusieurs reprises-<sup>1)</sup> mais qui se heurte, en fait, à de grosses difficultés d'ordre technique et le plus souvent budgétaire. Faute de pouvoir disposer de moyens suffisants, la direction des travaux s'est trouvée maintes fois placée, durant cette campagne, devant l'obligation d'assigner "à l'estime" -et souvent dans les délais les plus brefs- une cote de fermeture devant tenir compte, à la fois, des terrains non encore découverts selon la coupe prévisionnelle, des expériences antérieures et des besoins pratiques à satisfaire. Dans une région où les irrégularités du socle et de la sédimentation triasique peuvent être importantes et fortuites, un tel processus de recherche engage de lourdes responsabilités.

Il reste enfin à démontrer que les écrans argilo-schisteux interstratifiés à diverses hauteurs dans le magasin aquifère ont une continuité, une homogénéité et une puissance suffisantes pour assurer la séparation effective de deux ou plusieurs "sous-nappes" infratriasiques. La réponse pourrait peut-être être fournie par des mesures géophysiques et des carottages de contrôle systématiques au fur et à mesure de l'avancement. On se heurte, ici encore, le plus souvent à des impératifs budgétaires.

Notons enfin, sur le plan pratique, que:

- a) **sauf** en ce qui concerne le fer, les eaux infratriasiques de cette région restent conformes aux prescriptions officielles pour la teneur en  $Mg^{++}$ ,  $Cl^{-}$  et  $SO_4^{4=}$ ;
- b) que la préférence de certains exploitants, bien équipés maintenant pour procéder à la déferrisation des eaux, porte, au premier chef, sur l'obtention d'un débit spécifique optimum.

Le problème majeur semble donc être celui de la conservation des débits exploitables et de la pérennité de la nappe infratriasique.

---

1) Des "colonnes provisoires" de recherche ont été notamment mises en oeuvre à Ravenel, VITTEL V, LAMARCHE, MARTIGNY-les-Bains et BULGNEVILLE. Elles ont donné de sérieuses garanties en vue de l'établissement correct et définitif de ces captages.

Forage de	<u>Transmissivité</u>		Puiss. en m. du TRIAS inf.	Perméab. moyenne K = $\frac{T}{\mu}$
	T. $10^{-3}/m^2/s.$			
LABARCHE	{ 0,42 0,47	Remontées finales 10-8-55 12-5-59	27	1,745
MARTIGNY	{ 0,56 0,65	Remontées finales fin pomp. N°2 " " N°1	39	1,563
CRAINVILLIERS	{ 1,09 (1,73) (1,42)	avant traversée complète G.V. mauvaises remontées	56	2,812
CONTREXÉVILLE 3	{ 1,42 1,50	(descente rég. 1) (remontée finale)	59	2,492
CONTREXÉVILLE 2	≥ 0,9	(remontée fin régime 3)	(60)	1,50
S.E.M.C.	{ 1,39 1,24 1,18	(remontées essai 11 au 14-1-58)	81	1,574
S.C.I.O.	(1,26)	(remontée finale incomplète)	(94)	1,348
S.G.E.M.V.	{ 0,79 0,81	Remontées finales sel. Q final (9-4-57) " Q moy. ess	94/102	0,822
VITTEL V	{ 1,15 1,50	(remontée finale essai 3) (essai combiné Forage III)	104	1,151
VITTEL III	{ 0,93 0,85	(remontée Rég. 1 1-6-58) ( " Rég. 2 6-6-58)	87,5	1,022
VITTEL VI	{ 1,30 1,47 1,42	(remontée 1 essai final) (remontée 2 essai final) (remontée finale)	87,5	1,598
BUDNÉVILLE	{ 1,32 1,22	(remontée fin R. 1) (remontée fin R.2)	78	1,632

Nota : Les valeurs ci-dessus ont été obtenues grâce aux seules observations effectuées dans les forages eux-mêmes au moyen de la méthode THEIS-POUCHAN et, le plus souvent, à l'issue d'essais à régime variable.

5°) Évaluation provisoire de certains paramètres hydrauliques de la nappe. <sup>1)</sup>

Divers essais et mesures ont permis de situer approximativement l'ordre de grandeur de certaines caractéristiques hydrauliques du système intéressé.

A défaut de points d'observation piézométriques situés à distance assez proche dans le rayon d'action des ouvrages expérimentés, la transmissivité T n'a pu généralement être déterminée que par l'interprétation des courbes de remontée et, plus rarement, par celle de courbes de descente à débit constant dans les forages eux-mêmes.

Des corrections ont été souvent rendues nécessaires pour réduire au mieux les erreurs accidentelles résultant de la grande profondeur des plans d'eau observés et du changement d'origine pouvant être occasionné par la poursuite des travaux; de plus, les délais d'exécution et les disponibilités budgétaires n'ont pas toujours permis d'observer les remontées pendant une durée suffisamment prolongée.

Sous ces réserves, les valeurs de la transmissivité obtenues dans divers forages de la région VITTEL - CONTREXEVILLE et dans leurs aires immédiates de drainage varient entre:

$$\underline{0,8 \text{ et } 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}} \quad (\text{cf. tableau ci-contre})$$

Dans le secteur MARTIGNY - LAMARCHE, elle est sensiblement plus faible et se tient vers:

$$\underline{0,4 \text{ à } 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}} \quad ( \text{ -- } d^{\circ} \text{ -- } )$$

Elle apparaît, comparativement, notablement inférieure à celle de la nappe de l'Albien dans certains captages de la région parisienne (  $2 \text{ à } 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  ).

Calculée sur l'ensemble de la formation aquifère, faute de pouvoir disposer d'une évaluation précise de son épaisseur active en chaque point, la perméabilité moyenne K varie, de son côté, entre:

$$\underline{0,8 \text{ et } 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}}$$

Le coefficient d'emmagasinement de THEIS S n'a pu être défini que très rarement par des contrôles piézométriques effectués à distance assez grande des points de pompage, pendant des temps relativement limités et dans des conditions d'exploitation régionale n'apportant pas toutes garanties de stabilité. La meilleure détermination semble avoir été obtenue à l'occasion des essais combinés de VITTEL III et V (1952) avec un coefficient S de l'ordre de:

$$\underline{0,67 \cdot 10^{-4}} \text{ soit } \underline{0,0067 \%}$$

De nouvelles déterminations plus précises devraient pouvoir être effectuées, le cas échéant, à l'occasion d'autres essais de pompage. Elles ne sauraient être présentées pour l'instant qu'à titre d'ordre de grandeur.

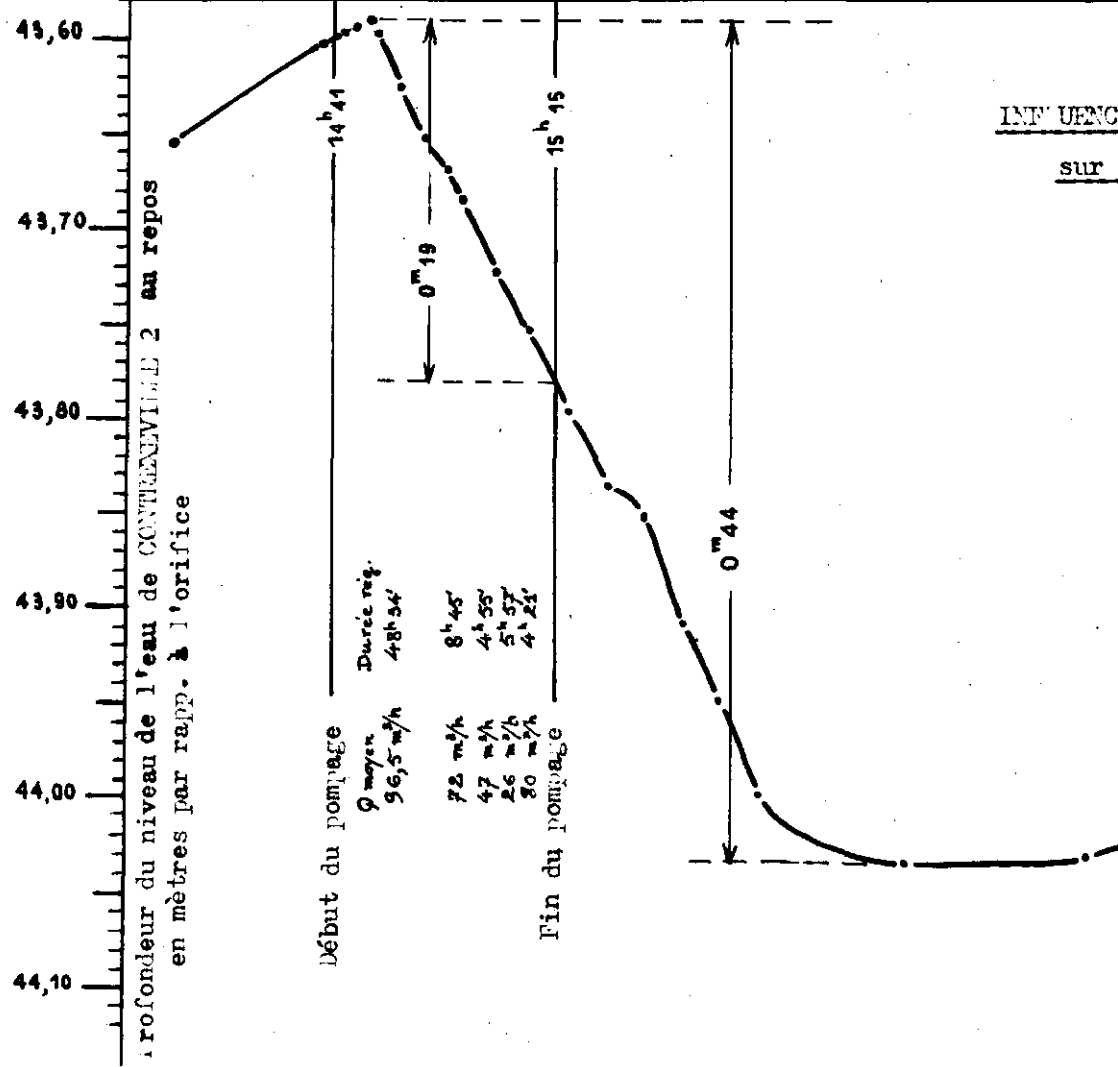
6°) Interactions entre les ouvrages - Observations piézométriques

Divers indices concernant les réactions réciproques entre divers forages profonds de la région ont été par contre obtenus et mesurés de façon assez précise depuis 1957 notamment avant l'exploitation plus intensive du bassin par le nombre croissant des

---

1) M. E. BERKAUOT, Conseiller scientifique du B.R.G.M. a bien voulu examiner les problèmes soulevés par l'interprétation de ce système aquifère et me faire bénéficier de sa longue expérience en la matière. Je l'en remercie très vivement.

AVRIL 1957 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16



INFLUENCE DU POMPAGE FINAL S.G.E.M.V. 1957  
sur le piézomètre CONTREXEVILLE 2

stations de pompage collectives ou privées.

Les renseignements obtenus dans ce domaine sont brièvement indiqués ci-après:

- 1) Janvier - Mars 1957 Mise à l'arrêt prolongée de l'ouvrage VITTEL V (23-1-1957) et remontée consécutive de CONTREXEVILLE 2, distant de 4°350 m.

Le diagramme Annexe V montre l'élévation progressive du niveau piézométrique au 2me point, amorcée après 5 jours environ et qui a atteint une amplitude de 0,40 m env. Cette remontée a coïncidé d'ailleurs avec une période de dégel sur le bassin alimentaire. Lors de la reprise de l'exploitation de VITTEL V le niveau a accusé une nouvelle chute à CONTREXEVILLE, au cours de laquelle l'influence des pointes pluviométriques s'est fait nettement sentir.

On obtenait ainsi un premier indice positif concernant la réalimentation effective de la nappe à partir de son bassin versant, distant de 6 à 8 km environ du forage piézométrique, joint à l'effet possible de transmission verticale d'une remontée de pression de la nappe supérieure.

- 2) 6 au 13 Avril 1957 Influence de l'essai final de 72 h. du forage S.G.E.M.V sur le niveau statique du même ouvrage CONTREXEVILLE 2 (dist. 4°000 m)

Les observations correspondantes sont reportées sur le diagramme ci-contre.

