

- J. P. DESTOMBES -

Etude géologique et hydrologique
du bassin thermal de
BOURBON - LANCY (Saône et Loire)
Rapport principal

15 Mai 1954

15 MAI 1954

T A B L E

	Pages
BUT ET RESUME DE L'ETUDE.....	1
INTRODUCTION.....	2
CHAPITRE I : Etude géologique	4
Locale	4
Régionale	16
CHAPITRE II : Etude hydrologique	24
CHAPITRE III : Réaménagement	48
RESUME DE L'ETUDE-- CONCLUSION	57
TABLE DES FIGURES ET DES ANNEXES	61

BUT ET RESUME DE L'ETUDE

Sur le conseil de Monsieur l'Ingénieur en chef des mines de DIJON, la ville de Bourbon-Lancy a demandé au B.R.G.G.M. de procéder à une étude géologique et hydrologique détaillée de son gisement hydrothermal, cette étude devant servir de base à un programme éventuel d'aménagement des captages et des Thermes.

Désigné par la Direction du B.R.G.G.M. pour accomplir cette mission, je me suis rendu à Bourbon-Lancy au début, puis à la fin de Décembre 1953.

Les différents travaux préconisés, et en particulier la mise à sec des puits, ont permis d'établir sur des bases géologiques, un certain nombre de hypothèses sur le mode d'arrivée des eaux aux puits et sur les pertes d'eaux thermales qui dégradent le gisement.

Le manque de profondeur des captages apparaît comme le facteur le plus important de la carence des débits ; l'absence de revêtement du puits du Limbe et la charge des eaux sur les griffons, semblent par ailleurs nuire à leur fonctionnement normal.

Les différentes mesures préconisées pour tirer des sources un débit notablement supérieur au débit actuel sont exposées dans ce rapport

Ce sont essentiellement :

- Le recaptage du puits Descures, le captage de la nouvelle source apparue à la sole du bassin de réfrigération.
- L'isolement éventuel, après essais des débits correspondants, de la cavité inférieure du Limbe, actuellement nu.
- Le fonctionnement des puits à écoulement libre, à des niveaux notablement inférieurs aux niveaux actuels.

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

DU BASSIN THERMAL DE BOURBON-LANCY (Saône et Loire)

Rapport principal J.P. DESTOMBES 15 mai 1954.

Introduction.

Le rapport préliminaire du 4 décembre 1953 (A 579) établi à la suite d'une première visite à Bourbon suggérait les dispositions nécessaires pour permettre une étude détaillée des conditions géologiques des émergences, observations indispensables pour l'étude demandée. Je résume ici ce rapport :

L'aménagement des griffons en vue d'obtenir un débit nettement supérieur au débit actuel, qui est d'environ 300 m³ par jour, aussi bien que tout travail éventuel de recaptage, exigent la connaissance des conditions géologiques précises des émergences actuelles. Un pompage exécuté lors de ma visite n'a pu descendre le plan d'eau du puits principal du Limbe à un niveau tel que l'observation du rocher puisse se faire.

D'autre part, le dyke de roche éruptive, fracturé, qui limite les Bains à l'Est et contre lequel s'appuient les cinq sources n'apparaît pas correspondre en première analyse, au filon de quartz dessiné et décrit par Michel-Lévy ; comme soulignant la faille majeure, ni par sa nature, ni par sa direction ; des travaux locaux se sont donc révélés nécessaires pour situer exactement le passage de cette grande dislocation tectonique Limagne - Morvan, dans la région de l'Etablissement Thermal.

Enfin des mesures de débits, de températures, ainsi que des analyses chimiques des différentes sources à différents niveaux d'équilibre, mesures s'échelonnant depuis plus d'un siècle ont révélé une certaine constance de ces caractéristiques ; les mesures à niveaux déprimés de 2 mètres par rapport aux ni-

veaux actuels montrant toujours, en particulier, une très nette et constante amélioration des débits, malgré un important encroûtement des griffons qui n'a certainement pas diminué avec le temps.

Il est ainsi apparu que le pompage à sec des différents puits de l'Etablissement ne présentait pas de danger sérieux et qu'il permettrait, en même temps que l'observation géologique, des curages et des réfections provisoires ainsi que des mesures à des niveaux variables.

Ce rapport préliminaire concluait donc à la nécessité de la mise à sec par pompage de chacun des puits ; il envisageait également le fonçage de quelques tranchées de reconnaissance dans le parc de l'Etablissement : coupes locales destinées à reconnaître, sous les terrains de recouvrement, la nature des terrains en place et en particulier, le passage de la faille Morvan-Limagne, chenal probable des eaux thermales.

Les travaux préconisés de nettoyage des griffons et de pompage, conduits par Monsieur GUIGLI, Ingénieur T.P.E. des Mines à Montceau-les-Mines, ont effectivement permis en même temps que la mise à sec et l'observation des griffons, de procéder à certains réaménagements provisoires du puits principal du Limbe ; des mesures ont été faites dans les conditions nouvelles d'émergence.

Le présent rapport composé de trois parties exposera :

- 1°) les conditions géologiques des émergences et le cadre régional dans lequel ces émergences sont situées
- 2°) l'hydrologie des différentes sources
- 3°) les moyens à envisager pour augmenter les débits actuels

CHAPITRE I

A- Etude géologique des sources thermales et des environs immédiats de l'Etablissement des Bains

Un dyke de roche éruptive à face Nord-Ouest abrupte, constitue un gradin haut de sept à huit mètres limitant la cour des Etablissements des Bains, en contre bas des habitations et pâturages situés vers le Sud-Est (figure 1).

L'épaisseur de ce dyke au droit de l'Etablissement est au moins de l'ordre de Vingt mètres ainsi que le montrent ses affleurements recoupés par la rue du Bel Air bordant l'Etablissement au Nord-Est. La nature de cette roche et son mode de gisement seront étudiés un peu plus loin.

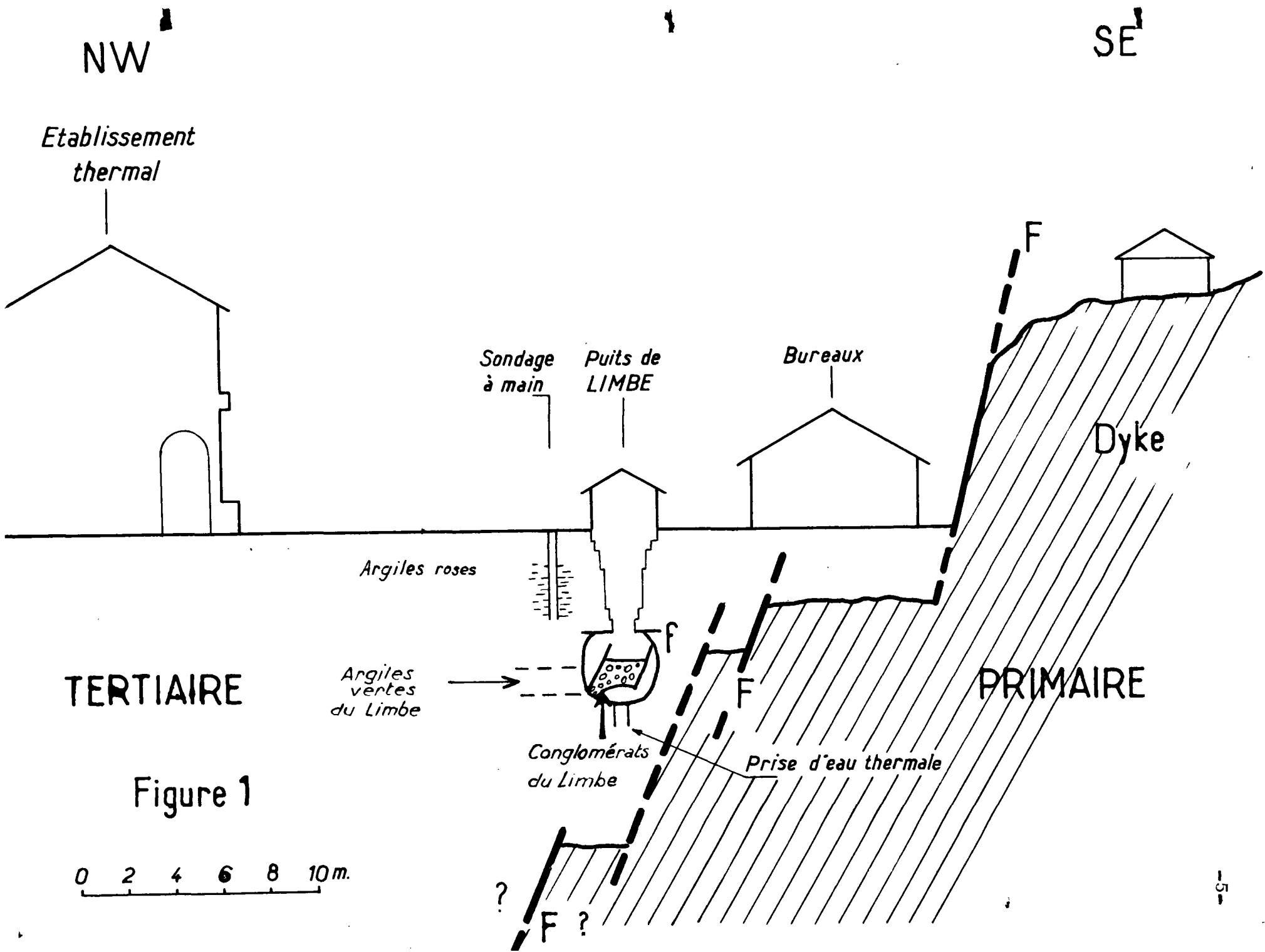
Les cinq puits thermaux actuellement en service sont disposés suivant le schéma de la figure 2 (Planche 1).

Le puits principal dit du Limbe est au plus loin du dyke à une distance moyenne d'environ 8 mètres, l'élongation totale Limbe-Descures étant d'environ 50 mètres. La cour des Bains, à l'altitude moyenne de 241 mètres, ne montre pas d'autres affleurements que celui du dyke. Les puits sont largement ouverts et de profondeurs variables, la partie supérieure étant revêtue ; le niveau actuel du déversement libre des eaux, est à peu près au niveau de la cour (1).

La nature du rocher du fond du Limbe telle qu'elle est décrite dans un croquis sommaire du à Delafond (2) serait une alternance de grès et de schistes ("Roche de Grauwacke").

(1) Sauf pour celui de la Reine situé un peu plus haut.

(2) Rapport du 5 septembre 1883. Service des Mines de Dijon.



Le vidage des puits par pompage pour l'examen des griffons est une opération délicate qui doit être étudiée préalablement aussi bien pour la mise en oeuvre du matériel nécessaire à la mise à sec du puits le plus profond (les données de Delafont pour le Limbe indiquaient environ 7 mètres), que pour la sûreté de ne pas troubler par de telles dépressions brutales sur les griffons, le régime ultérieur des sources. Lors de ma première visite à Bourbon le 1er décembre 1953, j'avais donc pris connaissance des rapports des Ingénieurs des Mines qui avaient exercés sur les puits leur contrôle habituel ainsi que d'une documentation fournie sur place par le Secrétariat de l'Hospice-Hopital, propriétaires et commettants des travaux d'entretien des puits.

En accord avec M. GUIGLI, j'avais ainsi demandé dès cette époque que le puits du Limbe soit vidé pour que le fond rocheux puisse être examiné, cette opération ne paraissant pas devoir entraîner de perturbations ultérieures dans le puits thermal ; mais les pompes utilisées ne permirent pas d'atteindre la dépression nécessaire au vidage complet.

Sous une maçonnerie, à laquelle les anciens rapports des Mines attribuent un âge romain, encombrée de conferves (3), il ne fut pas possible d'examiner le rocher, totalement encroûté sur une épaisseur d'au moins dix centimètres par un travertin calcaro-argileux. Deux chenaux purent cependant être repérés dirigés vers le dyke, (Sud-Est) suggérant à priori une alimentation, au moins partielle, dans cette direction.

Cette première visite confirmait en outre les mensurations du puits données par Delafont lors d'un pompage incomplet qui ne lui permit d'ailleurs pas davantage qu'à nous-même l'observation de la nature exacte du rocher inaltéré (1883).

(3) Algues halothermophiles.

Le matériel mis en oeuvre lors de la deuxième tentative, conduite par M. GUIGLI, permit de mettre à sec le puits.

a) Puits du Limbe

L'arrivée principale des eaux du Limbe se révéla située au fond du puits et vers son centre, par un canal vertical au fond duquel la crépine fut descendue jusqu'à la limite de la dépression et de l'équilibre, le fond argileux du puits restant maintenu à sec.