- 3) 11 au 14 Janvier 1958 Interaction entre les pompages d'essai du forage S.E.H.C. 2 et le "piézomètre" N° 4 (S.G.E.M.V.) situé à 2°900 m au NE.

Selon les indications du diagramme Annexe VI, l'abaissement du niveau piézométrique au second point a pu atteindre -0m64 durant les 78 heures consécutives à la mise en route des essais. La remontée de l'eau n'a pu y être observée après l'arrêt.

- 4) 28 Mai - 3 Juin 1958 Essais combinés entre des forages N° III et V de VITTEL-Ville Influence du pompage F.III à débit constant, sur F.V

Les meilleurs résultats dont on puisse disposer dans ce domaine ont été obtenus entre ces deux ouvrages, distants à vol d'oiseau de 1°350 mètres et mis, au préalable, au repos pendant une durée de 120 heures.

La réaction du piézomètre N° V a été suivie de façon précise pendant et après les 72 heures de pompage au point N° III par les mêmes observateurs et avec le même matériel laissé à poste fixe.

Les courbes piézométriques ainsi relevées sont reproduites en Annexe VII.

On a pu en déduire des valeurs satisfaisantes de T et de S et calculer approximativement le rayon d'action fictif de F. III, après 72 heures de pompage, qui est apparu de l'ordre de 3°700 mètres.

- 5) 15 au 19 Mars 1965 Le pompage de contrôle du forage de CRAINVILLIERS, poursuivi pendant 44 heures au débit moyen de 119 m<sup>3</sup>/heure avec un rabattement de 56 mètres, a provoqué une chute de l'ordre de -0m65 dans l'ouvrage de CONTREXEVILLE 3, situé à 3°900 mètres, pendant les 88 heures consécutives au départ de l'essai. Mais les mesures ont été ici fortement perturbées par l'exploitation intermittente du forage voisin CONTREXEVILLE 2 se trouvant à moins de 1°700 mètres du piézomètre en observation.

- 6) 9 au 13 Avril 1965 L'essai final de BULGNEVILLE (Forage N° 12) (129 et 56 m<sup>3</sup>/h) semble avoir entraîné une variation du niveau statique de -0m58 dans le forage de CRAINVILLIERS N° 10 se trouvant à 5°800 mètres plus au sud. La chute, amorcée 24 heures environ après le début du pompage s'est poursuivie, puis stabilisée durant les 5 jours consécutifs à l'arrêt.

Les indications portées dans le tableau p. 16 (6me colonne) montrent enfin que la création des nouveaux forages entre 1955 et 1966, après la mise en route successive des diverses stations, et en tenant compte de leur éloignement respectif par rapport au bassin alimentaire, a fait apparaître, en divers points, des cotes du niveau piézométrique de plus en plus basses par rapport aux valeurs initialement reconnues aux deux extrémités du bassin. (+ 313,9 à VITTEL V - + 305 à LAMARCHE).

L'existence et l'entretien de zones dépressionnaires se propageant à grande distance des points de pompage temporaires ou permanents de la nappe infratriasique ont pu, être ainsi dûment démontrées. Le surcreusement de ces zones a pu être également bien vérifié à l'occasion des pompages combinés expérimentaux. Ces faits apparaissent parfaitement conformes au comportement d'une nappe captive de faible transmissivité.

Mais on doit bien souligner que la mise en service des forages a suivi à plus ou moins brève échéance leur construction, ne laissant que très occasionnellement la possibilité d'y effectuer des observations systématiques, souvent fortuites et toujours temporaires.

L'exploitation est conduite d'autre part, dans les diverses stations, de façon discontinue et à des rythmes différents selon les besoins locaux et particuliers.

Il en résulte des modifications incessantes, en extension latérale comme en profondeur, de la surface piézométrique, lesquelles ne peuvent être surveillées et interprétées valablement, faute de pouvoir disposer de moyens d'observation spéciaux et permanents.

Le comportement de la nappe, les variations de pression qu'elle subit et, partant, ses conditions d'exploitabilité ne sauraient donc être utilement déterminés que par la surveillance systématique de piézomètres exclusivement réservés à cet usage.

Le maintien du niveau de l'eau de tels "regards" autour d'une cote moyenne relativement peu variable, compte tenu des conditions météorologiques et saisonnières, permettrait de conclure à une exploitation normale de la réserve profonde en fonction des apports naturels fournis par son bassin alimentaire et du débit des exutoires de la nappe libre dans la région des affleurements.

Sa chute progressive, constatée pendant un certain nombre de cycles annuels, traduirait, conjointement au tarissement plus ou moins accentué des émergences naturelles, une insuffisance de la disponibilité en eau vis-à-vis des multiples demandes, un emprunt progressivement croissant à la réserve géologique. On pourrait alors conclure à une surexploitation qu'il importerait donc de compenser par une réduction judicieuse et temporaire de la production aux divers points de pompage.

- - - -

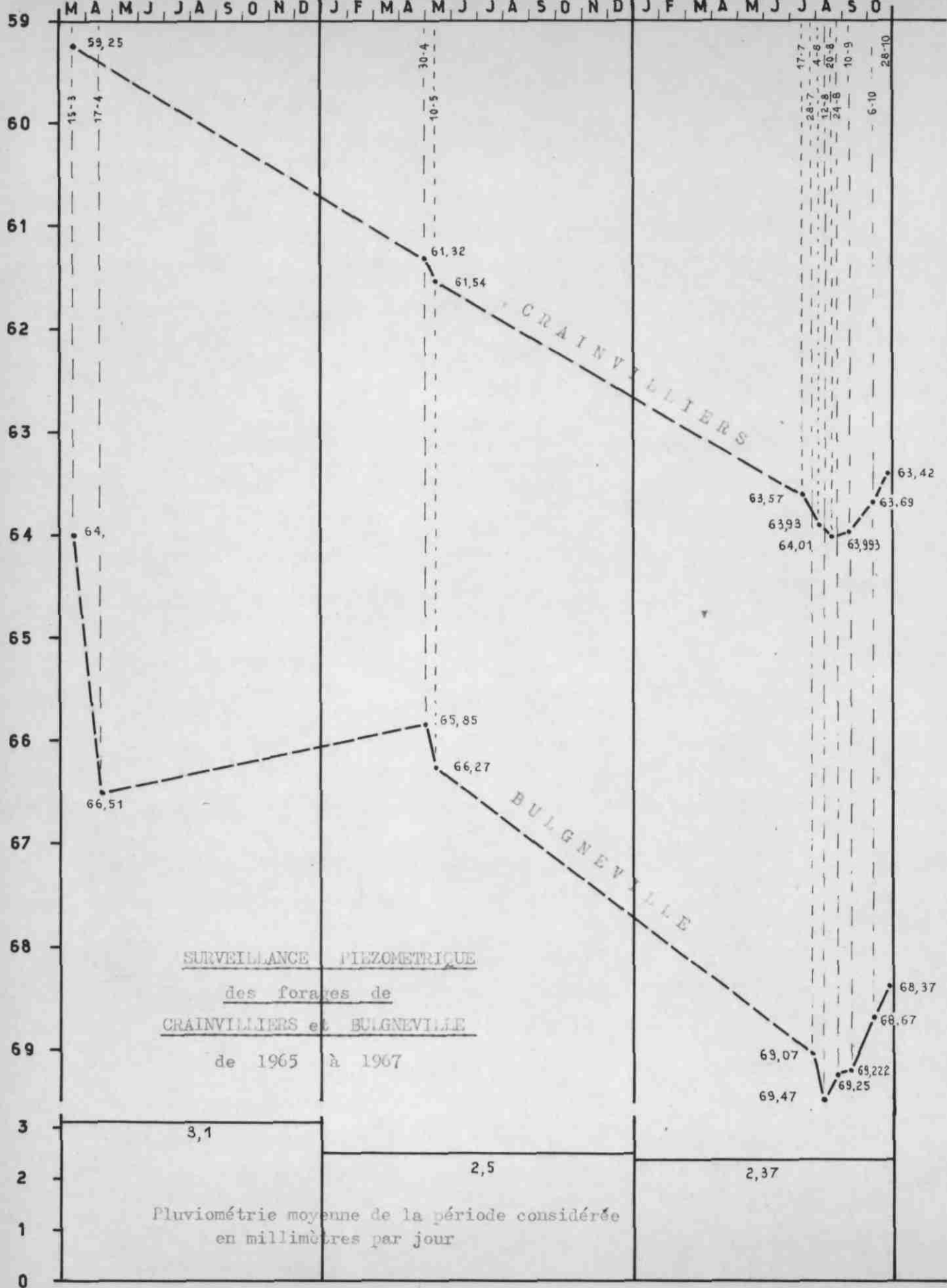
Les premiers jalons en ce sens ont pu être recueillis depuis 1965 seulement, grâce à des contrôles du plan d'eau effectués d'abord de façon irrégulière, puis systématiquement, dans les trois forages momentanément inexploités de CRAINVILLIERS (N° 10), BULGNEVILLE (N° 12) et de LIGNEVILLE (N° 13).

1965

1966

1967

Profondeur du niveau de l'eau, en mètres, par rapport à l'orifice



Les résultats de ces investigations piézométriques sont consignés sur le diagramme ci-contre pour les deux premiers ouvrages et en Annexe VIII en ce qui concerne le troisième <sup>1)</sup>.

Ces courbes, malheureusement fragmentaires dans les deux premiers cas, mettent bien en évidence:

- a) l'influence -déjà constatée à CONTRENEVILLE 2- des facteurs météorologiques et notamment des précipitations sur le bassin versant,
- b) la répercussion, très perceptible, des pompages supplémentaires imposés par la saison estivale et thermale, surtout aux abords des deux principales stations hydrominérales.

A LIGNEVILLE, la tendance générale du second semestre 1966 était apparue finalement favorable, avec une recharge positive de la nappe en fin d'automne. Les observations de 1967 mettent par contre en évidence une baisse beaucoup plus importante que celle de l'année précédente, sans que la situation piézométrique de départ se trouve rétablie au moment de clore le présent rapport.

Il en est résulté, temporairement, en ce point, comme conséquence probable de la faible pluviosité du mois de juin 1967, une amorce de "dénoyage" du sommet de la formation aquifère du Grès bigarré alimentant l'ouvrage.

L'aggravation d'un tel processus pourrait laisser redouter, dans les années à venir, -au cours desquelles des demandes supplémentaires sont prévues- une réduction de la capacité de production de cet ouvrage dans lequel on ne dispose seulement que d'une marge d'une trentaine de mètres pour effectuer normalement son exploitation.

A CRAINVILLIERS et à BULGNEVILLE, où l'influence de la "saison" 1967 a pu être également décelée, on ne peut que constater, depuis l'époque des essais de réception, une baisse générale de pression qui peut, peut-être, résulter en partie de la légère décroissance de la pluviosité moyenne entre 1965 et 1967.

Il importe donc de suivre et d'analyser de très près cette évolution.

Or, les trois ouvrages se trouvant actuellement en instance d'équipement, on ne dispose plus que pour peu de temps encore de ce moyen de contrôle du comportement de la nappe infratriasique, en amont, en aval-pendage et à l'ouest du groupement important qu'il s'agit de protéger.

Les résultats pratiques jusqu'ici obtenus dans cette voie semblent donc devoir plaider en faveur de la mise à la disposition de la Collectivité d'un dispositif de contrôle piézométrique ayant pour fin essentielle de défendre, à longue échéance, ses intérêts dans le domaine des eaux potables et industrielles.

---

1) Les observations ont été effectuées, en liaison avec le B.R.G.M., grâce à l'active collaboration de M. R. BLAISON, Technicien des Services municipaux de VITTEL, et dans le cadre de la présente étude.

C O N C L U S I O N S

et

Suggestions en vue de l'étude complémentaire et du contrôle  
de la nappe infratriasique de la région de VITTEL - CONTELEEVILLE

Neuf forages d'intérêt collectif et industriel opèrent, à l'heure actuelle, un prélèvement de l'ordre de 10 à 12'000 mètres cubes/jour - à préciser, bien entendu, par des relevés systématiques - sur la nappe découverte et captée dans le TRIAS inférieur à partir de 1954 dans la région ouest du Département des Vosges.