Les parois et le fond furent désencroutés assez facilement et d'intéressantes observations purent être faites, qui sont décrites ci-dessous (fig. 3)

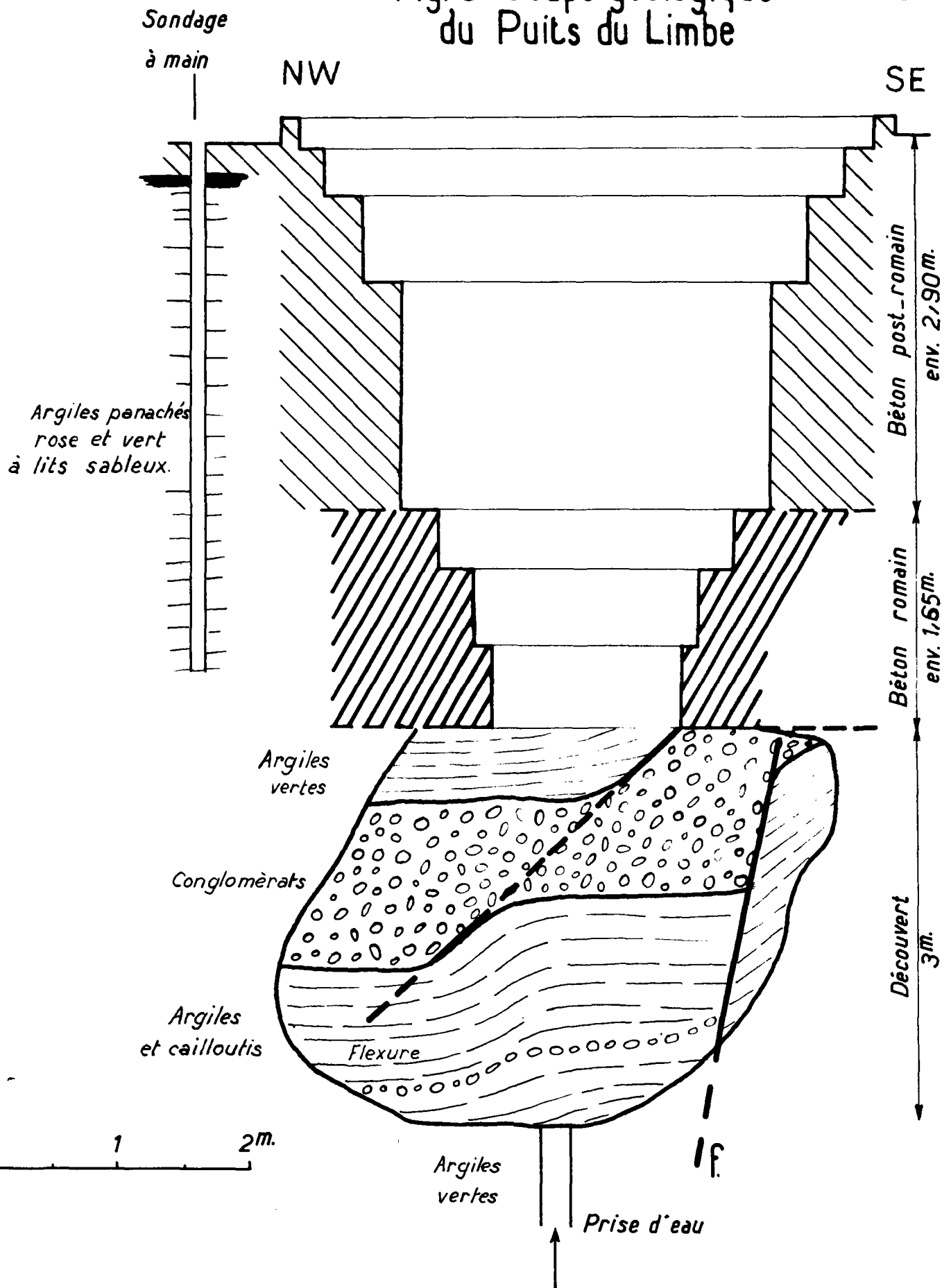
Sous la maçonnerie romaine, et sur toute la hauteur du découvert (3m) règne une argile verte kaolinique micacée d'apparence très fraîche dont la stratification est marquée soit par des lignes de cailloutis fins et anguleux, d'un diamètre d'environ d'un à deux millimètres, soit par un conglomérat à gros éléments (1 à 3cm) mal cimenté épais d'environ 50 centimètres. Conglomérats et argiles sont décalés par deux gradins de failles à regards NW. L'une des failles, marquant le gradin supérieur est aquifère, avec un débit compris entre 0, 25 et 0, 50 litre seconde ; en outre, un suintement existe sur toute la surface du découvert, mais la marge de temps pendant laquelle le puits est resté à sec (9 heures) a paru trop courte pour que ces venues puissent être considérées comme des venues thermales et il n'a pas été prélevé d'échantillons, pour analyse de ces eaux. Il n'est vraisemblable que tout ou partie de ces venues aient été provoquées par la décharge du puits en contre bas de nappes de surface, normalement tenues en pression autour du puits par les eaux chaudes ascensionnelles.

L'étude pétrographique des argiles et conglomérats interstratifié (annexe 1) permet d'en faire l'équivalent des sables granitiques et argiles kaoliniques de la Praye, situés à 1 km au Nord de Bourbon Lancy où elles ont été anciennement exploitées pour tuiles et réfractaires. Elles ont été attribuées au Miocène par Lemoine et Michel-Lévy (4) qui les ont décrites

(4) Lemoine et Michel Levy Bull. Serv. Carte Géol. Fr. t 18, n° 119, 1907-08 p. 54

Fig. 3 Coupe géologique
du Puits du Limbe

-8-



dans les anciennes exploitations régionales.

La couleur vert-bleuâtre des argiles, dans le puits du Limbe, diffère assez sensiblement des argiles de la Praye où leurs affleurements sont jaunes-rougeâtres, coloration due probablement au fer péroxydé qu'elles contiennent. Mais la pyrite extraite des échantillons du puits du Limbe est parfaitement claire et brillante et il ne semble pas douteux que la couleur verte si particulière des argiles du puits soit attribuable à l'effet réducteur des eaux thermales, effet réducteur lié à une teneur en sels ferreux et manganeux confirmée par l'étude hydrologique de Mme Blanquet (5).

J'ai pu recueillir également des ossements et un fragment de moellon plus ou moins pyritisé dans les boues de curage du puits, ce qui ne laisse aucune certitude sur leur gisement d'origine. Au surplus ces fragments examinés par M. l'abbé Lavo-cat ne lui ont pas permis de prendre position sur l'âge du ruminant dont les fragments sont issus, l'évolution de ce groupe n'étant pas significative depuis la fin du Tertiaire.

Un petit sondage à main a été effectué le 30 décembre 1953 à 70 cm du bord de la mergelle et au N. du puits du Limbe pour reconnaître l'épaisseur du revêtement de maçonnerie supérieur du Limbe ; ce sondage n'a rencontré que des argiles roses à verdâtres, kaoliniques, de la même nature que celles du fonds du puits du Limbe, suggérant ainsi que le cour des Bains pouvait avoir ce substratum argilo-sableux au NW du dyke.

L'attribution au Miocène des "sables et argiles kaoliniques" par Lemoine et Michel-Lévy apparaît incontestable. Ils reposent à 1 kilomètre à l'W. en concordance angulaire mais en discordance de stratification sur les "calcaires à phryganes" de l'Aquitainien ; E. Glangeaud a signalé la même superposition dans une terrasse de 70 mètres au-dessus du niveau actuel de l'Allier, avec une faune du Miocène moyen.

Ces formations butent par faille à la Praye contre un filon de roches éruptives très fracturé et silicifié, avec barytine et fluorine.

Il s'agit ici de l'accident Morvan-Limagne qui sera décrit ultérieurement. Ici comme dans la cour de l'Etablissement Thermal, les argiles vertes ont été effondrées vers l'Ouest par la faille dont l'âge est donc au moins Miocène. Les altitudes très différentes des graviers **p**liocènes ont été interprétées sur la feuille d'Autun 2ème édition par les mêmes auteurs comme l'indication de mouvements **p**liocènes. Ce qu'on connaît dans les régions plus méridionales sur les différentes superpositions de coulées basaltiques aux couches fossilifères du Villafranchien autorise à penser que la dislocation Morvan-Limagne aurait eu au moins des rejeux sinon une phase majeure au Pliocène.

Les autres puits thermaux ont été vidés et l'examen du rocher de leurs griffons à pu s'effectuer dans de bonnes conditions

b) Puits St Léger

Le niveau principal émerge de la roche du dyke, schistosée en direction NE (direction du dyke) avec une très forte pente de la schistosité au NW (le rocher est en partie cimenté et il est très probable que tout le fond est une mylonite silicifiée).

c) Puits Valois

Ce puits montre le rocher sur tout le diamètre du fond, seule une petite partie du rocher est cimentée vers le S.E. (fig. 4) On a donc ici non seulement le " contact Morvan-Limagne" dans le fond de ce puits mais une indication de l'épaisseur de la mylonite qui est ici peu importante.

d) Puits La Reine et Descures

Ces puits ne montrent que la roche du dyke diaclasée et silicifiée sous un revêtement de ciment presque complet.

Ces différentes coupes montrent très nettement que la mylonite est dans la cour des Bains parallèle au bord du Dyke, la coupe schématique ci-dessous avec report des différents puits sur la ligne de coupe en direction NW. rend compte de cette interprétation (fig. 5)

Les sondages que François à fait exécuter en 1854 au fond des puits St Léger, Valois et La Reine sont restés dans le rocher

NW

-11-

SE

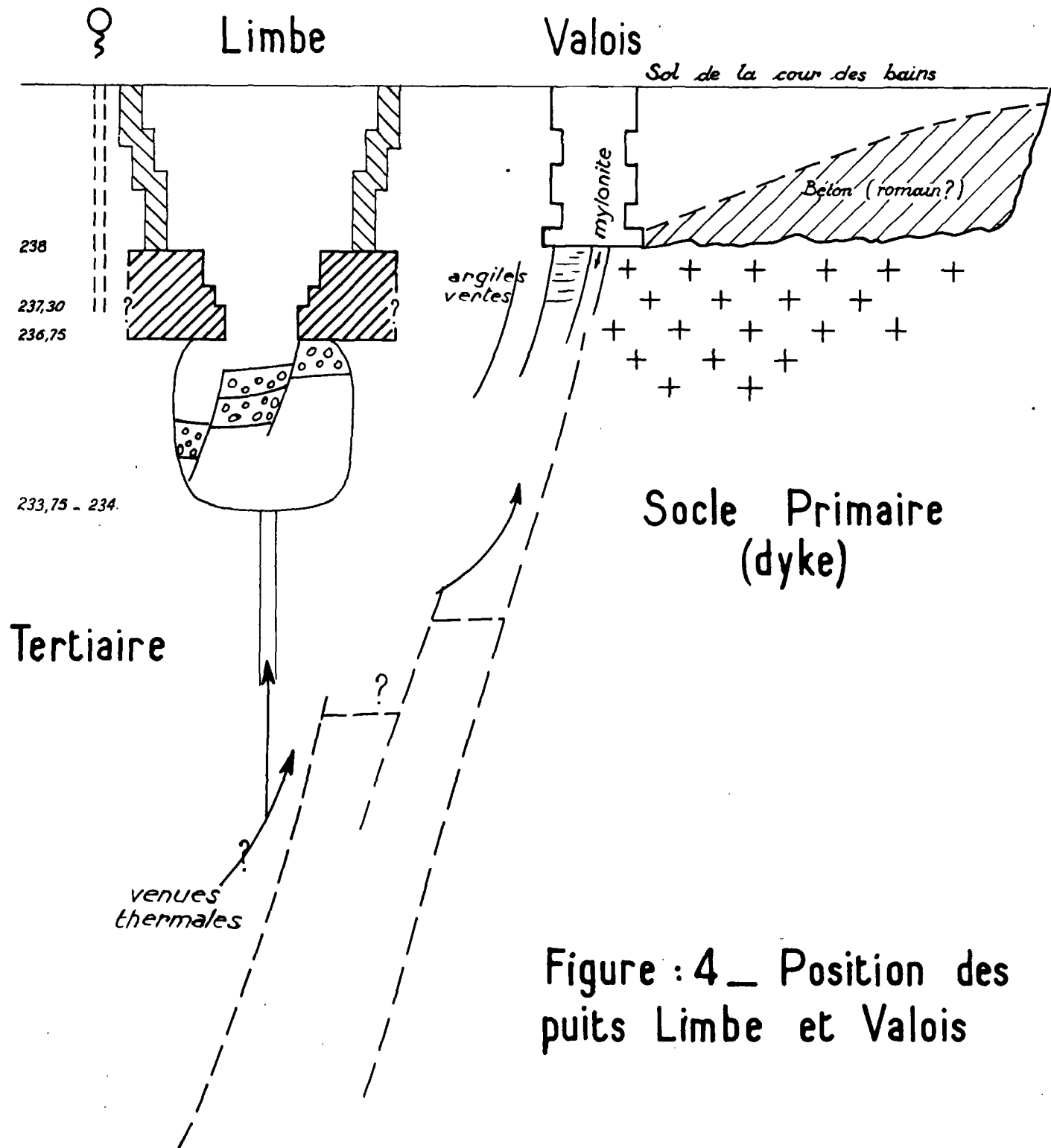
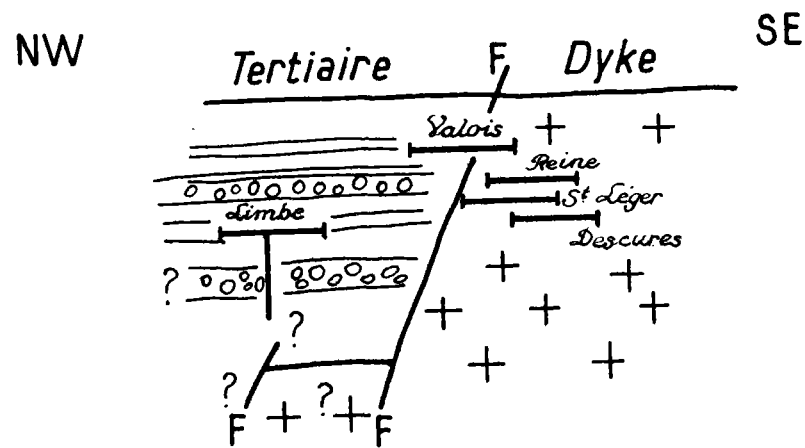


Figure : 4 _ Position des puits Limbe et Valois

Fig.5 Coupe schématique des différents puits par rapport à la faille majeure



confirmant la pente forte ou la subverticalité du rocher, et de la mylonite observée aux affleurements et dans le fond du puits de Valois.

e) Le dyke et les alentours immédiats des sources

La figure 6 montre les affleurements du dyke jusqu'à ses limites d'affleurements visibles au S. Cette limite ne dépasse guère la clôture de la propriété des thermes dans cette direction. C'est une venue épaisse d'une roche relativement basique (microdiorite ou microgabbro - détermination A. Vaysse - avec plagioclases contenant 40 à 60% d'anorthite, pyroxène (ou amphibole) entièrement séricitisés, et du quartz secondaire).