Plusieurs indices récemment obtenus dans ce bassin laissent percevoir que, dans certaines circonstances, notamment pendant la saison thermale qui correspond précisément à la période la plus critique pour la recharge des réserves souterraines, l'exhaure d'ensemble ainsi effectuée pourrait surpasser les apports naturels, pour l'instant très mal connus, dispensés par un bassin alimentaire assez bien circonscrit, mais de superficie relativement limitée.

Il en résulte, dans l'ensemble, depuis 1965, une légère chute de pression de cette nappe captive dont l'aggravation serait susceptible de porter préjudice à la productivité du groupement, et, notamment, à celle des ouvrages les moins favorisés sur le plan des conditions de captage.

Or, de nouvelles stations sont appelées, dans un proche avenir, à pourvoir aux besoins assez élevés de collectivités non encore desservies. Les besoins d'avenir, compte tenu du développement urbain rapide des plus gros centres, ont pu être estimés par certains spécialistes à 18'000 mètres cubes/jour.

Tout en voyant disparaître du même coup les seuls points accessibles pour contrôler les réactions d'ensemble de la nappe, on peut donc craindre que cette dernière soit appelée, à plus ou moins longue échéance, à céder une partie croissante de sa réserve géologique, donc à s'appauvrir. Les divers exploitants se trouveraient, de leur côté, exposés à une limitation des quantités d'eau disponibles qui résulterait de l'interaction des divers captages concurrents par abaissement de leur production respective.

On dispose heureusement, en contre-partie, grâce aux observations déjà effectuées, d'indices positifs indiquant une "récupération" favorable de la nappe sous l'influence des précipitations collectées par son bassin versant.

Il s'agit maintenant d'étudier de façon suivie, méthodique et probablement permanente l'évolution réelle de la nappe infratriasique au fil des ans.

Si l'on veut pousser, comme on se le propose et comme le requiert l'intérêt général des usagers, l'étude et la surveillance de cette réserve répartie de façon continue mais avec une puissance inégale sous le territoire de cette région, en vue d'aboutir au maintien d'un équilibre satisfaisant entre ses ressources et sa production effective, on dispose, en fait, de deux moyens d'action d'ordre pratique bien distincts, mais qui sont complémentaires:

A) Surveillance des réactions piézométriques de la nappe et de leur évolution.

La mesure essentielle et, semble-t'il, la plus urgente, consiste à établir et à mettre en observation un ou plusieurs regards piézométriques strictement réservés à cet usage, répartis parallèlement au front d'exploitation et à l'axe d'allongement du bassin alimentaire. Au premier chef, un dispositif de ce genre, destiné à relayer les piézomètres temporaires actuels, semblerait s'imposer en amont-pendage des groupements les plus productifs (VITTEL - CONTREXEVILLE et BULGNEVILLE).

La disposition naturelle du bassin, telle qu'elle a été exposée, ainsi que les conditions de gisement, la puissance des horizons aquifères et la profondeur généralement importante du niveau piézométrique du TRIAS inférieur conduisent, malheureusement, à la création, fort onéreuse, de forages de reconnaissance et d'observation dont la profondeur sera comparable, et la conception analogue, à celle des ouvrages d'exploitation eux-mêmes.

Seul, leur diamètre pourra être notablement réduit du fait de l'inutilité de tout dispositif de pompage (sauf en ce qui concerne un nettoyage périodique éventuel pouvant être exécuté à la soupape ou à l'émulsion) et de la nécessité d'y descendre seulement une sonde de surveillance ou d'enregistrement du plan d'eau.

Afin d'en réduire au maximum la profondeur et, partant, les frais d'établissement et les difficultés de leur surveillance, de tels ouvrages devraient être implantés de préférence dans les coupures et dépressions topographiques du plateau du "Calcaire coquillier", c'est-à-dire dans les vallons de VALMÉROY-le-Sec, de BULGNEVILLE, de DOBRICOT-le-Sec et le cas échéant, du haut-cours du Mouzon. (cf. plan au 1/50'000, Annexe IX).

La surveillance de l'interaction entre les deux groupements de VITTEL et CONTREXEVILLE pourrait être, au besoin, utilement complétée par un ouvrage plus profond situé entre ces deux localités et BULGNEVILLE, à l'extrémité S de la hauteur du Hazeau<sup>1)</sup>.

Les observations du niveau piézométrique pourraient être obtenues soit par enregistrement continu, soit, plus simplement, par des mesures directes à la sonde électrique effectuées avec une périodicité de 8 ou 15 jours.

L'exécution pratique de ces piézomètres, dont la verticalité devrait être l'une des qualités primordiales, comporterait la pose et la cimentation complète d'une colonne étanche de 6 à 7 pouces dont le sabot serait ancré à quelques mètres sous le toit du Grès bigarré. Une crépine de soutènement, de préférence gravillonnée, serait descendue enfin sur toute la hauteur de la formation aquifère jusqu'au substratum primaire<sup>1)</sup>.

La protection du gîte hydrominéral serait, bien entendu, assurée au passage par des recimentations de sécurité, en régime statique, au fur et à mesure de l'avancement.

---

1) Un avant-projet a été présenté, à titre indicatif, au Service du Génie Rural des Vosges, après réétude du secteur du Hazeau, en décembre 1966 (Annexe X). Il a été ici complété par le schéma des sondages piézométriques à créer en amont-pendage.

La perforation pourrait être conduite à l'injection de boue pour la première phase et à l'eau claire javellisée pour la seconde. Le nettoyage du découvert et la restitution de sa perméabilité seraient obtenus, avant la mise en service, par voie d'épuisement prolongé à la soupape.

Les observations et le tracé des courbes piézométriques devraient être prévus, au départ, sur une période minimum de 3 ou 4 ans afin de tenir compte de la variabilité des conditions saisonnières et annuelles mises en évidence par les statistiques rappelées au chapitre II. Ils seraient poursuivis ensuite sur une plus longue période encore si le besoin s'en faisait sentir.

Les renseignements ainsi obtenus devraient être obligatoirement complétés, pour être utilement interprétables:

- a) par le dépouillement systématique des registres d'exploitation de tous les forages, tant en ce qui concerne les débits extraits qu'au point de vue des niveaux statiques et dynamiques pouvant être relevés;
- b) par l'exploitation des données fournies par des postes météorologiques simplifiés destinés à enregistrer, au minimum, la température et la pluviométrie locales. Outre les centres d'observation fonctionnant déjà au bénéfice des sociétés d'eaux minérales, plusieurs stations isolées pourraient être utilement réparties au voisinage des piézomètres ainsi qu'en divers points du bassin alimentaire.

Afin de compléter ce réseau de surveillance, des essais de débit périodiques et contrôlés pourraient être exécutés sur les captages eux-mêmes afin de vérifier leur capacité de production et de situer leur caractéristique de travail à l'époque considérée.

L'analyse d'ensemble de tous ces éléments devrait permettre de tirer toutes conclusions utiles en vue d'aligner correctement la production normale du groupement sur les ressources réelles et naturelles de la nappe.

B) Détermination et surveillance des réserves d'alimentation de la nappe profonde par l'étude du débit des exutoires naturels du bassin de réception.

Ainsi qu'il a été indiqué au chapitre II, § d), on ne dispose actuellement d'aucune donnée de valeur concernant l'hydrogramme d'ensemble du bassin versant des affleurements des grès infratriasiques de la région intéressée.

Or, la connaissance de cet élément d'observation apparaît également indispensable pour tenter de préciser, par la séparation analytique judicieuse des diverses composantes d'un tel hydrogramme, les quantités d'eau qui concourent à l'alimentation souterraine de ce gîte aquifère et qui représentent pratiquement sa réserve régulatrice.

Mais la disposition du bassin et la configuration du réseau hydrographique afférent à la Saône, qui recoupe en de multiples points la faille majeure représentant la limite SE du système aquifère, se prêtent mal à une observation commode et centralisée de l'hydrogramme général de l'impluvium infratriasique.

On devrait disposer pour cela d'un minimum de 8 points de jaugeage répartis au débouché de tous les vallons principaux. L'aménagement, le service et l'exploitation d'un tel réseau de surveillance laissent prévoir de sérieuses difficultés et d'importants investissements.

Une formule réduite mais incomplète pourrait, à la rigueur, se limiter à l'établissement d'une station expérimentale, ou mieux, de 3 stations principales installées, par exemple, au confluent des ruisseaux de la Sâle et de Deuilly, au débouché du ruisseau de la Mause et du Gras, ainsi qu'au confluent des ruisseaux de St Baslemont et Thuillères.

Selon les résultats obtenus à partir de ces stations-pilotes, le processus d'investigation pourrait alors être étendu, au besoin, à l'ensemble du bassin. Ceci s'avèrerait notamment indispensable si l'on était conduit à envisager, pour l'avenir, le principe d'une réalimentation artificielle de la nappe infratriasique, par exemple à l'aide de retenues implantées sur le cours de certaines vallées du bassin. Une telle éventualité a pu être évoquée lors de la réunion du 26-4-1967 (M. DAGUE).

Pour être complètes, l'étude du bassin versant et la recherche des conditions d'alimentation de la nappe profonde devraient être normalement appuyées :

- a) par l'inventaire des sources et captages desservant les localités situées au SE de la limite géologique du bassin et qui opèrent ainsi des prélèvements sur les ressources aquifères collectées par ce dernier;
- b) par un relevé de la surface piézométrique dans la région et aux abords des affleurements de la série infratriasique. Ceci supposerait l'établissement et la surveillance d'un réseau de petits forages descendus jusqu'au substratum imperméable de la nappe. Une telle campagne ne semblerait toutefois s'imposer qu'après un certain temps d'observation des piézomètres principaux de contrôle ou dans le cadre d'une étude plus approfondie de la réalimentation artificielle de la réserve exploitée.

- - - -

Ainsi conçues, étendues à un nombre d'années suffisant et, le cas échéant, maintenues définitivement à titre de contrôle permanent, ces deux méthodes de surveillance aux approches des points d'utilisation, et d'estimation "à la source" des réserves aquifères souterraines du TRIAS inférieur, dont l'intérêt vital pour le bassin hydrominéral vosgien et les territoires avoisinants n'est plus à démontrer, apparaissent, semble-t-il, comme des moyens nécessaires et suffisants pour se prémunir contre tout appauvrissement progressif et insidieux de cette richesse naturelle et en assurer, au bénéfice de tous les usagers, l'exploitation rationnelle et la conservation.



G. MINOUX

Ingénieur géologue au B.R.G.M.  
Collaborateur au Service de la  
Carte géologique de la France.

Références bibliographiques, classées par ordre chronologique

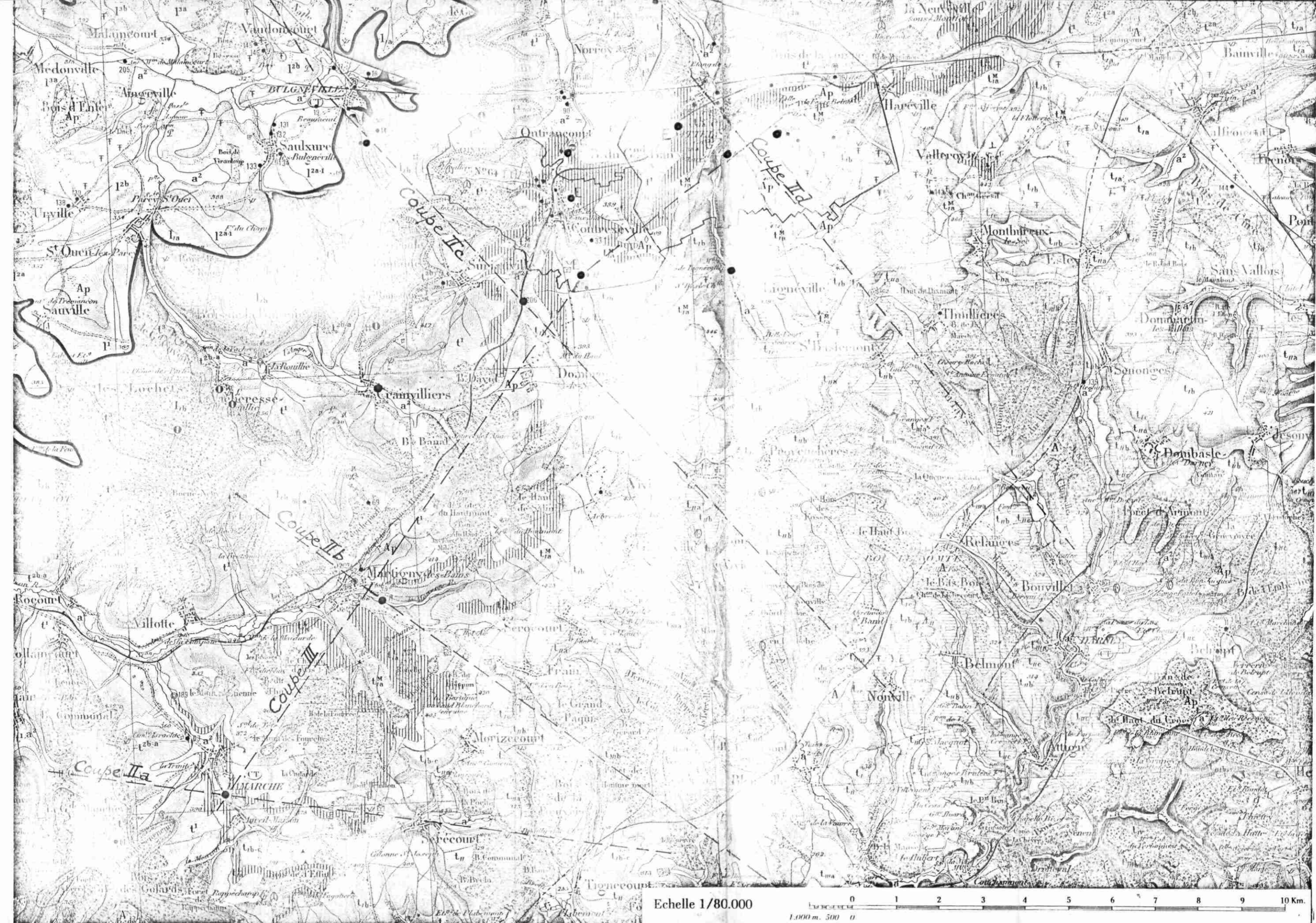
- G. CORROY Etude stratigraphique et tectonique des régions nord du seuil de Bourgogne et du bassin des eaux minérales vosgiennes.  
Annales de la Faculté des Sciences MARSEILLE 1934
- A. GUILLERD Note sur un forage aux grès triasiques dans la région de VITTEL 1924
- A. GUILLERD Eaux douces et eaux minérales du Trias de Haute-Lorraine.  
Congrès international des mines 20/26-10-1935
- L.GUILLAUME Etude hydrogéologique sur l'alimentation en eau potable de la Ville de VITTEL, en supprimant toute interférence sur l'exploitation des eaux minérales. STRASBOURG 25-10-1938
- L.GUILLAUME Observations sur la stratigraphie du Trias lorrain.  
C.R. 1<sup>er</sup> Congrès Soc. Sav. Est France 6/8-6-1938
- L.GUILLAUME Forage profond de recherche d'eau potable à DOMPAIRE (Vosges) et observations sur la constitution du Muschelkalk lorrain.  
Bull. Soc. Sc. NANCY Février-Mars 1939
- L.GUILLAUME (†) et G. MINOUX Deux regards nouveaux sur le substratum antétriasique à l'ouest des Vosges: les forages de RAVENEL et de DAMBLAIN.  
B.S.G.F. (6) IV, pp 515-523 8-11-1954
- G. MINOUX Nouvelles observations sur la couverture triasique et son substratum dans la région occidentale des Vosges. Les forages de VITTEL, CONTREXEVILLE et LAMARCHE. (Campagne 1954-1958) B.S.G.F. (6) VIII, pp 213-236 17-3-1958
- G. MINOUX Méthode et résultats d'étude des gîtes aquifères du Trias inférieur et moyen dans le bassin vosgien.  
VI<sup>èmes</sup> journées de l'Hydraulique V-5 NANCY 1960
- J.PERRIAUX Contribution à la géologie des Vosges gréseuses.  
Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine STRASBOURG 1961
- COMITE TECHNIQUE DE L'EAU pour la région lorraine.  
Etude de la nappe aquifère des grès vosgiens  
Esquisse hydrogéologique de la feuille de VITTEL 1/50'000  
Université de NANCY 1967
- G. MINOUX Observations complémentaires sur la couverture triasique et son substratum dans la région occidentale des Vosges. Nouveaux forages dans les bassins de VITTEL, CONTREXEVILLE, BULGNEVILLE et MARTIGNY-les-Bains (Campagne 1961-1966).  
C.R.S.S.G.F. 19-6-1967

Cartes géologiques consultées









- Feuille de MIRECOURT au 1/80.000 N° 84 (éditions successives: 1883 - 1936 - 1965)  
Feuille de VITTEL au 1/50.000 XXXIII-18 1<sup>re</sup> édition 1964

**TERRAINS SÉDIMENTAIRES**

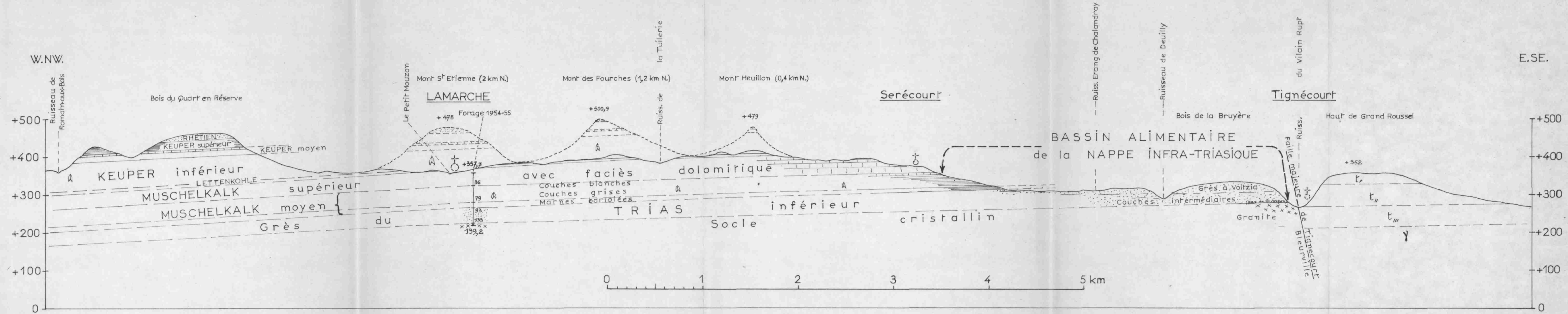
-  Ap  
mon des plateaux
-  a²  
lutions récentes
-  a¹  
lutions anciennes
-  I¹  
Toarcien  
ne à *Lytoceras jurense*  
à *Harpoceras faliferum*
-  I²b  
mérien supérieur  
gréseux à *Am. spinatus*  
es médioliasique)
-  I¹a  
mérien inférieur  
larnes à ovoïdes  
*Am. margaritatus*  
Pliensbachien  
leaire à *D. davari*  
es à *Z. numismalis*
-  I²b  
Lotharingien  
alcaire ocreux  
es à *P. planicosta*
-  I²a¹ I²  
inémurien  
ettangien  
alcaires et marnes  
*Gryphaea arcuata*
-  I²b  
mérien supérieur  
giles de Levallois
-  I¹  
mérien inférieur  
giles schisteuses noires  
es infraliasique)
-  I¹  
uper supérieur  
irisées supérieures  
rouges (rég. Mirecourt)
-  I²b I²  
er moyen  
mic-moellon  
d'Elie de Beaumont)  
es bariolées  
à roseaux



**ANNEXE I**

-  t¹  
Keuper intérieur  
Marnes irisées inférieures  
(gypse et sel dans le N.E.)
-  t²a t²b t²c  
Lettenkhole et  
Muschelkalk supérieur  
Indifférencié  
Lettenkhole  
Dolomie de Vittel  
(Dol. blanc crème à  
*Myophoria goldfussi*)  
t²b Couches à Gératites  
t²c Couches à entroques  
t²b-c Massif dolomitique  
du secteur sud
-  t²a t²b t²c  
Muschelkalk moyen  
et inférieur  
Indifférencié  
t²a Couches blanches  
Couches grises  
t²b Argiles bariolées  
(Couches rouges)  
t²c Muschelkalk inférieur  
Grès et argiles rouges  
(Grès coquillier)  
t²b-c Ensemble non différencié
-  t²a t²b  
Grès bigarré  
a Grès à *Voltzia*  
b Couches intermédiaires
-  P  
Grès vosgien
-  P  
Permien  
(dans les forages)
- TERRAINS CRISTALLINS**
-  γ  
Granite, gneiss
-  Périmètres de protection  
des sources minérales  
déclarées d'intérêt public.  
(VITTEL - CONTRÉVILLE)
- Forages profonds A.E.P.
- Sondages et recherches diverses
-  Traces des coupes géologiques





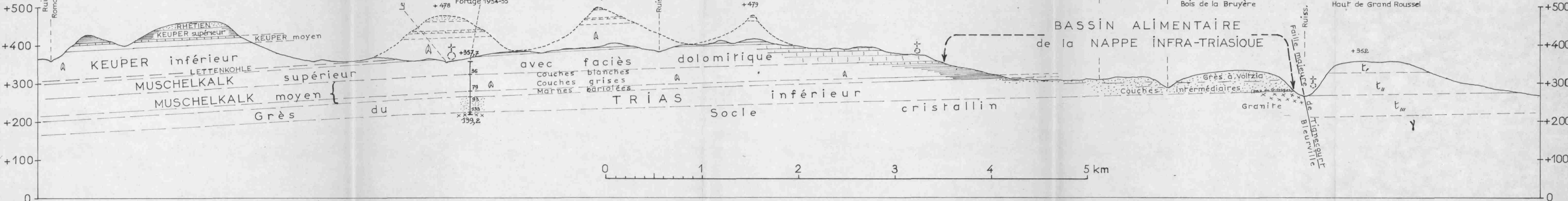
Bois du Quart en Réserve

**LAMARCHE**

**Serécourt**

**Tignécourt**

BASSIN ALIMENTAIRE  
de la NAPPE INFRA-TRIASIQUE



KEUPER supérieur  
RHÉTIEN  
KEUPER moyen  
KEUPER inférieur  
LETTENKOHLE  
MUSCHELKALK supérieur  
MUSCHELKALK moyen  
Grès du

avec faciès dolomirique  
Couches blanches  
Couches grises  
Marnes pàriolées  
TRIAS inférieur  
Socle cristallin

Grès à Voltzia  
Couches intermédiaires  
Granite

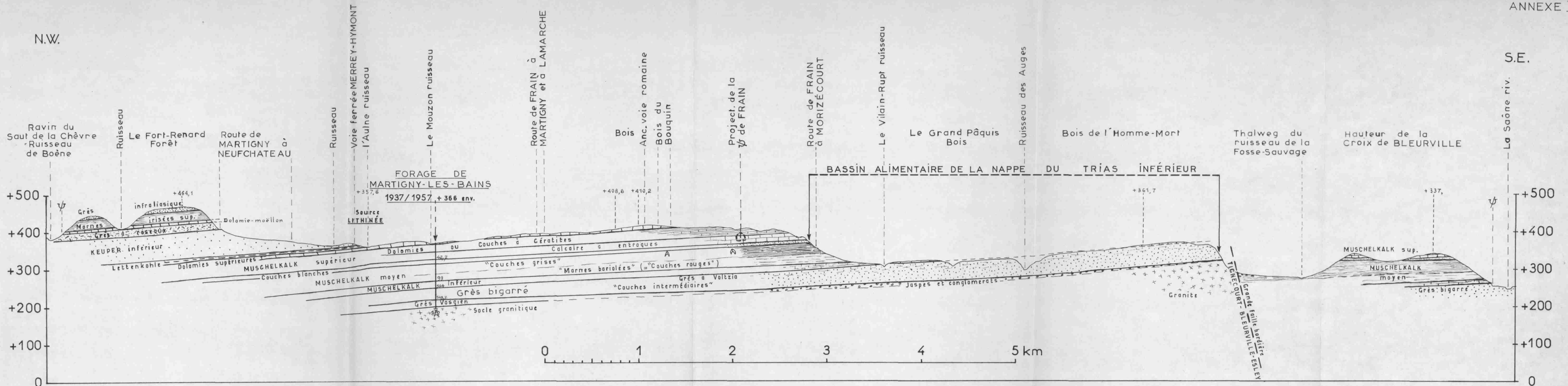
Haut de Grand Roussel

Faïlle majeure de Tignécourt de Beurville

# MARTIGNY-LES-BAINS

N.W.