Ce filon, intrusif dans les schistes dévoniens (visibles à quelques centaines de mètres en direction N-E, au cimetière de Bourbon) n'a pas été porté par A. Michel-Lévy sur sa carte géologique de détail, illustrant sa monographie régionale fondamentale par ailleurs (6) ; il figure à sa place un filon de quartz-fluorine en direction N 20° E reconnu plus au N comme tenant la place de la grande discordance Morvan-Limagne. Or, il s'agit bien d'une roche éruptive fracturée en direction N 60° E et fortement silicifiée par des venues hydrothermales récurrentes au cours des différentes orogénèses (7).

Cette direction N 60° E du bord NW du dyke est aussi celle des filons cartographiés par A. Michel-Lévy ainsi que celle des terrains primaires encaissants à l'E de Bourbon, que les venues soient des coulées interstratifiées (albitophyres famenniens) ou des intrusions post tectoniques (roches épigranitiques). La direction du dyke, N 60° E, conformes aux directions des venues éruptives hercyniennes est nous l'avons vu, aberrante par rapport à la direction générale de l'accident tertiaire N 20°, soulignée comme telle, avec raison comme nous le verrons, par A. Michel-Lévy sur ses cartes de détail.

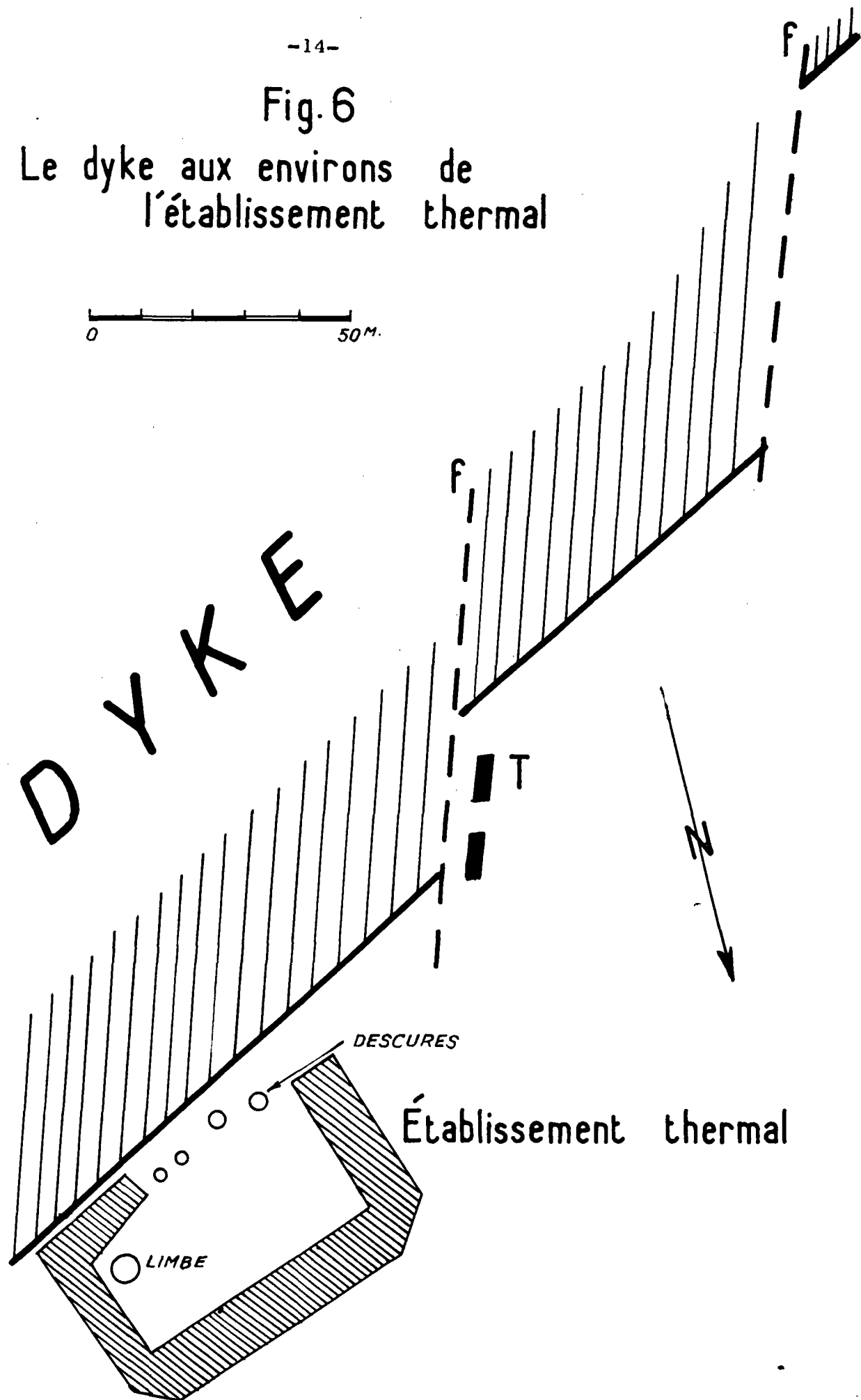
(6) A. Michel-Lévy - Les terrains tertiaires du Morvan et de la Loire B.S.G.F., t. 18, n° 120, 1907.

(7) Toutes les descriptions du dyke thermal parlent d'un filon de quartz, depuis cette détermination erronée de Michel-Lévy. François dès 1854 l'avait nommée : Roche porphyre.

Fig. 6

Le dyke aux environs de
l'établissement thermal

0 50 M.



Or, si partant de la cour des Bains, nous montons sur le plateau, vers le Sud, on constate que des accidents de direction N-NE recoupent le dyke (ses épontes SE restant cachées sous les paturages). Les argiles vertes trouvées dans les tranchées foncées en direction du dyke, au point T du croquis (fig. 6) ne laissent aucun doute sur l'existence d'un tel décrochement en direction N.N.E souligné par les diaclases, miroirs et stries de frictions visibles sur le dyke avec cette direction aux abords du décrochement.

Plus au S le dyke disparaît par décrochement de faille, son épaisseur n'étant pas considérable, mais la direction de l'accident majeur (NNE) au S comme au N de Bourbon, montre bien, comme nous le verrons plus bas, que ces " décrochements " NNE correspondent en réalité à la direction générale de la fracturation tertiaire. En recoupant localement la roche éruptive, plissée avec les schistes (ou intrusive dans les schistes) dans la direction où nous l'avons trouvée (N 60° E) il est extrêmement vraisemblable que l'accident tertiaire majeur a subi une torsion locale et que la mylonite de faille s'est appliquée, comme nous l'avons vu au puits Valois, immédiatement contre le dyke. Les cisaillements de la roche éruptive, encore ouverte par endroits, ont évidemment facilité depuis cette époque les migrations siliceuses dues aux eaux ascendantes sans préjudice des silicifications très probablement antérieures à cette fracturation tardive (hercyniennes).

Au N de l'établissement thermal, il n'est plus possible de suivre en direction le dyke sous les habitations de Bourbon, au-delà des affleurements recoupés par la rue du Bel-Air qui borde les Bains au NE, affleurements qui nous avaient permis de mesurer son épaisseur. Le point le plus près de cet affleurement vers le N est la carrière abandonnée C1 dont il sera parlé plus loin, éloignée de l'Etablissement thermal d'environ 1 km.

B) Géologie de la région de Bourbon-Lancy.

Deux unités géologiques sont parfaitement individualisées aux environs de Bourbon-Lancy comme à l'établissement thermal ; le socle primaire du Morvan à l'E, et la Limagne tertiaire septentrionale à l'W, séparés par une grande dislocation relativement récente, dénivellant "la Limagne" au pied du "Morvan". Les sources thermales ascendantes empruntent cet accident pour venir au jour.

a) le socle primaire

Ce socle est constitué par des schistes famenniens fossilifères, à proximité même de Bourbon (les points indiqués par Michel Lévy ont été facilement retrouvés), et des conglomérats, calcaires, brèches et tufs d'âge carbonifère qui leur sont superposés. Ces assises renferment de nombreuses venues éruptives. On peut observer leur concordance sans métamorphisme de contact pour certaines d'entre elles, comme par exemple au Moulin du Roi où la roche exploitée en carrière est fraîche et permet de tailler de bonnes préparations qui confirment les déterminations de Michel-Lévy. Ces schistes primaires sont par ailleurs injectés parallèlement à leur direction par des roches très diverses : soit acides telles que les "Orthophyres" (Michel-Lévy) du château du Vigneau et des carrières du N de Bourbon, ou plus ou moins basiques, telles que notre dyke thermal ; toutes ces venues intrusives sont liées à la montée du granite de Lucy, d'âge viséen.

L'ensemble de ces couches primaires a été plissé dans une direction qui varie du N, à N 60° E avec des pendages en général peu élevés vers le SE ou le NW ; l'âge du plissement est compris entre l'époque carbonifère et celle de la fin des temps primaires.

Toutes ces formations sont généralement imperméables, les circulations d'eau ne se trouvant facilitées que par les quelques rares grandes cassures récentes, qui s'appliquent le plus souvent sur les discontinuités pétrographiques telles que les contacts des roches éruptives et de leurs épontes.

b) les terrains tertiaires de la Limagne qui flanquent les terrains primaires à l'W, sont d'après Lemoine et Michel-Lévy, de la

base au sommet, pour la zone qui nous intéresse :

- les calcaires à "phryganes", aquitaniens, affleurant sur les berges de la Loire et sur la route de Moulins ;

- les "sables et argiles kaoliniques à cailloutis" bien visibles aux carrières de la Praye et au fond du puits du Limbe d'âge miocène (ou **pliocène**). Ils correspondent aux "sables du Bourbonnais" donnés comme **miopliocènes** sur la feuille Autun 2ème édition au S. de Bourbon.

- des formations sablées dunaires et des alluvions quaternaires.

Les assises de la partie supérieure sont généralement meubles et perméables. Les arguments de superposition de ces différents niveaux ont été discutés par Lemoine et Michel-Lévy, aucune indication contraire n'a été fournie par les observations faites sur le terrain autour de Bourbon.

c) Ces deux grands types de formation sont séparés par la grande faille sur laquelle est bâtie la localité de Bourbon-Lancy .

Un certain nombre d'indications permettent de penser :

- d'une part que cette faille qui paraît avoir un rejet total considérable peut se décomposer en un certain nombre de gradins mineurs à regard W ; Michel Lévy a **précisé** ce dispositif dans une des figures de sa monographie (p. 30) où ces gradins intéressent les bancs arkosiques du Tournaisien, près du cimetière de Bourbon, cette coupe remarquable est encore bien visible actuellement. Les terrains tertiaires peuvent être dénivellés de la même façon et c'est ce qu'on observe effectivement dans le puits du Limbe.

- d'autre part que le tracé de cette faille, apparaissent comme linéaire sur la Carte Géologique des environs de Bourbon, est en réalité aux abords des Bains affecté de décalages en direction, cette disposition pouvant s'interpréter comme nous le verrons par un effet direct des jeux du tréfonds.

Le repérage des affleurements de cette grande dislocation a pu s'effectuer au N. et au S. de Bourbon :

- Par l'observation des carrières ouvertes ou abandonnées dans les terrains tertiaires qui la bordent à l'W. et dans les filons de roches éruptives, minéralisés à son contact.

- par le repérage des "crotchauds" ou sources chaudes, généralement utilisées comme lavoirs domestiques.

La reconnaissance de ces différents points a été faite en compagnie de MM. Carat, géologue au C.E.A. à Grury, et Voisin directeur de l'Etablissement thermal, dans la partie N. et de M. Clère, agriculteur à Surbains, faubourg de Bourbon, dont la partie S.

Au N. de Bourbon, (fig. 7) les carrières anciennement exploitées pour moëllons et aujourd'hui abandonnées, à Bourbon même et à la Praye, ont montré à Michel Lévy (C 1) et à moi-même (C 2, C 3) une roche éruptive broyée et minéralisée en fluorine et abondamment injectée de quartz hydrothermal. A proximité immédiate des carrières de la Praye, on voit encore les carrières abandonnées d'argile kaolinique tertiaire.