S.E.

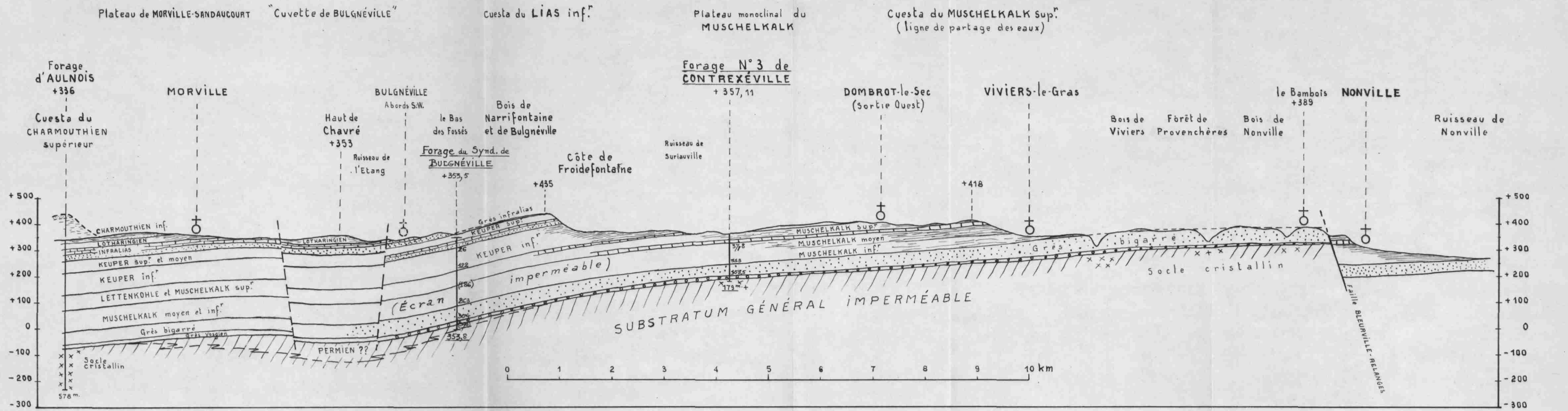


GM. 17-3-59 & 20-7-67  
J.C. 30-10-67

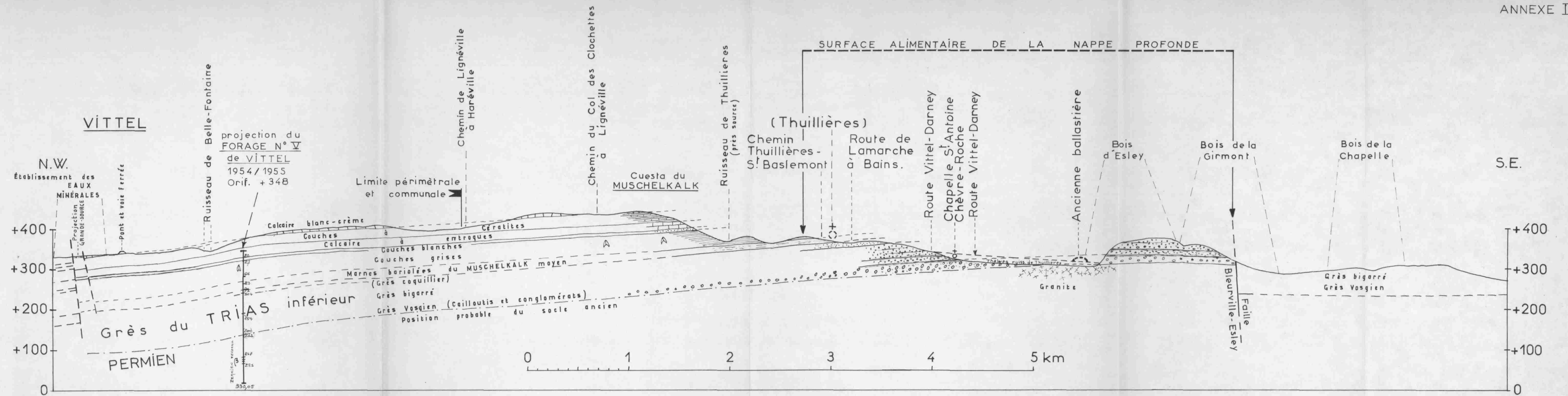
N-W

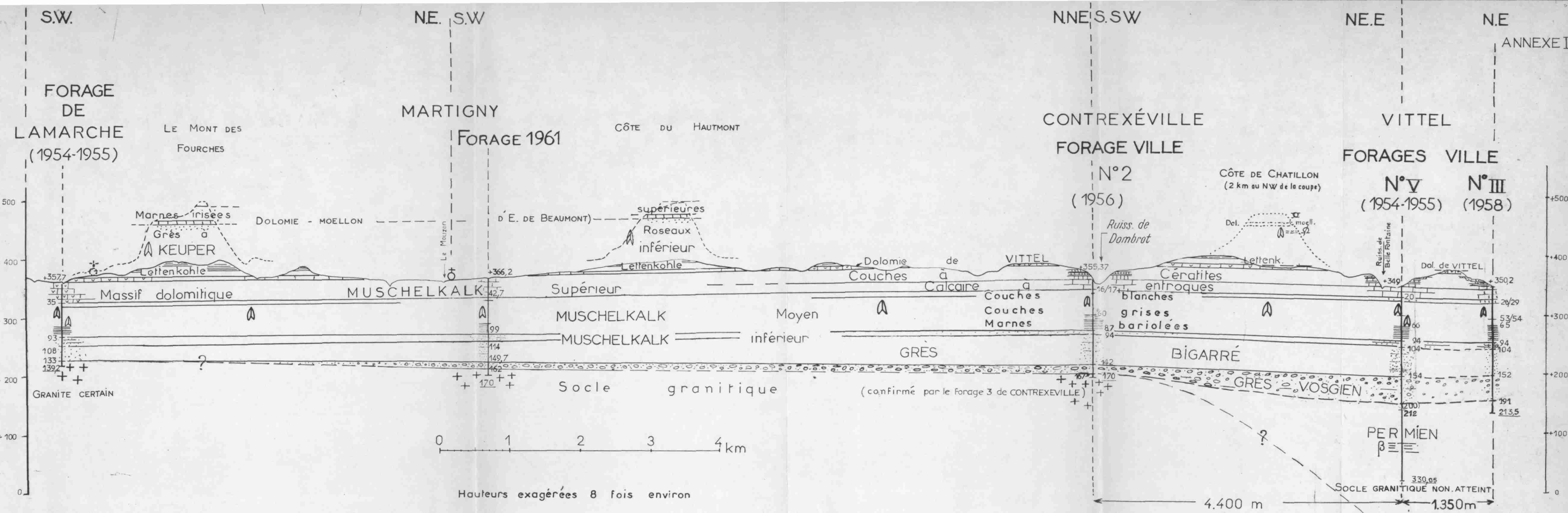
S-E

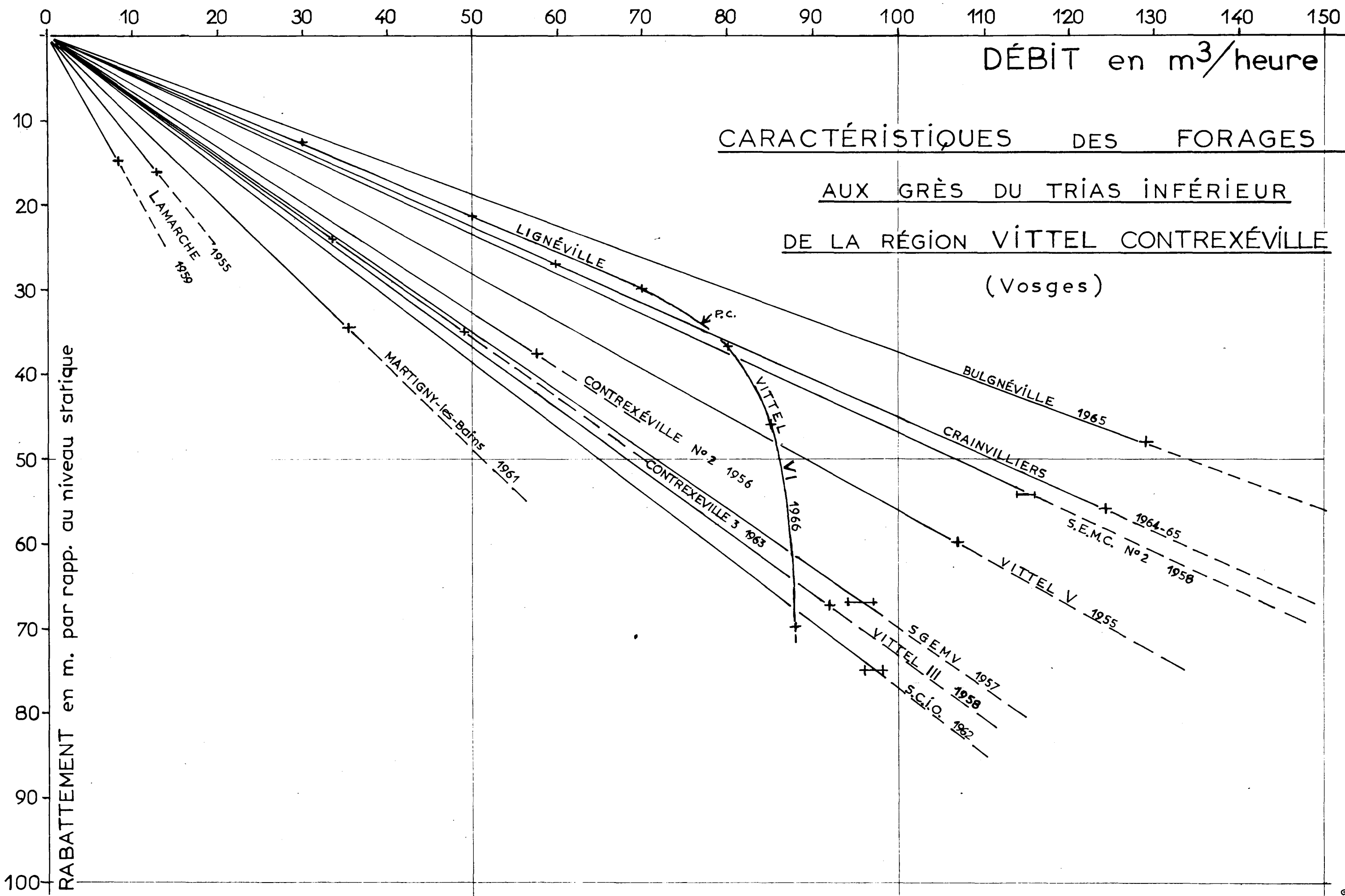
BASSIN ALIMENTAIRE DES NAPPES DU TRIAS INF.<sup>R</sup>



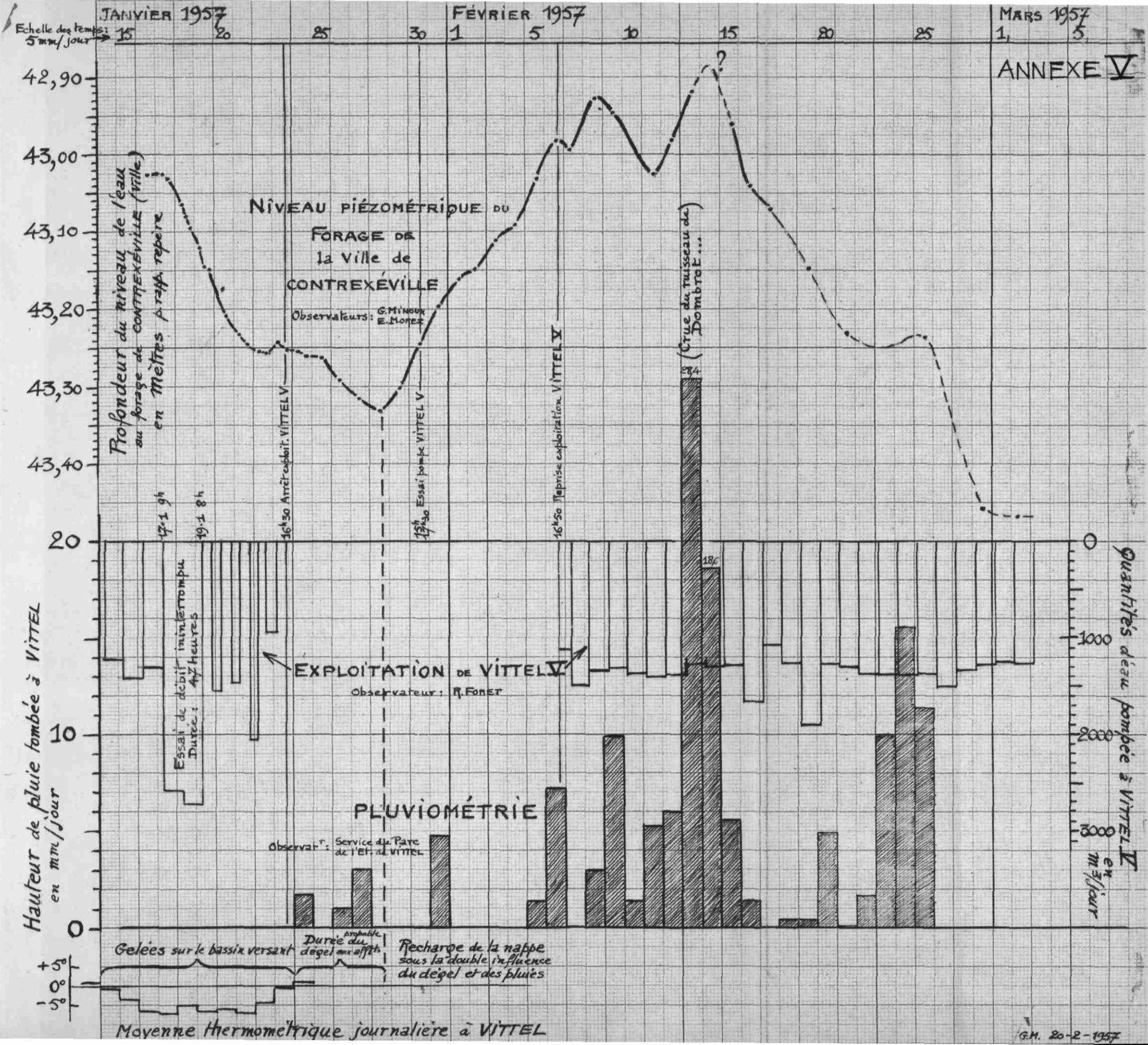
ECHELLES : Hauteur 1/10000 Longueurs 1/50000 (Reliefs et pendages amplifiés 5 fois environ)

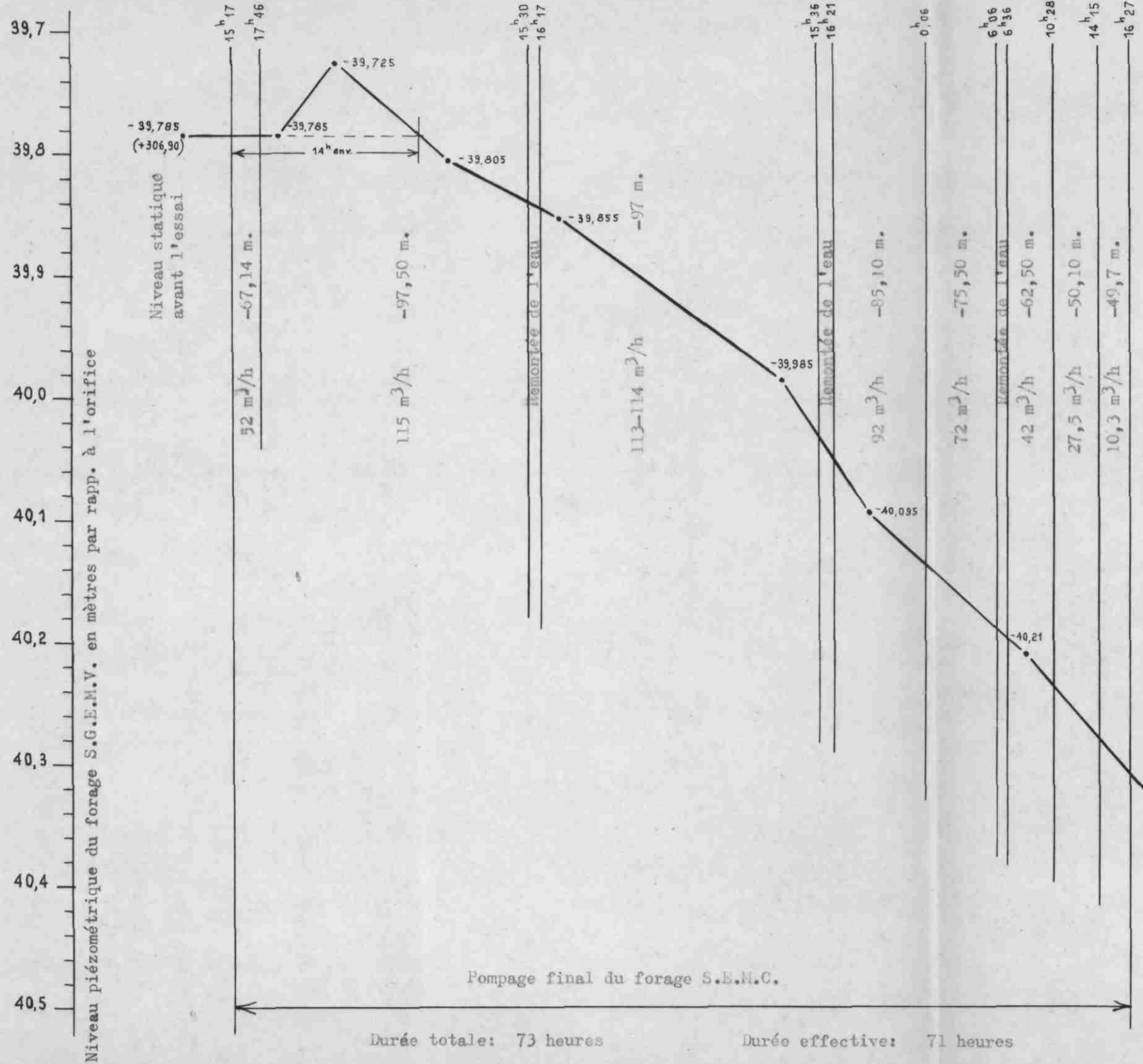
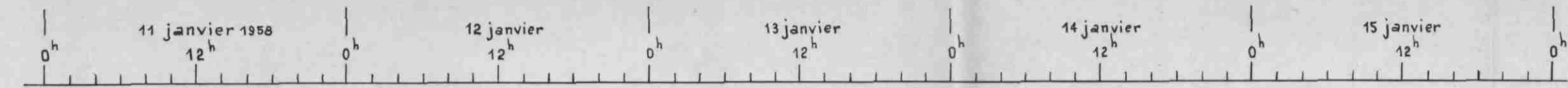






CARACTÉRISTIQUES DES FORAGES A.E.P.I.  
AUX GRÈS DU TRIAS INFÉRIEUR  
DE LA RÉGION VITTELET CONTRÉXÉVILLE  
(Vosges)



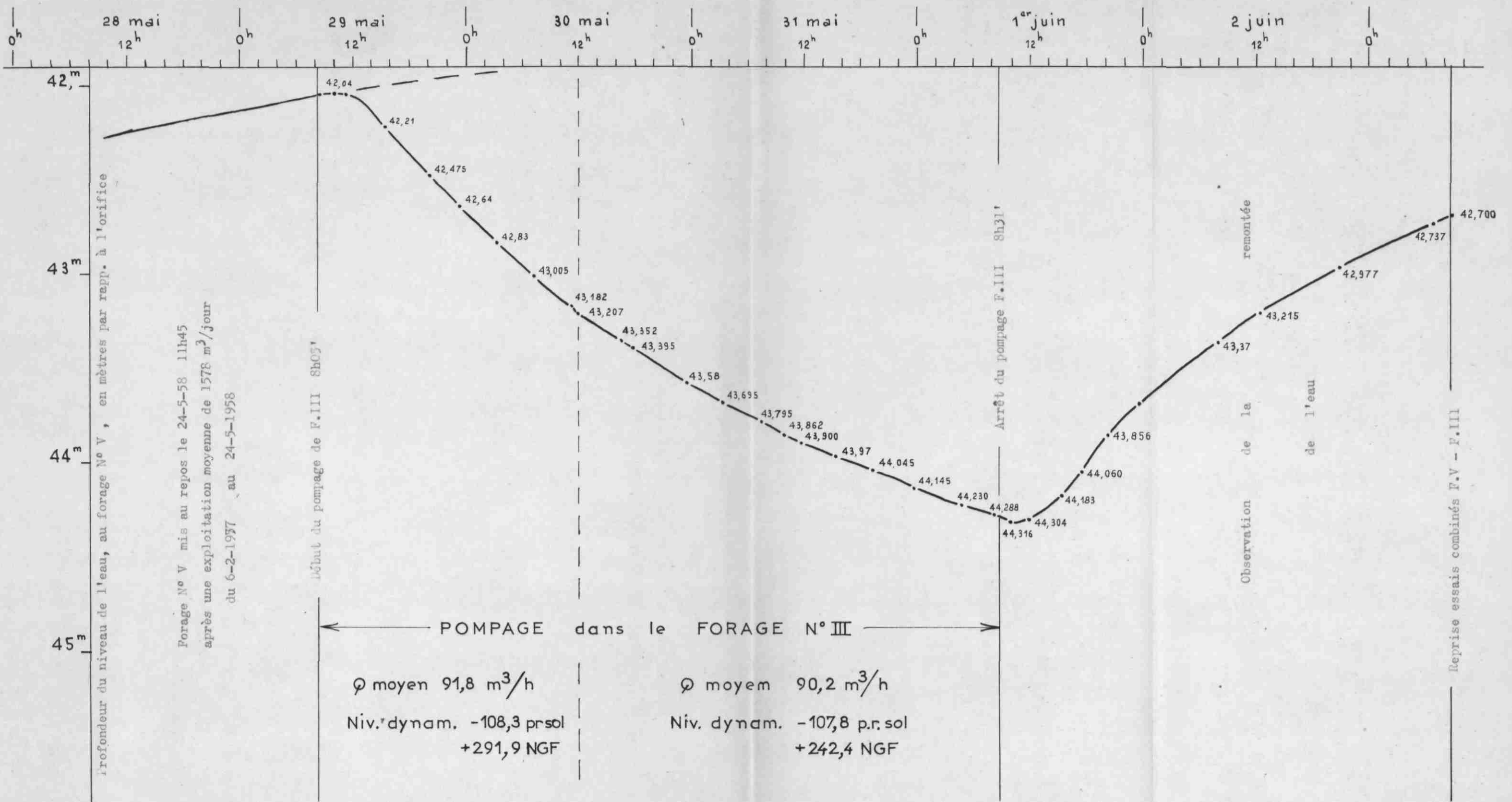


RÉPERCUSSION du POMPAGE FINAL S.E.M.C.  
 ( 11 au 14-1-1958 )  
sur le "piézomètre" S.G.E.M.V.

Pompage final du forage S.E.M.C.