Les observations faites par Lemoine et Michel Lévy à La Praye à l'époque des exploitations leur ont permis de préciser l'âge des derniers accidents tectoniques. Cet âge est postérieur au dépôt des formations kaoliniques et sableuses.

" A la Praye, ces sables s'adossent à un filon de quartz exploité pour moëllons, de telle façon qu'il paraîtrait, où qu'ils ont été affectés par la faille qui jalonne de quartz, ou qu'ils se sont déposés le long d'une sorte de falaise formée par ce filon ; cette hypothèse peu vraisemblablement au premier abord, est d'ailleurs contredite par plusieurs faits : la stratification en ce point est extrêmement tranquille, c'est dans cette carrière d'autre part que les argiles kaoliniques sont le plus pures et le moins chargées de sable, rien n'accuse donc des conditions littorales" (L et M.L. p. 28)

L'observation directe de failles à regard NW rejetant ces argiles en contre-bas du dyke a été faite, rappelons-le dans le puits du Limbe.

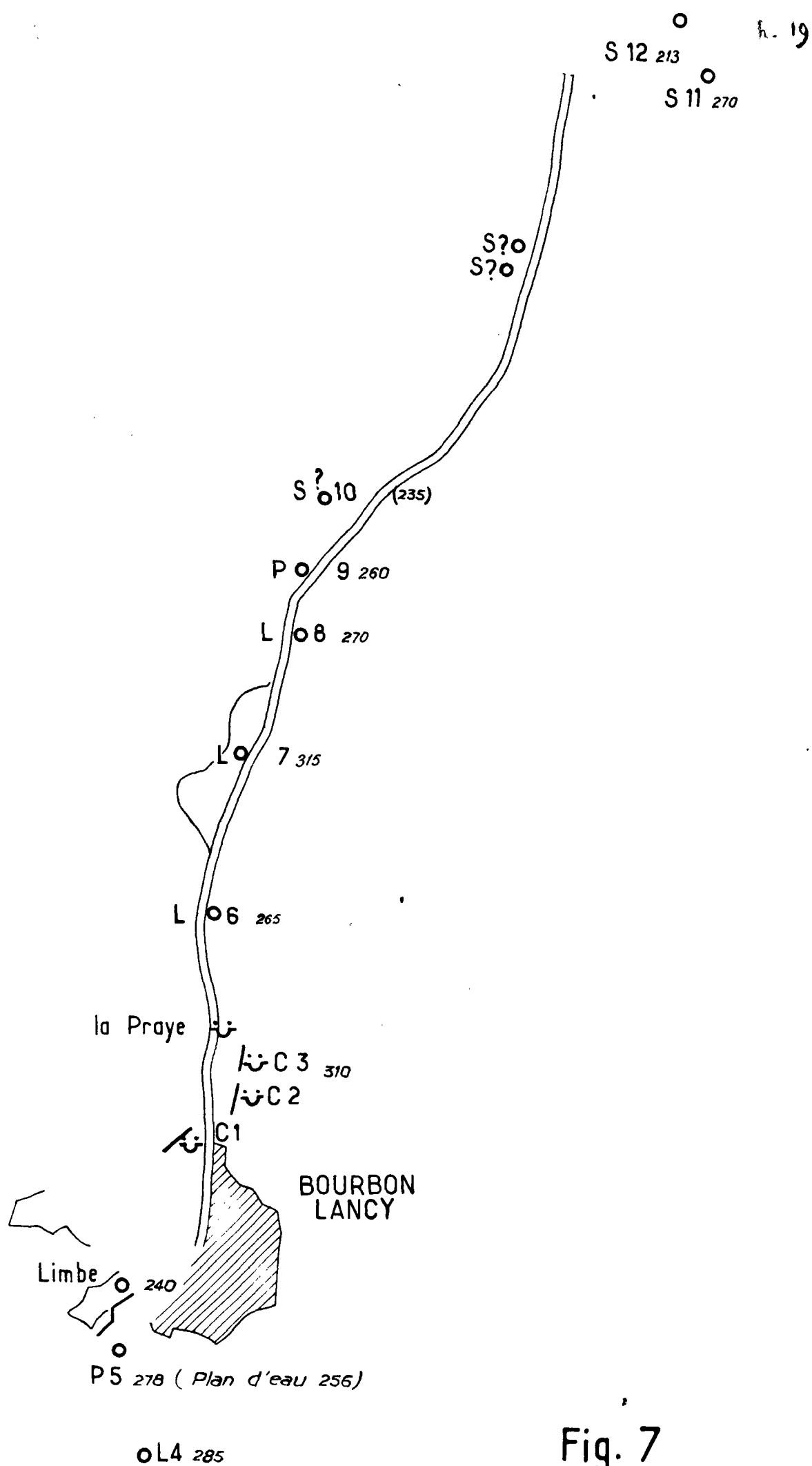
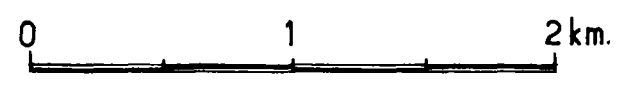


Fig. 7

Puits (P), Lavoirs (L) et Sources (S) Chaudes des environs de BOURBON LANCY

285 : cote de niveau



L'accident principal passa donc ici, immédiatement au NW (C 1) et l'W (C 2, C 3) de ces carrières dont l'altitude moyenne est de 310.

Si nous suivons la route de Maltat (fig. 7) vers le N, on peut repérer un certain nombre de sources (S) de puits (P) et de lavoirs (L) où sourdent les eaux tièdes à des altitudes comprises entre 260 et 315. L'alignement de tous ces indices n'est évidemment pas fortuit, il jalonne le passage de l'accident majeur ou de ses satellites.

Beaucoup plus loin, au N, les sources chaudes de St Honoré au méridien de Maltat, se situent aussi sur la faille marquant le contact du Socle primaire du Morvan et des terrains secondaires après une torsion vers le N que semble subir cette ligne de dislocation à partir de Maltat.

Au S. de Bourbon, immédiatement au S de l'Etablissement thermal à Montaudoux, un puits profond de 22 m environ (cote 278) remonte en toute saison des eaux tièdes, ce point peut marquer une inflexion vers le S (vers L 4) de la faille (?). Des lavoirs d'eau tièdes (L 4 à L 1) marquent ensuite une direction S 20° W; enfin deux filons de roches éruptives dont l'un a été exploité (C 4) suggèrent le même dispositif que dans la cour de l'Etablissement thermal en ce sens qu'ils sont bordés immédiatement à leur W de venues chaudes. L'eau la plus chaude a été notée au puits P 5 de Montaudoux, aux confins S des Bains, c'est aussi le point le plus bas de ces indices puisque le plan d'eau se trouve ici à la cote 256. Pour ce point, comme pour les autres points chauds, il n'y a aucune hésitation possible sur l'origine des eaux, qui est bien la faille limite.

Toutes les mesures d'altitude faites de part et d'autre de Bourbon sur ces points chauds, soit sur une elongation totale de plus de 10 km du N au S, montrent que le point le plus bas de ces venues est situé aux Thermes de Bourbon (241).

Aucune analyse d'eaux tièdes provenant des différents indices cités ci-dessus n'a été envisagée ; ces eaux thermales déjà peu minéralisées aux Bains (minéralisation totale de l'ordre de 1gr, 5 par litre) devant se révéler très diluées, contaminées et chargées au surplus d'une minéralisation accessoire.

On peut résumer brièvement de la façon suivante la série des événements géologiques intéressant les lieux que nous étudions, en nous aidant de la belle étude de Michel-Lévy et nos observations personnelles.

Une série schisteuse famenienne-dinantienne comprenant des coulées concordantes, a été plissée après son dépôt en direction NE ; le granite de Lucy-Grury intrusif, affleurant à l'E de Bourbon, métamorphise ensuite ces sédiments primaires et les injecte de filons intrusifs (dyke) dans cette même direction NE ; ceci termine le cycle hercynien. Après le dépôt des couches secondaires (?) et tertiaires, dont les plus récentes sont au moins miocènes, la Limagne septentrionale se désolidarise du socle du Morvan par un effondrement subvertical dirigé NNE, dénivellant le tertiaire vers l'W. Cet accident d'âge miocène ou pliocène dont on connaît le rejet en certains points de la Limagne, et qui est de l'ordre de 1500 mètres, (mais qui peut avoir eu ici un rejet différent) prend en écharpe les schistes primaires et les roches éruptives qui leur sont associés et se moule localement sur les anciennes directions hercyniennes de ces filons (dyke).

Ce n'est probablement pas fortuitement que les anomalies gravimétriques révélées par la campagne de recherche du B.R.G.G.M. marquent autour de Bourbon-Lancy les deux directions N et NE avec des inflexions relativement vives entre ces deux directions, suggérant que les inflexions de surface de la grande faille tertiaire repérées aux Bains de Bourbon, pourraient avoir un tracé profond. (fig 8).

Après cette grande facturation d'âge alpin ou posthume (?) les eaux thermales purent emprunter les chenaux ouverts entre les schistes primaires imperméables et les marnes tertiaires en partie

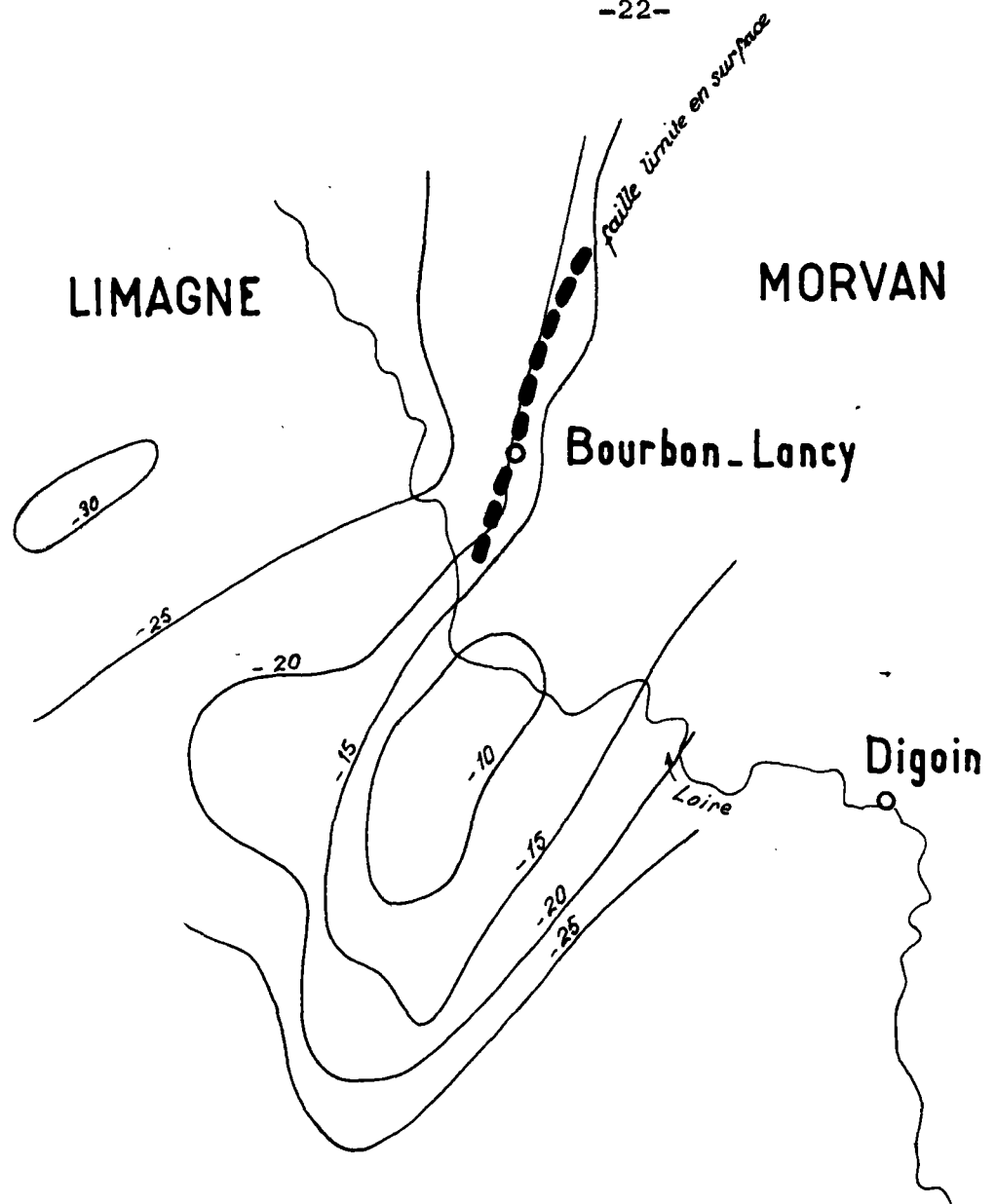


Fig : 8
Gravimétrie B.R.G.G.

BOURBONNAIS
1/320.000

perméables, par le dyke fracturé, dyke que l'érosion quaternaire a entaillé au plus bas, aux Bains de Bourbon.