Durée totale: 73 heures      Durée effective: 71 heures

Fin des observations



RÉACTION DU PIÉZOMÈTRE F V VITTEL PENDANT LES ESSAIS DE F III VITTEL 1958

1966

1967

J J A S O N D J F M A M J J A S O N D

ANNEXE VIII

Forage de LIGNÉVILLE (VITTEL VI)

Observations piézométriques 1966-1967

(Mesures du Service technique de la Ville de VITTEL)

observateur: M. BLAISON

Profondeur niveau piézométrique, en mètres par rapport au tube 16<sup>P</sup>  
(+0,5 m % sol)

78

79

Saison thermale

Saison thermale

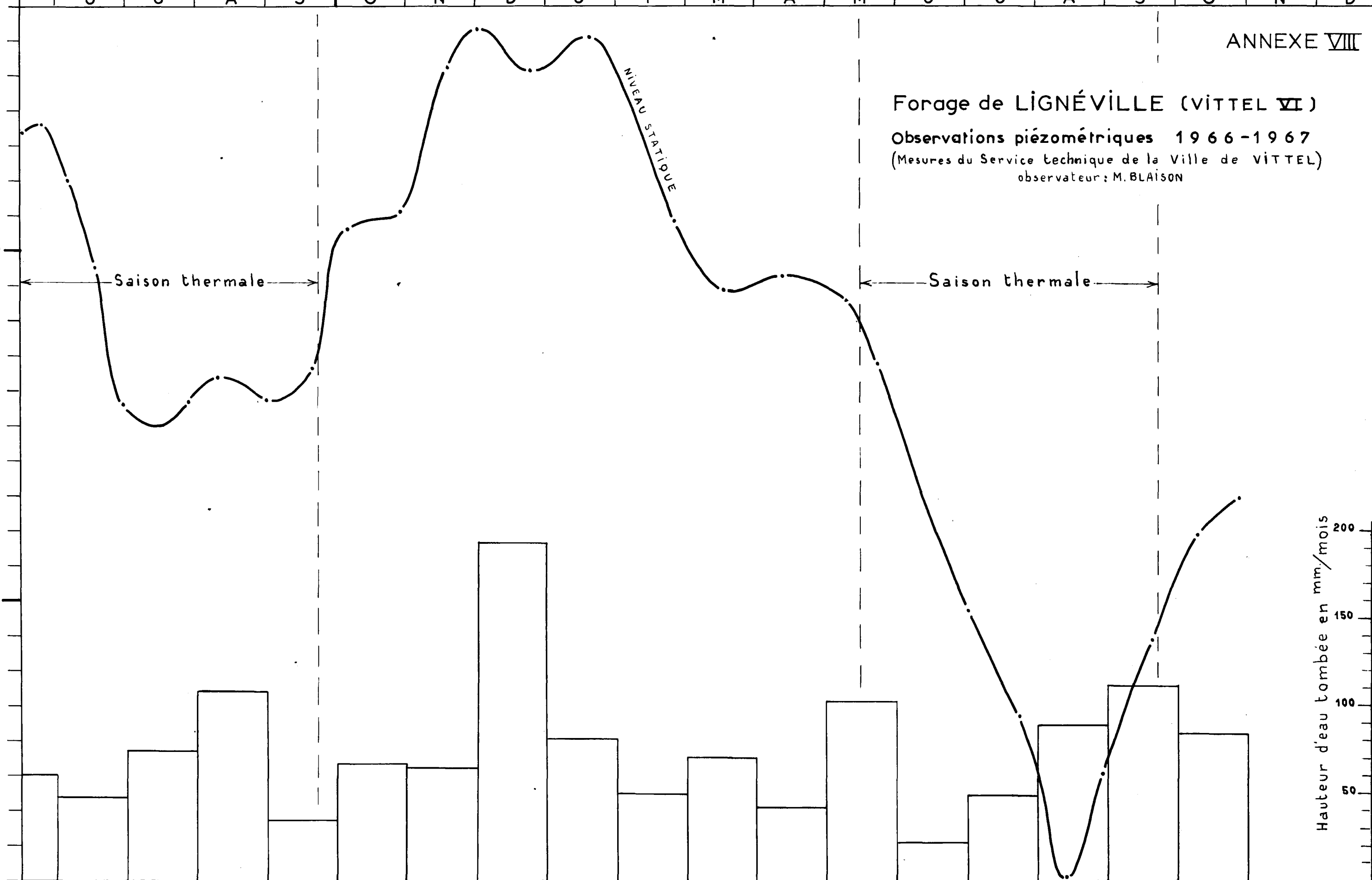
NIVEAU STATIQUE

Hauteur d'eau tombée en mm/mois

200  
150  
100  
50

PLUVIOMÉTRIE

G.M. 16-6 & 3-31-1967



AVANT-PROJET D'ÉTUDE

de la nappe du TRIAS inférieur

de la région VITTEL-CONTREXÉVILLE

LÉGENDE

- Forages profonds A.E.P.
- Stations de jaugeage principales
- " " " auxiliaires
- ⊙ Piézomètres d'observation
- ⊠ Stations pluviométriques et thermométriques

ANNEXE IX

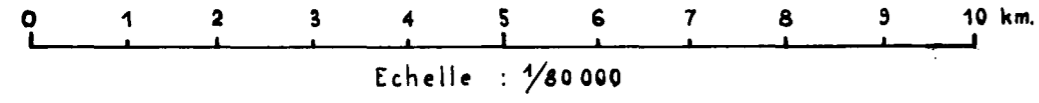
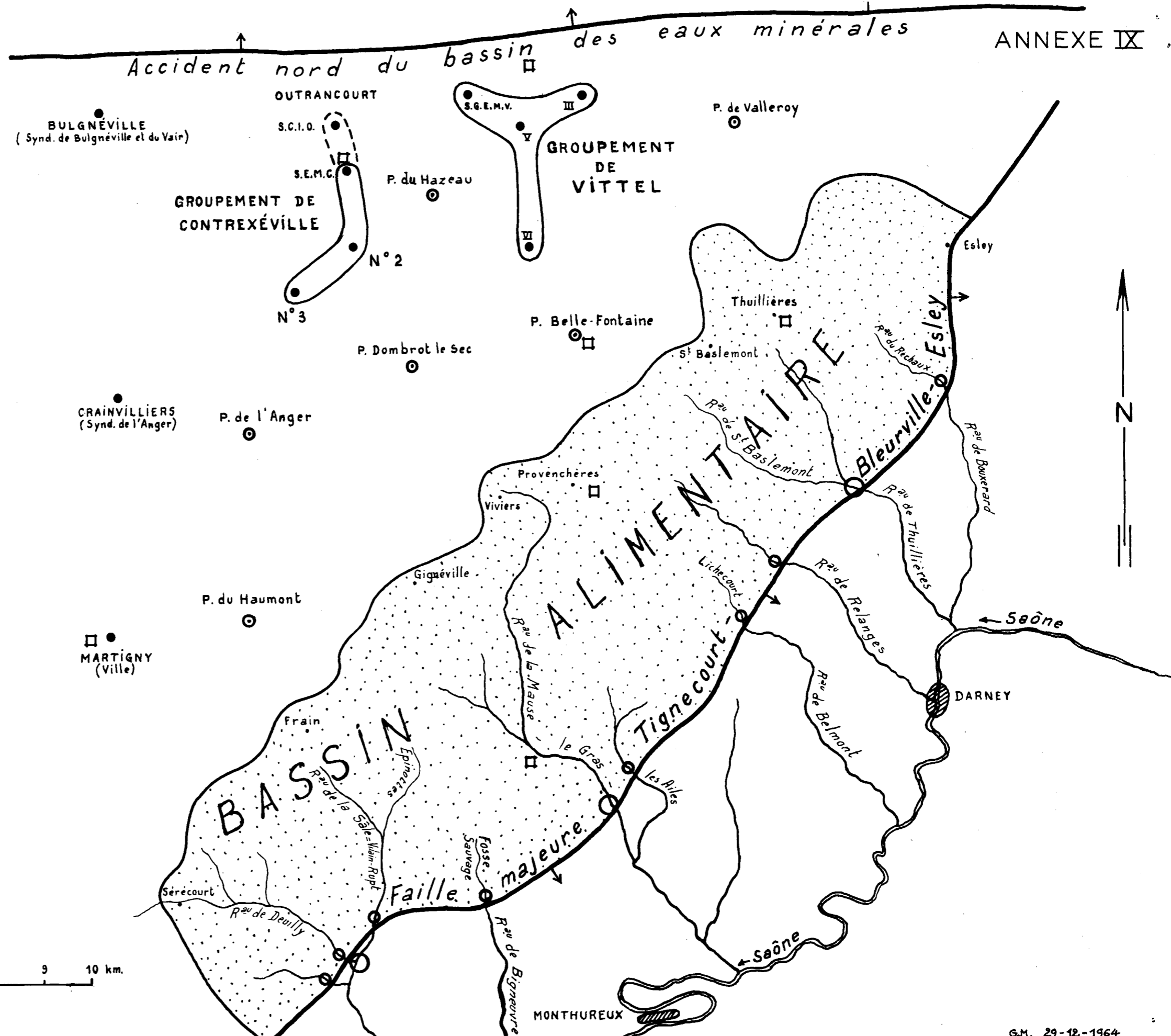
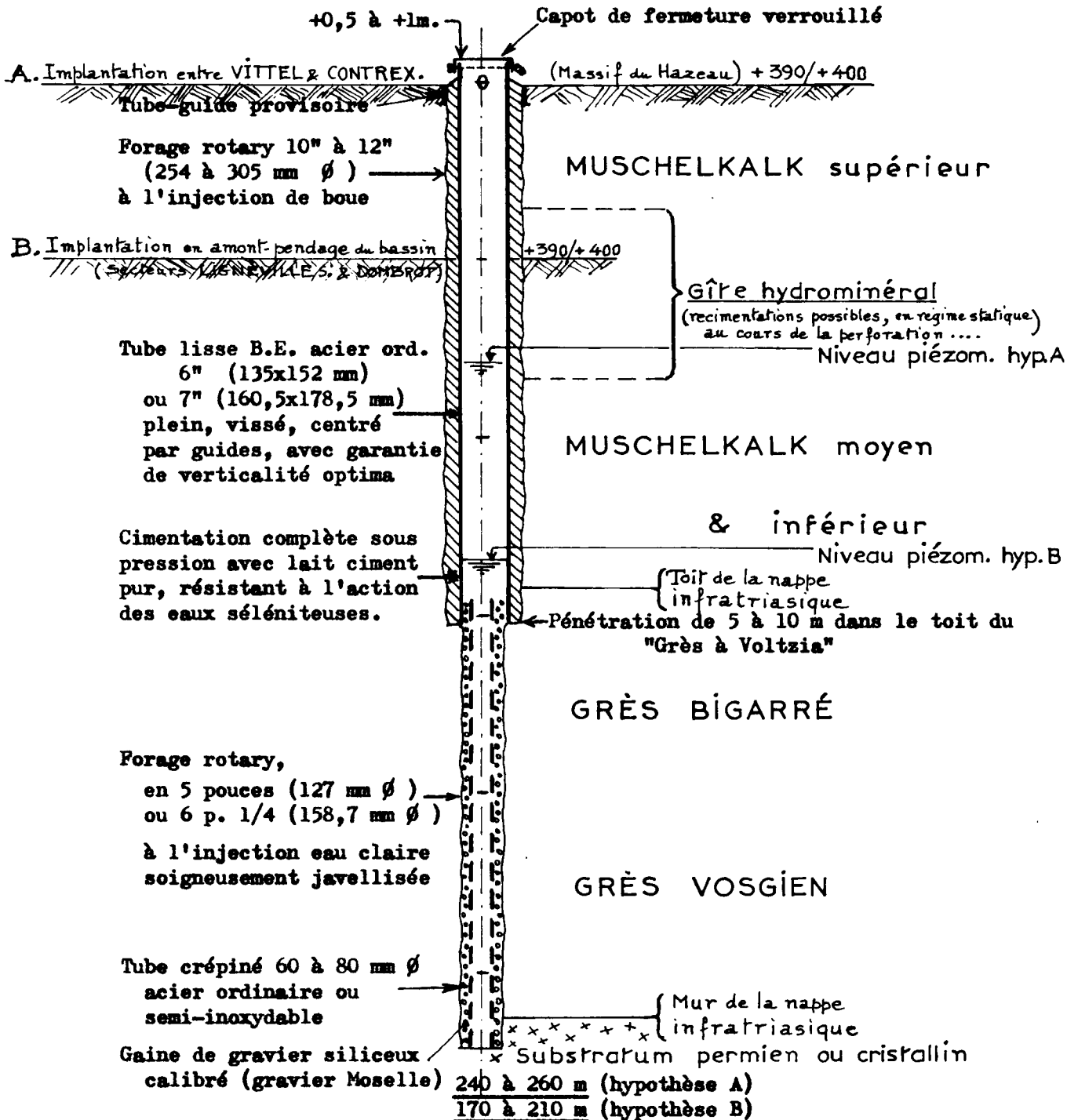


Schéma de principe et avant-projet de réalisation  
d'un forage de contrôle piézométrique  
de la nappe aquifère profonde des grès du TRIAS inférieur  
dans le secteur de VITTEL - CONTREXEVILLE (Vosges)



Nota: Ce type d'ouvrage peut être conçu selon les mêmes principes que les forages d'exploitation, mais en petite section, à l'usage exclusif d'observations piézométriques. Leur utilisation pratique comme captages d'appoint pourrait être toutefois envisagée moyennant un accroissement suffisant des cotes diamétrales.