En conclusion : la faille dénivellant la Limagne septentrionale au pied du Morvan, faille dont le rejet est considérable, est le chenal principal des eaux chaudes ascendantes, utilisées aux Bains de Bourbon ; il s'agit typiquement d'une faille thermique. Cette faille met en contact le socle primaire du Morvan formé de granite, de schistes et de filons de roches éruptives variées, généralement imperméables à l'E, avec les terrains tertiaires de la Limagne septentrionale à l'W, terrains en partie meubles et perméables aux circulations d'eau.

L'Etablissement thermal de Bourbon et les 5 sources qui l'alimentent sont assis sur cette grande ligne de dislocation qui peut être simple, mais qu'on peut également s'attendre à rencontrer sous forme de gradins descendants d'E en W, gradins limités par des plans subverticaux ou à très fort pendage (de l'ordre de 80°) vers l'W.

La faille thermique a un tracé généralement NNE ; mais ce tracé peut subir des inflexions locales, dues dans certains cas à l'influence mécanique de filons éruptifs, interstratifiés dans une direction différentes, dans les schistes primaires qu'elle recoupe.

Il est vraisemblable que ces inflexions sont en relation avec des accidents profonds du socle primaire.

L'étude hydrologique des sources de Bourbon-Lancy et l'exposé de leurs caractéristiques fera appel chaque fois que cela paraîtra nécessaire aux différentes notions d'ordre géologique qui viennent d'être exposées.

CHAPITRE II

Etude hydrologique du gisement

Cette étude est basée :

- sur la documentation existant au Service des Mines de Dijon,
- sur les mesures des caractéristiques des différents puits effectués sous la direction de M. Guigli, Ingénieur T.P.E. des Mines depuis quelques années, et dont les dernières viennent d'être terminées,
- enfin, sur des recherches bibliographiques et des observations d'ordre hydrogéologique faites à Bourbon tant par M. Guigli que par moi-même.

Cette étude hydrologique a pu être réalisée grâce à l'entière collaboration de M. Guigli.

A - Considérations d'ensemble

C'est à François, Ingénieur en Chef des Mines à l'époque, qu'on doit les premiers réaménagements importants des Bains de Bourbon depuis l'époque romaine ; en 1852, cet Ingénieur, qui fut aussi un éminent hydrogéologue établit un projet de recaptage des sources qui ne se traduisit, si nous sommes bien informés, que par la construction de la bache longitudinale dite de réserve, destinée à recueillir les eaux des 5 puits (7).

Une description du puits du Limbe, puits majeur, débitant la presque totalité des eaux utilisées, a été faite en 1883 par Delafond (8). A cette époque, des nettoyages ont été exécutés dans les puits jusqu'à un niveau qui n'est pas celui du griffon pour le Limbe, mais probablement jusqu'aux griffons mêmes des 4 autres

-
- (7) en dehors de quelques revêtements, superficiels, décrits par Delafond en 1883.
- (8) C'est cette description, qui en déterminant comme des grès et des schistes (primaires), les conglomérats et marnes vertes du Limbe (tertiaires) avait suscité l'hypothèse du passage de la faille thermique au NW du Limbe (rapport préliminaire)

puits ; nous croyons savoir qu'aucun travail n'a été exécuté sur ces puits depuis l'époque de Delafond.

Voici quel est l'état actuel des puits dans la cour des Bains (fig. 2 planche 1 et fig. 9 planche 2).

Les puits sont alignés en direction NE à peu près parallèlement au dyke ; leur profondeur est variable, de 7m,50 pour le Limbe, à 2m,90 pour Descures. Leur débit n'a aucun rapport avec la nature du rocher du griffon, bien qu'il soit aisolument clair que l'alimentation en eaux thermales soit réalisée par la mylonite plus ou moins silicifiée de la faille thermique. La bache longitudinale recueille les eaux des 5 griffons, d'où elles sont pompées aux différents réservoirs d'utilisation de l'Etablissement et de l'hospice d'Alligre (9). Par ailleurs, deux bassins de grand diamètre respectivement en contre-bas de 1m,20 et de 1m,20 par rapport au niveau de la cour recueillent le trop-plein des eaux du Limbe entre les cotes 241 et 239 ; il est vraisemblable que la construction de ces bassins (destinés au refroidissement des eaux), à une époque ancienne, ait été la cause de la surelévation, par rapport au niveau des premiers captages, du niveau d'écoulement du Limbe (10). Nous pensons en effet que dès l'époque romaine un aqueduc dont on connaît des éléments sous la cour des Bains sortait du Limbe en direction NE (vers les chambres de cure ?) à une cote voisine de 238 qui est approximativement celle du sommet de la maçonnerie profonde du Limbe, qualifiée de romaine dans les différents rapports du Service des Mines.

Un égoût déverse le trop plein des bassins et des chambres de cure dans un chenal qu'on a quelques raisons d'attribuer aux Romains, vers le ruisseau de Borne ou vers une de ses digitations.

(9) Le schéma de la distribution est donné clairement dans le rapport de Mme Blanquet (Clermont-Ferrand 21-11-52).

(10) Puvis, en 1828, parle d'un seul grand bassin (Annales des Mines (2), III, 1828, p. 196) tandis que Manès en décrit déjà deux en 1837 (Statistiques Min. Géol. du Dépt de Saône-et-Loire). —

En dehors des 5 sources principales, il existe plusieurs résurgences thermales connues :

- en surface : le long du dyke où deux d'entre elles (dont la "Source Nouvelle") ont été en partie captées et conduites à la bache souterraine,
- dans la bache de réserve même, à proximité des sources St Léger et Valois, dont elles représentent vraisemblablement les griffons quand ces puits ne débitent plus normalement.

Les rapports ^{du Service} des Mines font état d'autres fuites qu'il serait fastidieux d'énumérer ; nous savons que le substratum de la cour des Dains est envahi d'eaux thermales vagabondes, témoin la perte de 1 mc/h créée par quelques coups de pioches donnés dans le fond du grand bassin le 30 Décembre 1953, perte indépendante du Limbe ainsi que nous l'avons vérifié immédiatement en déprimant le Limbe, sans que le pompage modifie le débit de cette nouvelle source. Cet état de choses n'est pas nouveau, François disait en 1854 : "A l'aval des puits et à la limite déclive de la roche porphyre il existe des perdans considérables dont le débit du Limbe est loin d'être l'expression".

Si nous quittons la dépression de la cour de l'Etablissement thermal, vers l'W, il faut remonter 3 à 4 m. pour atteindre le niveau de la place d'Alligre. Cette place occupe le lit de l'ancien thalweg du ruisseau de Borne qui constitue l'égout des habitations d'amont. Ce ruisseau disparaît en conduite sous la place vers la cote 236 environ soit à 5 m. sous le niveau d'équilibre des sources pour réapparaître 180 m. plus loin dans son lit normal, avec une dénivellation peu importante.

Voici les caractéristiques des différentes sources de l'Etablissement thermal depuis que la bibliographie nous en a gardé le témoignage, c'est-à-dire depuis plus de 100 ans.

appuierons sur les données de celui-ci, en première analyse.

Depuis cette date, 4 autres séries de mesures ont été effectuées et l'ensemble des résultats a été reporté sur le tableau I.

Pour pouvoir mieux analyser ces résultats, nous exposons également sous forme de tableau les différents essais de dépressions montrant les interférences des sources entre elles.

(Tableau II)

a) Le Limbe. Il a de loin le débit le plus fort de toutes les sources thermales de Bourbon. La décharge de son griffon influence les griffons proches, la dépression des autres griffons ne paraissant par contre aucunement l'influencer. Il est certain que le niveau actuel du Limbe a été fortement relevé depuis l'époque romaine; en dehors de la tradition orale, en en fait foi les maçonneries de béton romain trouvées plaquées sur le dyke, sur une épaisseur variant entre 0,80 et 2m,40 par les fouilles de François (1854)-(fig 4p11) ainsi que ses stratifications superposées de maçonnerie de béton. On peut supposer que le niveau d'équilibre du Limbe à l'époque romaine était d'environ 3 à 4m inférieur au niveau actuel.

Le pompage à sec du Limbe (28-12-53) a permis d'intéressantes remarques : fig 10 - planche III

- la prise d'eau majeure est sub-centrale et émerge dans le fond de la cavité rocheuse située sous la base de la maçonnerie romaine. Nous ne savons pas si cette prise d'eau va jusqu'au dyke ou si c'est le reste dans les argiles tertiaires, qui peuvent receler des niveaux de cailloutis, semblables à ceux qui ont été observés dans le découvert. Cette prise s'enfonce verticalement dans la masse même des argiles, sans tubage apparent.

Tableau I Débits et Températures des sources différentes

D en mètres cube jour et T en degrés centigrades

Dates	Limbe 241,313 (1)		St Léger 241,57 (1)		Valois 241,48 (1)		Reine 241,51 (1)		Descurres 241,51 (1)		Total D	Bache		Dyke		Bassin cour	
	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T		D	T	D	T	D	T
1828 (2)		45					43		41		300						
1847 (3)		62		41			55		39		320						
1854 (4)	217,42		14,44		3,88		28,10		17,18		281,02						
1873 (5)	226				2,30		25,92		40,32		294,54	75		4,8			
1874 (6)	227,08	55,8	8,22	48,8	5,33	46,30	31,99	50,3	43,25	53,6	315,82						
1883 (7)		56		47		43	30	51,5	48-51 (8)	50,9		23	52 54	1,5			
1912 (9)	249,85	55,4	11,76 (10)	45	6,17 (10)	40,3	36,31	50,8	39,26	53,90	343,85						
1950 (11)	192	54	0	39	0	41	19,20 23,04	49	12,16 19,56	51	252,60						
1954 (12)	231,84	57	0	49	0	41	27	50	5,76	49	264,60	45,6		12,4	46 47 49 (14)	22	40
1954 (13)																	

- (1) Niveau d'équilibre au régime normal actuel (Jutier 1874)
- (2) Annales de chimie t 36, p 282. 1827. Donne six sources thermales
- (3) M. MANES - statistique minéralogique, géologique et minéralurgique du département de S^{me} et Loire Mâcon 1842 p 20
- (4) FRANÇOIS - Archives du S.M. de Dijon, rapport inédit 1854
- (5) JUTIER - Archives du S.M. de Dijon, rapport inédit 1873. Essais faits avec la bache vide
- (6) JUTIER - Archives du S.M. de Dijon, rapport inédit 1874
- (7) DELAFOND - Archives du S.M. de Dijon, rapport inédit 1883; Températures des griffons a et b de la bache
- (8) 51: Chiffre obtenu après réfection du captage
- (9) NENTIEN - Archives du S.M. de Dijon, rapport inédit 1912
- (10) Débits obtenus avec une dépression de 186 mm (St Léger) et 122 mm (Valois)
- (11) R. GUIGLI - Archives du S.M. de Dijon, rapport inédit 1950, le second chiffre des débits de Reine et Descurres a été obtenu après quelques travaux de réfection
- (12) R. GUIGLI - Archives du S.M. de Dijon, voir les annexes 2 à la fin de ce rapport, la température du limbe a été prise avec une dépression de 2 m; tous les débits s'entendent : bache vide
- (13) Fuite créée à la soie du Bassin de réfrigération centrale de la cour
- (14) Trois émergences du Dyke

Tableau II Interférences des différentes sources ou groupes de sources entre elles.

Les niveaux de références sont les niveaux d'équilibre actuel [Tableau I (1)]

N: influence nulle; débits exprimés en mc/Jour

Nature de l'Opération		Influence sur	Limbe	St Léger	Valois	Reine	Descurres	Bache	Dyke	Débit Total
1854 } François	Dépression totale du Limbe (-6.60)		466	24,4	12,3	36,07	55,90	n'existait pas		578
	Dépression totale autres sources (-2)									
Influence dépression totale limbe seul, sur le niveau des autres sources				abaissé	abaissé	N	N			
Jutier } 1872	Vidage de la bache, débit :		N	Débit annulé ?	Débit annulé ?	N	N	75	4,8 (N)	425
Dépression limbe de 1,91 ; bache pleine		360 (?)				N	N	—		
Jutier 1874	Dépression limbe de 1,91 ; bache pleine		313	abaissé	abaissé	N	N	—		402
Delafond 1883	Dépression limbe de 1,91 ; bache vide		316 ou 322	Débit annulé	Débit annulé	N	N	23		
Delafond 1883	Dépression totale du limbe (6,85) bache vide		482	Débit annulé	Débit annulé	N	N			
Neutien 1912	Dépression limbe de 1,91 ; bache pleine		313	- 8 mm	- 0 mm	N	N	—		
Neutien 1912	Dépression limbe de 1,91 ; bache vide			- 50 mm	- 507 mm	N	N	5 ^{ce} B débite		
M. Guigli 1950	Vidage de la bache		216	abaissé	abaissé	10,60	7,99	5 ^{ce} A et B débitent	Débit appréciable	
1953-54	Vidage de la bache, limbe niveau haut			-1000 mm	-1030 mm	N	-60 mm	5 ^{ce} A et B débitent	Débit (N)	
{	Vidage de la bache, limbe déprimé de 2,50			-1030 mm	-1030 mm	N	-60 mm	5 ^{ce} A et B débitent	N	
	Vidage de la bache, limbe déprimé de 6,60			-1260 mm	-1100 mm	N	-60 mm	5 ^{ce} A et B débitent	N	
	Débits, bache vidée, sans dépression sur aucun puits		231,8 (1)	0	0	27	5,76	N 45	> 24,60	
{	Débits, bache pleine, limbe à -2 ^m ,00		309 (1)	0	0	25,40	12,30		> 12,40	
	Débits, bache pleine, limbe niveau haut		231,8 (1)							

(1) Débits vérifiés à de nombreuses reprises (voir Annexe 2)

- la chambre d'eau inférieure du Limbe qui montre le rocher à nu sur 3m de hauteur et sur un diamètre variant entre 3 et 4m, a subi depuis l'époque romaine une érosion non négligeable due davantage, semble-t-il, aux mouvements des eaux qu'à leurs propriétés chimiques, ces eaux étant fortement réductrices (fig 3, p8)

Les argiles vertes sont indurées, mais les conglomérats sont friables (un léger coup de pioche en a extrait un décimètre cube) et le rocher désagrégé tombe ainsi dans le fond du puits, mais non dans le puisard central d'où l'eau monte rapidement; cette sédimentation dans le fond du Limbe n'est pas gênante, mais la maçonnerie romaine (et sa superstructure) qui s'appuie sur ce rocher, est en porte-à-faux par endroit de 70 cm. Le tourbillonnement de l'eau due aux inégalités du diamètre de cette chambre provoque une érosion sélective sous cette dalle et l'affouille de plus en plus. François (1854) et Delafond (1883) avaient déjà attiré l'attention sur cette désagrégation du rocher du fond, désagrégation qui peut évidemment provoquer l'effondrement de la maçonnerie.

D'autre part, nous connaissons maintenant la nature même du rocher de la chambre inférieure, constitué essentiellement d'une alternance de marnes vertes kaoliniques, phylliteuses, imperméables, et de conglomérats épais extrêmement perméables, dont la porosité moyenne, due à des gradins de failles, est N.

Il est possible que des apports d'eaux thermales aient existé par la perméabilité des conglomérats qui s'appuient sur le dyke; les Romains les avaient laissés à nu, peut-être pour cette raison et en outre les deux canalisations allant vers le sud et le sud-est témoignent d'une alimentation possible par ces chenaux depuis le dyke. Il semble non moins vraisemblable que ces faibles apports latéraux constatés lors de notre descente sont maintenus actuellement en pression par la hauteur d'eau à laquelle le puits a été porté depuis cette époque. (4m,50 au-dessus de la base de la maçonnerie romaine).

Dans cette même perspective il est probable que des pertes dues à cette charge supplémentaire se produisent vers l'aval-
pendage de ces rochers, par les conglomérats perméables c'est
à dire, vers la cour des Bains, au N., où elles sont irrécupérables.

Or si on compare les chiffres des débits correspondant aux mesures faites depuis un siècle dans des conditions comparables, il faut admettre que le débit du Limbe ne diminue pas, le débit actuel de 231mc/j. étant exactement la moyenne des précédents. Il apparaît donc que le débit des fuites elles-mêmes est en équilibre, en relation avec la porosité et la capillarité totales des roches tertiaires de l'aval.

Au niveau déprimé de 1m,91 le Limbe a toujours fourni beaucoup plus de débit qu'au niveau haut, l'amélioration mesurée dernièrement étant d'environ 35% avec 309 mc contre 232, contre une moyenne de 40 à 45% antérieurement. Cette constance relative des débits du Limbe depuis 100 ans prouverait que son griffon est vif; mais la constance probable des fuites sous la cour des Bains ne prouve pas que ces cheminements maintiendront dans l'avenir ce substratum en bon état.

La constance relative du rapport du débit utile au débit fuite peut se concevoir si on se souvient que la structure même du Limbe et son niveau de restitution n'ont pas été modifiés depuis François (1654) (11)

Or il s'agit essentiellement d'un captage de "surface" et la constance des débits ne prouve pas que le travail d'érosion, auquel nous venons de faire allusion dans les terrains tertiaires de la cour des Bains, ne puisse peu à peu modifier le cours même du chenal principal d'arrivée. On a quelques raisons de penser en effet que le griffon principal est à quelques mètres de profondeur sous le rocher du fond du Limbe et que les marnes encaissantes sont peut-être conglomératiques; en tous cas il n'existe pas de tubage apparent de pied de captage dans la cavité inférieure du puits.

(II) mise à part l'érosion des marnes et cailloutis du rocher de la chambre inférieure, indépendants du griffon principal.

Débit* à la remontée en charge des eaux (Tableau III)

Les différents débits de remontée du Limbe ont été enregistrés après une dépression de 5 m. le 29-12-53, et les débits successifs ont été calculés en fonction des différents diamètres et hauteurs des gradins. Malheureusement il n'a pas été possible d'effectuer de mesures continues. Laissant de côté, provisoirement, les indications correspondant aux diamètres de 1 m.75 et 2 m.28 (temps 18 minutes dans le temps total de 1 h.30) on remarque que le débit du Limbe, lorsque les eaux sont dans la partie découverte située sous la base de la maçonnerie romaine, est de même ordre que la moyenne trouvée lorsque le niveau est plus haut, ce qui est en contradiction avec ce que l'on pouvait prévoir comme avec les différentes mesures à niveau déprimé depuis 100 ans. De nouvelles mesures sont nécessaires.

Le principe de la méthode consiste à passer de l'étude de la hauteur de l'eau en fonction du temps au volume d'eau intéressé. Si S est la section correspondant au niveau h, une variation dh de niveau correspond à un volume S dh d'eau dans le Limbe et à un débit D total $D = S \frac{dh}{dt} + f$ si l'on appelle f le débit des pertes par fuites variées et dt le temps pendant lequel le niveau monte de dh .

Le débit d'alimentation D doit diminuer lorsque le niveau monte, selon une loi difficile à préciser mais probablement continue

Le débit f des pertes doit augmenter lorsque le niveau monte, parfois de façon brutale et discontinue.

* Il est bien entendu que ces débits ne sont pas ceux du griffon, mais des débits nets utilisables à différents niveaux.

Si l'on prend les chiffres donnés par Delafond et François pour le débit du Limbe avec un maximum de dépression (- 6m.80) 466 et 482, soit une moyenne de 474 mc/jour, on peut se faire une idée de la valeur des pertes dues au seul découvert du fond du Limbe en comparant cette moyenne, au débit calculé lors de la remontée jusqu'au niveau de la maçonnerie romaine, qui est 318 mc/jour environ (le débit moyen entre le fond (- 6,80) et la base de la maçonnerie romaine est toutefois inférieur par la charge croissante supportée, au débit mesuré par François et Delafond au plus bas). A cette réserve près, la différence est de l'ordre de 150 mc/jour.

La chute brusque de la vitesse de remontée lorsque le niveau atteint le palier de 2, 28 de diamètre pourrait signifier que des fuites importantes existeraient à la limite de la maçonnerie romaine et des ouvrages plus récents (?).

Tableau III

Mesure des débits du LIMBE à la remontée des eaux (28-12-1953)**
J.P DESTOMBES.

[illegible]

**** Débits nets utilisables, c'est-à-dire : débit du griffon moins pertes.**

b) Sources Saint-Léger et Valois

Nous étudierons ces deux sources à la fois, leur comportement apparaissant comparable depuis 1 siècle.

Les rapports anciens et nos dernières constatations montrent :

1^{re}) que ces deux sources ont leur griffon situé non plus au fond du puits, mais dans la sole de la bache ; ce phénomène a dû se produire assez vite après la construction de cette bache par François, l'aqueduc ayant pu déprimer le terrain à proximité immédiate des anciens griffons.

2^{de}) que les deux sources sont en liaison étroite avec le Limbe, dont la moindre dépression abaisse le niveau. Cet abaissement de niveau est également provoqué par le vidage de la bache, et ceci de plus en plus (Jutier en 1873 : abaissements de 546 et 587 mm ; actuellement, abaissements correspondants de 1000 et 1030 mm.).

Ainsi donc, une même dépression dans leur voisinage (vidage de la bache) amène leur niveau de plus en plus bas avec le temps. D'autre part, si on en croit Delafond, leur débit à la bache (nouveau griffon) baisse également après être passé par un maximum ; Jutier en effet avait donné en 1873 un débit de 74 mc/j pour les deux nouveaux griffons A et B, tandis que Delafond en 1893 donnait le chiffre de 23 mc/j. Il paraît ainsi très net que ces nouveaux griffons mêmes se tarissent.

En fait et en fin que les autres caractéristiques de ces sources : leur nature et composition chimique, confirment leur alimentation principale à la faille, alimentation qu'on peut schématiser en complétant la figure de Delafond, selon le schéma de la figure 11.

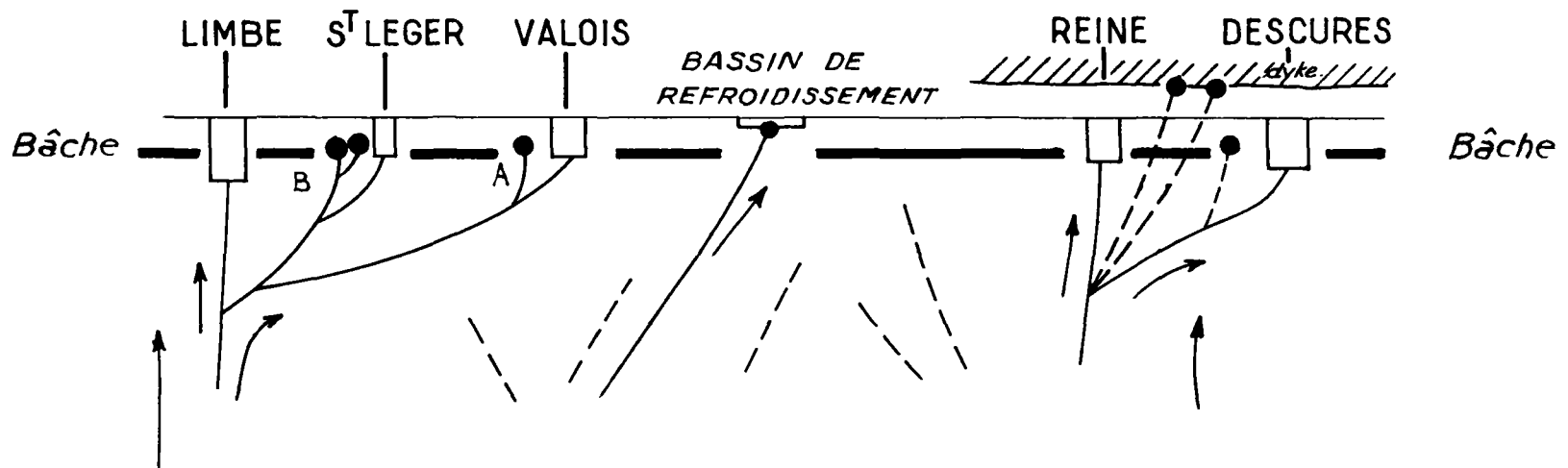


Fig:11
Schéma d'alimentation des puits
 (En partie d'après DELAFOND)

c) Source de la Reine

Cette source semble bien ne pas avoir de liaison du même type que celles qui ont été décrites précédemment avec le Limbe ; plusieurs dépressions totales du Limbe (François, Delafond, nous mêmes) n'ayant amené aucune réaction de son niveau. La minéralisation et la température des eaux de cette source indiquent toutefois un lien évident avec le Limbe, lien qui n'est probablement que leur commune alimentation à la faille thermale.

Depuis les premières mesures enregistrées, et mises à part celles de Nantien en 1912 avec 36,31 mc/j, son débit s'est maintenu entre 25 et 32 mc/j, débit qu'on peut augmenter par dépression (François, 30% d'augmentation par une dépression de 2m, avec 36 mc contre 28).

d) Source Descures.

Les débits de cette source, la plus éloignée du Limbe (46m) montrent une diminution graduelle, surtout sensible d'après les dernières mesures. Elle s'alimente comme la Reine, sa voisine, de façon indépendantes du Limbe, dont l'abaissement du niveau n'influence pas sur le sien. Elle paraît en outre avoir avec la Reine une commune alimentation peu profonde, une dépression de l'une des deux sources modifiant sensiblement le niveau de l'autre ; cependant la source Descures seule voit son débit diminuer.

La mise à sec de la bache déprime légèrement son niveau (40 mm) alors que la Reine n'est pas influencée par cette opération. Enfin cette influence du vidage de la bache apparaît aussi sur les sources du dyke ; "la Source nouvelle", la seule dont on puisse jauger les caractéristiques, s'abaissant de ce fait de 34 mm.

Rappelons que le débit maximum de la source Descures paraît avoir été de 51mc/j en 1885, et que ce débit est actuellement descendu à environ 12mc/j et à moins de 6mc/j avec la bache vidée.

Ces constatations rappellent celles que nous avons faites pour les sources St-Léger et Valois et paraissent prouver que la source Descures change de griffon, les venues superficielles au dyke pouvant en être une expression, tout au moins partielle (?).

e) Sources annexes

Le schéma (fig 11) du en partie à Delafond en 1883 a été établi lors d'une mise à sec de la bache de réserve construite 30 ans plus tôt par François.