Station météorologique de VITTEL (Vosges)

Service de protection des végétaux

OBSERVATIONS PLUVIOMÉTRIQUES 1951-1967

TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES 1957-1967

P Hauteur des précipitations mensuelles, en mm

T Température moyenne mensuelle, en °C

Mois Années (* : bissextiles)	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre		Total des précipitat. annuelles Σ P mm	T. moy. annuelle
	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T				
1951	52,1	-	82,0	-	76,0	-	62,5	-	111,6	-	118,0	-	25,8	-	72,6	-	51,5	-	15,5	-	160,5	-	42,0	-	875,2	-
1952*	136,0	-	71,0	-	114,3	-	60,0	-	46,0	-	68,5	-	21,2	-	110,0	-	131,2	-	136,5	-	159,0	-	97,5	-	1151,2	-
1953	5,0	-	36,6	-	4,0	-	30,0	-	52,5	-	159,1	-	122,3	-	28,6	-	71,5	-	31,7	-	17,0	-	19,3	-	577,6	-
1954	45,5	-	36,5	-	65,2	-	53,2	-	59,0	-	39,0	-	60,5	-	194,0	-	90,5	-	80,0	-	56,0	-	92,5	-	871,9	-
1955	150,3	-	113,0	-	44,0	-	11,0	-	83,5	-	87,0	-	135,3	-	21,8*	-	67,1	-	65,6	-	14,0	-	117,1	-	909,7	-
1956*	79,0	-	7,4	-	38,3	-	75,0	-	28,8	-	105,1	-	115,8	-	142,2	-	95,6	-	77,2	-	51,2	-	24,4	-	840,2	-
1957	36,2	-0°15	132,6	+5°71	52,9	+9°29	17,4	(+10°3)	30,6	+12°46	96,5	+19°41	108,4	+20°12	50,0	+18°29	50,2	+14°15	12,6	+10°14	3,7	+5°55	(13,0)	+1°76	604,1	+10°614
1958	53,4	+2°77	160,5	+9°36	42,6	+5°22	49,5	+7°20	117,0	+16°61	82,5	+16°65	55,5	+18°85	89,5	+19°27	85,5	+17°52	67,7	+11°01	61,3	+4°85	119,0	+3°81	984,0	+11°104
1959	138,0	+1°11	4,0	+2°54	85,0	+7°95	87,0	+10°80	32,0	+15°40	66,0	+18°10	28,0	+22°00	38,0	+19°84	15,0	+17°37	44,0	+10°35	71,0	+4°40	50,5	+3°43	658,5	+11°161
1960*	71,0	+0°66	102,0	+2°86	40,5	+7°29	18,0	+9°40	57,0	+15°16	122,0	+19°00	64,0	+17°10	222,0	+18°18	(82)	+13°83	115,0	+10°06	100,0	+6°75	(68)	+0°82	1061,5	+10°109
1961	108,0	+2°26	80,0	+4°57	27,0	+6°87	89,0	+12°53	78,0	+11°92	71,0	+16°23	84,0	+16°97	55,0	+17°43	28,0	+18°90	120,0	+11°23	74,0	+3°38	116,0	+1°26	930,0	+10°316
1962	123,0	+2°52	76,0	+0°48	101,0	+1°14	95,0	+8°55	127,0	+10°37	1,0	+15°40	50,5	+16°58	41,5	+18°60	88,5	+14°08	22,5	+10°16	32,0	2°10	77,5	-2°42	835,5	+8°174
1963	40,0	-4°97	27,0	-4°41	94,0	+3°55	50,5	+8°30	79,5	+11°24	95,3	+15°47	36,3	+17°37	177,9	+15°69	37,4	+14°02	31,5	+8°34	142,9	+7°20	9,4	-3°19	821,7	+7°454
1964*	36,4	-3°78	26,9	+2°24	87,1	+2°27	47,4	+8°08	24,1	+13°06	30,5	+16°77	13,6	+19°23	72,5	+16°86	116,0	+14°50	69,7	+6°85	82,0	+4°13	24,5	-1°00	622,3	+8°130
1965	124,0	+0°71	30,0	-1°89	126,0	+4°06	96,0	+6°07	67,0	+11°00	70,0	+14°32	74,0	+14°84	51,0	+15°71	132,5	+11°60	53,0	+8°61	108,0	+2°47	202,0	+1°68	1133,5	+7°487
1966	71,0	-3°56	86,0	+5°02	62,6	+2°89	83,7	+9°5	62,7	+13°31	50,0	+16°92	76,5	+15°68	110,8	+15°66	37,0	+15°15	69,0	+13°58	67,0	+2°52	196,0	+2°35	972,3	+9°131
1967	83,0	+0°82	52,0	+3°46	73,0	+6°40	44,0	+7°10	105,0	+13°80	24,0	+15°68	51,0		91,4		114,0		86,0		127,0		109,0		959,4	

DATES ET DUREES DES DIVERS REGIMES DES ESSAIS DE RECEPTION  
OU DE MISE EN EXPLOITATION DES FORAGES AU TRIAS INFERIEUR  
DE LA REGION VITTEL-CONTREXEVILLE-LAMARCHE (Vosges)

<u>Numéro et désignation de l'ouvrage</u>	<u>Date de l'essai</u>	<u>Durée totale effective</u>	<u>N° d'ordre et durée de chaque régime (coordonnées <math>Q=f(h)</math> des points conjugués indiqués dans le tableau face page 16.</u> - <u>Observations</u>
1 VITTEL V	26-8/15-9-55 5-6-1958  9/11-5-1960	477 <sup>h</sup> - 51 <sup>h</sup> 30'	Régime unique pendant 477 <sup>h</sup> Point conjugué observé en cours d'exploitation et en cours de pompage combiné avec VITTEL III Régime unique pendant 51 <sup>h</sup> 30'
2 LAMARCHE	22/25-8-1955   9/12-3-1959	64 <sup>h</sup> 45'   71 <sup>h</sup> 25'	R <sub>0</sub> 10 <sup>h</sup> 30' R <sub>1</sub> 13 <sup>h</sup> 15' R <sub>1</sub> bis 19 <sup>h</sup> 30' R <sub>2</sub> 21 <sup>h</sup> 30'  R <sub>1</sub> 24 <sup>h</sup> 04' R <sub>2</sub> 22 <sup>h</sup> 06' R <sub>3</sub> 25 <sup>h</sup> 13'
3 CONTREXEVILLE N° 2	19/25-12-56	147 <sup>h</sup>	R <sub>1</sub> 24 <sup>h</sup> 44' R <sub>2</sub> 31 <sup>h</sup> 17' R <sub>3</sub> 39 <sup>h</sup> 28' R <sub>4</sub> 21 <sup>h</sup> 40' R <sub>5</sub> 7 <sup>h</sup> 50' R <sub>6</sub> 12 <sup>h</sup> 37' R <sub>7</sub> 9 <sup>h</sup> 23'
4 S.G.E.M.V.	6/9-4-1957	72 <sup>h</sup> 22'	R <sub>1</sub> 48 <sup>h</sup> 34' R <sub>2</sub> 8 <sup>h</sup> 45' R <sub>3</sub> 4 <sup>h</sup> 55' R <sub>4</sub> 5 <sup>h</sup> 57' R <sub>5</sub> 4 <sup>h</sup> 21'

<u>Numéro et désignation de l'ouvrage</u>	<u>Date de l'essai</u>	<u>Durée totale effective</u>	<u>N° d'ordre et durée de chaque régime</u>	<u>- Observations</u>
5 S.E.M.C. 2	11/14-1-1958	71 <sup>h</sup> 08'	R <sub>1</sub> 2 <sup>h</sup> 29' R <sub>2</sub> 21 <sup>h</sup> 44' +23 <sup>h</sup> 19' R <sub>3</sub> 7 <sup>h</sup> 45' R <sub>4</sub> 6 <sup>h</sup> 00' R <sub>5</sub> 3 <sup>h</sup> 52' R <sub>6</sub> +R <sub>7</sub> 5 <sup>h</sup> 59'	
6 VITTEL III	29-5/1-6-58	72 <sup>h</sup> 26'	Régime unique sans interruption (FV au repos)	
	3/6-6-1958	72 <sup>h</sup> 56'	R <sub>1</sub> 25 <sup>h</sup> 56' R <sub>2</sub> 47 <sup>h</sup> 00' } (essai combiné FIII-FV)	
	4/9-5-1960	116 <sup>h</sup> 05'	R <sub>1</sub> 77 <sup>h</sup> 28' R <sub>2</sub> 38 <sup>h</sup> 37' } (essai mise en exploitation - FV au repos)	
	9/11-5-1960	42 <sup>h</sup> 00'	Régime unique sans interruption (pompe combiné avec FV)	
7 MARTIGNY	13/14-11-1961	15 <sup>h</sup> 49'	Régime unique au maximum de la pompe d'essai	
8 S.C.I.O. OUTRANCOURT	3/6-1-1962	72 <sup>h</sup> 00'	R <sub>1</sub> 1 <sup>h</sup> 27' R <sub>2</sub> 7 <sup>h</sup> 00' R <sub>3</sub> 10 <sup>h</sup> 07' R <sub>4</sub> 53 <sup>h</sup> 26'	
9 CONTREXEVILLE N° 3 (Suriauville)	18/22-6-1963	82 <sup>h</sup> 55'	R <sub>1</sub> 48 <sup>h</sup> 37' R <sub>2</sub> 22 <sup>h</sup> 10' R <sub>3</sub> 12 <sup>h</sup> 08'	

<u>N° et désignation de l'ouvrage</u>	<u>Date de l'essai</u>	<u>Durée totale effective</u>	<u>N° d'ordre et durée de chaque régime</u>	<u>Observations</u>
10 CRAINVILLIERS	28/31-12-64	72 <sup>h</sup> 19'	R <sub>0</sub> 0 <sup>h</sup> 41'	(réglages)
	15/17-3-1965	48 <sup>h</sup> 14'	R <sub>1</sub> 45 <sup>h</sup> 10' R <sub>2</sub> 26 <sup>h</sup> 28'	
11 Moulin de NORROY	9/13-8-1965	94 <sup>h</sup> 40'	R <sub>0</sub> 0 <sup>h</sup> 24'	(réglages)
			R <sub>1</sub> 43 <sup>h</sup> 26' R <sub>2</sub> 4 <sup>h</sup> 24'	
12 BULGNEVILLE	9/13-4-1965	83 <sup>h</sup> 12'	R <sub>1</sub> 5 <sup>h</sup> 30'	R <sub>4</sub> 24 <sup>h</sup> 00'
			R <sub>2</sub> 17 <sup>h</sup> 40' R <sub>3</sub> 24 <sup>h</sup> 00'	R <sub>5</sub> 18 <sup>h</sup> 00' R <sub>6</sub> 5 <sup>h</sup> 50'
13 LIGNEVILLE (VITTEL N°6)	2/9-5-1966	108 <sup>h</sup>	R <sub>1</sub> 1 <sup>h</sup> 15' R <sub>2</sub> 5 <sup>h</sup> 28' R <sub>3</sub> 2 <sup>h</sup> 57' R <sub>4</sub> 16 <sup>h</sup> 25' R <sub>5</sub> 10 <sup>h</sup> 54'	1 <sup>ère</sup> partie
			Arrêts pour panne de pompe -----	
			R <sub>6</sub> 0 <sup>h</sup> 11' R <sub>7</sub> 0 <sup>h</sup> 43' R <sub>8</sub> 0 <sup>h</sup> 54'	Essais de pompe régimes non stabilisés
			R <sub>9</sub> 25 <sup>h</sup> 27' R <sub>10</sub> 13 <sup>h</sup> 56' R <sub>10</sub> bis 0 <sup>h</sup> 34 (essai pompe) R <sub>11</sub> 10 <sup>h</sup> 17' R <sub>12</sub> 13 <sup>h</sup> 15' R <sub>12</sub> bis 6 <sup>h</sup> 04' (régimes variés non stch)	2 <sup>ème</sup> partie