Nous avons constaté nous-même tout récemment le même dispositif, à savoir : l'existence des sources (notées A et B) à la sole cimentée de la bache à travers des replatages locaux soulevés eux-mêmes par le flux ; leur localisation au plus près des puits St-Léger et Valois, est inchangée.

Les mesures faites par Delafond pour mesurer leur débit, au moyen de réservoirs contigus creusés dans la sole même de la bache ont donné :

- Limbe plein, sources A, 8,60 mc/j
source B, 14,40mc/j
- Limbe déprimé (au maximum depuis 48h)
sources A, 8,28 mc/j
source B , 7,28 mc/j

Ces chiffres d'après Delafond, ne représenteraient qu'une partie du débit de ces sources qu'il a été impossible de jauger en totalité en raison de leur position. On ne connaît pas, bien entendu, leur débit lorsque la bache étant pleine ces petites sources sont en charge, mais il apparaît bien qu'on puisse souscrire à l'opinion de Delafond en estimant que ces nouveaux griffons représentent, au niveau de la bache, (qui est sensiblement le même que celui des anciens griffons des puits) les véritables griffons actuels des sources St-Léger et Valois.

Rappelons que les dernières dépressions du Limbe à -2, 50m ont abaissé leur plan d'eau d'une même hauteur (1.030 mm) alors que la mise à sec du Limbe les a abaissées respectivement de 1260mm pour St-Léger et de 1100 mm pour Valois.

Rappelons en outre que le débit des nouveaux griffons à la bache diminue lui-même graduellement donnant l'indication d'un dernier cheminement de ces sources vers l'aval où leur récupération n'est plus possible, dans les conditions actuelles. Ces nouveaux cheminements paraissent en effet bien installés et il ne s'agit plus de tenter le replâtrage de la bache, comme à l'époque où les terrains tertiaires de l'aval formaient écran à leur circulation(?)

f) Sources émergeant le long du dyke thermal.(fig 2 pl. 1)

Trois sources actuellement donnent un débit non négligeable au pied du dyke, ou même sur sa face antérieure, en contre haut du sol de la cour des Bains. Deux de ces sources sont récupérées dans la partie haute de la bache avec les eaux froides plus ou moins polluées amenées par la partie haute du dyke et qui s'y mélangent. Ces résurgences chaudes sont certainement alimentées par les mêmes venues que celles de la Reine-Descures, près desquelles elles sourdent. Notons en passant que le dyke ne présente pas de telles résurgences dans le voisinage du Limbe dont le griffon est situé à plus de 6 mètres plus bas que ceux de la Reine-Descures.

L'influence de la dépression du Limbe est nulle sur leur débit, mais par contre la dépression complète des sources la Reine et Descures abaisse de 340 mm le niveau de celle d'entres elles (Source nouvelle) qui étant murillée, permet les observations. Le vidage de la bache a également une influence sur elle, mais dans une proportion nettement moindre (35 mm).

Le débit de ces trois petites sources, plus ou moins mélangées d'eaux superficielles, est variable; Jutier (1873) avait pu jauger la seule qui existait à l'époque à 4,8 mc/j ; Delafond (1883) parlant toujours d'une seule source donne le chiffre de 1,44 mc/j; en 1950, M. GUIGLI en signale 2 et il y en a actuellement 3 dont la principale débite au moins 15 à 20 mc/j. La récupération de ces émergences est d'ailleurs indésirable, étant donné leur pollution quasi certaine.

On peut retenir de ses observations :

1A) que les émergences du dyke sont liées au système d'alimentation Reine-Descures.

2A) qu'elles paraissent augmenter en nombre et probablement en débit avec le temps, suggérant l'imbibition croissante des terrains sous-jacents, imbibition qui correspond d'ailleurs à une situation générale.

g) Sources vagabondes

En dehors du déplacement des griffons des sources St-Léger, Valois et probablement de la source Descures, déplacement qui donne la certitude de cheminements souterrains incontrôlables, on sait depuis longtemps, par les tranchées que François fit exécuter autour des sources pour étudier l'état du sol, que ce sol de la cour des Bains est imbibé d'eaux thermales irrécupérées, divaguant vers l'aval.

La coupe géologique de la base du Limbe montre que des chenaux privilégiés existent naturellement sous forme de nœuds caillouteux et conglomératiques insérés dans les marnes tertiaires, à gradins ouverts vers l'aval ; il est probable que cette disposition^{est} générale au NW du dyke thermal et que toute la cour des Bains est assise sur ce substratum.

On est donc conduit à penser que la faille thermique débite dans ces chenaux, qu'elle recoupe en contrebas des captages actuels des 4 sources mineures. La lente agonie de Valois, St-Léger et Descures n'a probablement pas d'autres causes.

Le grand bassin de réfrigération de la Cour des Bains vient de nous témoigner de cet état de choses: quelques coups de pioche donnés à la sole (-2 m du niveau de la Sour) dans la but de construire un réservoir de jaugeage pour le Limbe à niveau déprimé de 2m, ont mis à jour une source importante dont le débit a été mesuré immédiatement à environ 20 mc/j et la température à environ 40°. Pour vérifier l'origine de cette source, on a déprimé le Limbe, à -5 m; pendant le pompage le débit a monté atteignant 1 mc/h lorsque le Limbe était au plus bas; au cours de la remontée du Limbe, le débit est passé par un minimum lorsque le niveau était vers -1 m, le débit revenant à 20 mc/j à l'étale du point haut du Limbe.

Ces mesures ont été faites rapidement et n'ont pu être répétées, mais elles prouvent l'indépendance de cette source avec le niveau du Limbe et son griffon, l'augmentation du débit au maximum de décharge du griffon du Limbe étant significatif.

Cette observation s'ajoute aux précédentes et permet de confirmer la superposition des constructions de la Cour à des roches gorgées d'eaux thermales vagabondes, les replatrages du grand bassin et la tradition orale confirment aussi l'existence dans le passé, de telles émergences.

Nous résumons rapidement l'étude de ces débits.

Les eaux thermales récupérées par l'établissement se composent actuellement ;

- du débit du Limbe à sa position haute qui est de :
231, 8 mc/j
- du débit des sources Reine et Descures 32, 7

264, 5 mc/j

Chiffre à augmenter peut-être des débits des résurgences à la bache des sources St-Léger et Valois.

Ces chiffres concordent approximativement avec celui de la moyenne des mesures anciennes sur ces trois sources montrant ainsi que les fuites dues à leur régime propre sont elles-mêmes en équilibre.

La diminution du débit total par rapport à 1912 (344 mc/j) qui est de 23% n'est d'ailleurs que de 14% si on tient compte du débit moyen total enregistré pour les sources depuis 1828 (l'introduction dans le calcul, des débits de 1828 et de 1847 restant dans la moyenne exacte de 310 mc/j). Cette diminution du débit total correspond donc à la perte des débits des 3 sources St-Léger, Valois et Descures dont nous ne connaissons qu'en partie les nouveaux griffons, récupérés ou non.

Il reste donc un débit-fuite très considérable dont nous en avons estimé provisoirement une fraction relative au Limbe seul : 150 mc/j ; (cette perte ne concernant que les eaux qui entrent dans le puits par la base). Sans moyens pour le reste des fuites de pouvoir apprécier leur importance, nous ne pouvons que rappeler la réflexion de François qui estimait que le volume des fuites dépassait de loin le débit net du Limbe. Nous savons maintenant que cette estimation même est largement dépassée et que les débits captés peuvent ne correspondre qu'à une petite fraction de celui de la faille thermique entre les deux griffons extrêmes du Limbe et de Descures.

2- Température des sources.

Ainsi que nous l'avons constaté pour les débits, les deux seules sources du Limbe et de la Reine montrent des températures constantes dans le temps : 56° pour le Limbe et 50° pour la Reine

en moyenne, à leur point haut, thermomètre immergé. Cette indication confirme d'ailleurs la vitalité de ces deux sources.

Les mesures de températures faites en déprimant le Limbe accusent un accroissement de température, en même temps que le débit augmente; ces faits prouvent, s'il était nécessaire, que le captage du Limbe à un niveau élevé, comme d'ailleurs celui des autres sources est un non-sens.

Delafond a mesuré les températures des émergences de la bache (sources A et B) face aux puits St-Léger et Valois; il a enregistré 52° et 54° alors que les mesures faites dans les puits, alors en fonctionnement, n'avaient jamais atteint 50°. Ces sources annexes sont apparemment encore à une température semblable à celle donnée par Delafond, bien que leur mesure exacte n'ait pas été possible en raison de leur situation.

Les trois sources repérées sur le dyke, incomplètement captées ont, malgré leur émergence à l'air libre, une température encore très importante (46° à 49°) comparable à celles des sources voisines Reine et Descures. Rappelons pour mémoire que la dégradation des 3 sources St-Léger, Valois et Descures, se traduit par un abaissement de température avec le débit, ce qui est normal.

Ainsi :

1°) la constance des températures liée à celle des débits pour les deux sources vives, Limbe et la Reine, suggère que leur alimentation est directe.

2°) le quartier Reine-Descures-dyke est en intercommunication; une de leur liaison principale paraissant être le dyke lui-même, à un niveau voisin de la surface.

3°) la température élevée des sources repérées sur le dyke même semble témoigner des excellentes conditions de conductibilité thermique de la Cour des Bains.(1)

3- Composition chimique des eaux.

De nombreuses analyses ont été conservées depuis celles de Berthier en 1828(11); nous ne redonnerons ici (annexe3) que les dernières, dues à Mme Blanquet, (12) pour les sources du Limbe et de la Reine en constatant la pérennité de cette composition si on en juge par les documents examinés, la minéralisation variant d'une analyse à l'autre dans une très faible proportion.

Toutes les analyses faites ont d'autre part montré la quasi identité des eaux de différents puits.

Mme Blanquet a confirmé l'identité de la minéralisation de chacun des puits, identité nécessaire pour permettre le mélange de leurs eaux pour les besoins de l'Etablissement. Les différentes très minimes de composition chimique entre les différentes sources peuvent s'expliquer par les différences de solubilités absolues et réciproques, aux différentes températures des trois puits où elles ont été prélevées. (13).

Suivant Glénard, (1881) auteur d'une des analyses complètes, les eaux de Bourbon peuvent être qualifiées de Chlorurées sodiques légèrement bicarbonatées, iodurées et arsenicales. La teneur en arsenic se révèle constante et voisine de 0,1 mg par litre.

Nous ne discuterons pas dans le détail l'origine de la minéralisation des eaux de Bourbon, discussion d'un caractère purement théorique, d'ailleurs. On peut toutefois indiquer que leur légère teneur en chlorure de sodium peut provenir des sédiments

(11) An. de chimie t.36 , p. 282, 1827.

(12) L. Blanquet, rapport inédit Clermont Ferrand 21-12-1952.

(13) Nous ne discuterons pas ici les causes et les remèdes à la pollution bactérienne de certains puits, signalée par l'analyse de Mme Blanquet (Puits St-Léger, Valois à débits nuls).

salifères permo-triasiques ou oligocènes du Substratum de la Limagne (l'origine triasique étant plus vraisemblable que l'autre à cause de la profondeur plus grande des sédiments, en liaison avec la température élevée). Il n'est pas exclu toutefois de pouvoir considérer les roches cristallines du socle comme génératrice de Na Cl ; Delaunay cite à ce propos les sources de Kreusnach. émergeant dans des granites éloignés de tous bassins salifères.

Leur radio-activité et leur teneur en gaz rare peut se concevoir, si on suppose que leur alimentation première se situe à travers les cassures du socle du Morvan et du granite de Lucy ; on sait qu'à Grury ce granite a fourni des minerais radio-actifs. (14)

La perméabilité relative de l'aire granitique diaclasée du Morvan qui reçoit davantage de précipitation que la Limagne, d'une part, la constitution plus imperméable de la Limagne oligocène d'autre part permet de penser à une alimentation première des eaux de Bourbon davantage par l'E que par l'W.

Enfin la comparaison des compositions chimiques des eaux de Bourbon Lancy avec celles de St Honoré les Bains et de Bourbon-l'Archambault est intéressante si on veut émettre une hypothèse sur le régime profond d'alimentation première de ces trois groupes d'eaux thermales, dont les débits sont du même ordre de grandeur (fig 12).

A St Honoré les Bains (30 km au N) nous sommes encore sur la grande faille thermique prolongeant celle de Bourbon, mais cette faille met en relation les terrains primaires à l'E avec des terrains jurassiques calcaires, sub-horizontaux à l'W, beaucoup plus perméables que les assises tertiaires de la Limagne à Bourbon. La température (30°), la charge en Co^3Ca supplémentaire la teneur beaucoup moindre en Na Cl (1/4) de ses eaux peuvent s'expliquer simplement par une dilution d'eaux de mêmes origines profondes qu'à Bourbon au contact de nappes calcaires horizontales

(14) L'absence de radioactivité des eaux de St Honoré que M. Carat a bien voulu me signaler, peut être due davantage à une plus grande détente des eaux qu'à l'absence du granite du bassin d'alimentation.

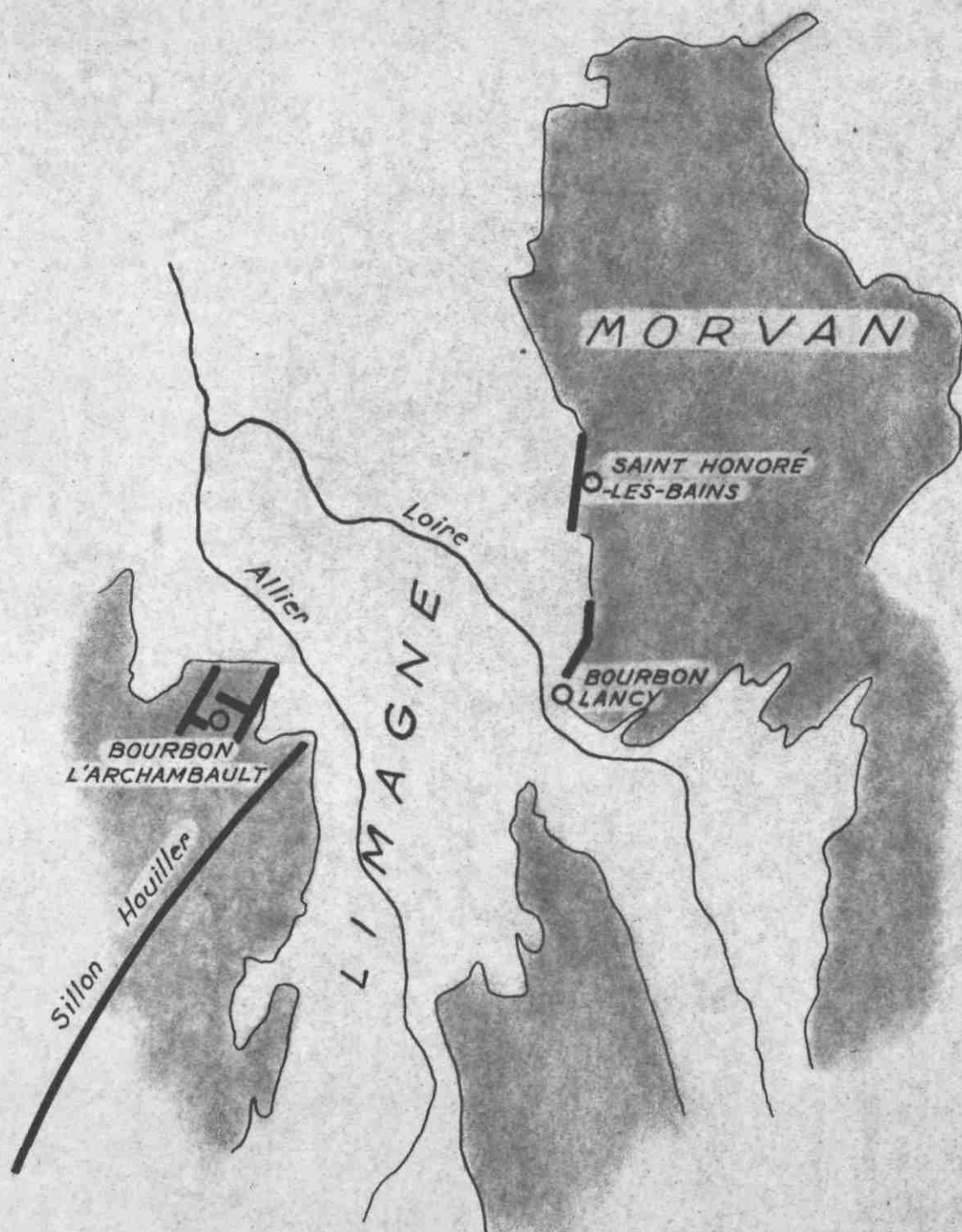


Fig.12

*Les Sources Thermales de
la Limagne Septentrionale*

A Bourbon l'Archambault, nous sommes à 55 km à l'W de Bourbon Lancy sur un système de failles croisées bordant la Limagne septentrionale à l'W ; la minéralisation est faible comme à Bourbon, ainsi que leur teneur, faible en Na Cl (1gr,7 contre 1gr, 3); les sels magnésiens et calciques existent en plus grande proportion qu'à Bourbon, pouvant témoigner d'une plus grande proximité du Permo-trias.....?

La venue au jour des eaux de Bourbon l'Archambault par des failles chargées de fluorine telles que les nôtres, et la température quasi-semblable des eaux des deux localités (53° à Bourbon l'Archambault, 57° à Bourbon Lancy) permet de penser sinon à une communauté d'origine du moins à un cheminement à mêmes profondeurs dans des terrains de même composition minéralogique (15)

En résumé,

l'étude hydrologique nous a montré que le flux hydrothermal des sources de Bourbon Lancy doit la constance de ses caractéristiques à une alimentation profonde et à un cheminement ascendant largement facilité par l'ouverture récente de la grande famille Morvan-Limagne.

Cette facilité d'émergence, est prouvée par la quasi-pérennité des sources du Limbe et de la Reine ; mais la défaillance des trois autres sources et les résurgences vagabondes témoignent par contre de pertes importantes, plus ou moins occultes, du flux thermal apporté par la faille, tout à fait indépendantes des griffons.

(15) On ne peut manquer de penser à des circulations très profondes sous la Limagne, au contact du socle, dénivelé de 1500 à 2000 m par les failles bordières (et nourricières) ; circulations alimentées par les affleurements des terrains primaires, surélevés à l'E comme à l'W, et la possibilité d'un certain mélange à cette profondeur.

L'absence de brome, d'H²S et d'hydrocarbures dans les eaux thermales des trois localités permet d'éliminer l'hypothèse de leur minéralisation en NaCl par un gîte d'hydrocarbures (oligocène) sous la Limagne.

A l'approche de la surface, située cependant en un point bas, le flux thermal subit des contre-pressions causées essentiellement :

- par le peu de profondeur des captages, pratiquement en surface, obligeant les eaux à atteindre cette surface par des fissures naturelles plus ou moins colmatées.
- par la charge artificielle appliquée aux griffons en surélevant de plusieurs mètres le plan de déversement des eaux.

En outre, la structure du puits du Limbe ^{me} parait plus adaptée à la hauteur du déversement actuel ; le maintien à nu de la roche du fond du puits, probablement jusqu'au griffon, doit être une cause sérieuse de pertes centrifuges par le puits même, pertes d'autant plus fortes que la charge a été augmentée de plusieurs mètres depuis l'époque du premier captage.

La refection des captages des différents puits sera l'objet du dernier chapitre de cette étude.

Chapitre III

Réaménagement des sources.

Le flux d'eaux très chaudes amené par la faille majeure, à Bourbon comme dans ses environs, se mélange aux eaux de nappes moins profondes ou superficielles dans une proportion qui peut être d'autant plus forte que l'altitude du sol est plus élevée ; le gisement hydrothermal d'origine mixte de St Honoré peut en être un exemple, comme nous l'avons vu.

D'autre part, la dépression transversale naturelle du ruisseau de Borne qui avoisine les Bains a localisé les émergences qui nous occupent en recoupant, au plus bas de la région, la grande faille thermique. L'érosion des terrains encaissants a mis ici en relief le dyke, qu'on peut confondre provisoirement avec la faille, en même temps qu'elle débarrassait ses abords d'alluvions et de roches altérées. Ce déblaiement fut certainement facilité par l'écoulement des eaux thermales qui affluaient d'autant plus facilement que leur point d'émergence était abaissé par cette érosion même.

La constance relative des débits du Limbe, la constance absolue de la température et de la minéralisation de ses eaux depuis un siècle donnent la certitude qu'elles ne sont pas mélangées à des eaux plus ou moins vadoses telles que celles que renferment les couches oligocènes de la Limagne, ni à plus fortes raisons à des eaux superficielles ; leur température élevée et la nature de leur minéralisation suggèrent en outre une alimentation dans le socle cristallin du tréfonds de la Limagne ou du Morvan.

L'artésianisme qui les fait émerger puissamment au Limbe est dû à l'importante diminution de leur densité par la température qu'elles acquièrent en profondeur ainsi que par leur émulsionnement par l'azote, le gaz carbonique, et autres gaz qu'elles rencontrent dans les fissures du socle au cours de leur cheminement profond ; l'altitude relativement modérée de leur bassin d'alimentation premier aux affleurements des terrains cristallins,

n'entre nullement en question ici.

Le gisement de Bourbon paraît donc se présenter comme un gisement de faille des plus simples et des plus typiques

Par ailleurs, les données acquises et consignées par des savants ingénieurs depuis 100 ans, dans les différents rapports qui ont été analysés, données relatives tant aux régimes successifs des différentes sources qu'aux moyens qu'ils ont employés ou même préconisés pour les mettre en valeur, seront largement envisagées dans l'exposé qui va suivre, des moyens qu'il paraît désirable de mettre en oeuvre pour le réaménagement du gisement.

Il apparaît tout d'abord, d'après la mesure des altitudes faites aux différentes émergences chaudes de la région, que les Bains de Bourbon sont situés sur un point bas de la faille thermique. Ce point important étant acquis, c'est donc à proximité des sources actuelles que les travaux de recaptage doivent être entrepris.

On envisagera en premier lieu la situation du puits du Limbe seule, en raison de son indépendance relative, le cas des 4 autres sources sera ensuite examiné.

A- Puits du Limbe

1^a) Le captage actuel du Limbe est un captage de surface utilisé et réaménagé comme tel depuis au moins deux millénaires en raison de l'énergie de ses eaux. La constance du débit, celle de la température et de la composition chimique prouvent qu'elles sont amenées à ce griffon sans déperdition de ses caractères "jeunes" acquis en profondeur, en raison de leur important pouvoir ascensionnel. Les pertes constatées dans la Cour des Bains ont plusieurs origines ; elles peuvent provenir soit du puits même, et nous envisagerons ce cas ultérieurement, soit de la liaison faille -thermale-griffons- On peut donc se poser la question de

savoir si le puits du Limbe est bien accroché à la faille ou si au contraire, le griffon de ce puits est indirectement alimenté par la faille.

Or malgré l'impossibilité où nous nous trouvons de pouvoir répondre à cette question, faute de connaître la nature des roches situées ^{sur} l'argile de la base du puits, il n'apparaît pas qu'il soit pour le moment indispensable d'effectuer cette reconnaissance d'ailleurs délicate. Le débit du Limbe est constant dans les conditions actuelles de déversement, et ce depuis un siècle.

L'équilibre : débit du griffon - fuites situées entre le griffon et la base du puits est donc lui-même réalisé ; et il est peu vraisemblable qu'un recaptage non tubé augmenterait le régime des apports. Quant à un recaptage tubé, bien qu'il soit évident que cela corresponde à l'opération la plus rationnelle, il ne paraît pas opportun de l'entreprendre avant qu'une diminution importante du débit du Limbe ne se soit manifestée.

2/ Le rocher du fond du Limbe est désagrégé et menace de ne pouvoir supporter la maçonnerie romaine sur laquelle est assise en partie la superstructure du puits. D'autre part, on peut se demander si ce rocher, composé d'une alternance de marnes et de conglomérats perméables, pentés vers l'aval, n'est pas un chenal naturel pour des fuites centrifuges, d'autant plus importantes que le niveau de déversement est plus élevé. Les raisons qui exigent qu'un captage rationnel d'eaux thermales au griffon soit tubé entre la prise et le canal d'utilisation, exigent aussi que ce rocher soit revêtu et qu'il faille utiliser la maçonnerie de soutènement pour obturer en même temps le découvert. Il eût été fort intéressant de procéder comme je l'avais demandé à la descente d'un tube de plusieurs mètres dans le puisard central et de mesurer le débit au niveau actuel de la cour, par exemple, dans ces conditions d'isolement total du flux thermal par rapport au

puits actuel ; l'expérience n'ayant pas été faite, on ne peut préjuger à l'avance du résultat de cette obturation dont le bilan peut ne pas être automatiquement positif, et la prudence oblige à ne maçonner la base du puits que par piliers séparés. Mais il est nécessaire que leur construction soit établie de façon que l'obturation par apport de moëllons ou de briques à engager entre les piliers puisse permettre ultérieurement des mesures de débit avec l'obturation complète ainsi réalisée.

3/ Des pertes centrifuges auxquelles nous venons de faire allusion sont certainement inhérentes au découvert de la base du puits et leur importance doit croître avec la charge, c'est à dire qu'il est probable que ces pertes sont actuellement plus élevées qu'à l'époque où le Limbe débitait à quelques mètres sous le niveau actuel. D'autre part, le retour à des conditions de débits à un niveau inférieur au niveau actuel, a montré chaque fois que l'expérience en était faite, une amélioration importante de ces débits, amélioration que la théorie et les essais attribuent à la seule influence de la libération du griffon. Il semble donc absolument nécessaire d'envisager pour l'avenir, le fonctionnement normal du Limbe à un niveau inférieur au niveau actuel. Ajoutons qu'on pourra envisager de tirer le parti maximum de cette dépression, lorsque l'étanchéité étant assurée dans l'avenir, très probablement jusqu'au griffon, on n'aura plus à craindre d'arrivées latérales de nappes de surface.

4/ La mesure des débits à la remontée donne dans les conditions actuelles des indications non négligeables sur la localisation et l'importance des fuites, mais l'expérience est à contrôler. D'autre part, cette étude sera surtout à reprendre lorsque on pourra procéder à des essais d'étanchéisation totale du Limbe.

L'allure de la courbe des débits devrait pouvoir alors fixer empiriquement la dépression maximum à appliquer au Limbe sans risque d'introduction d'eaux de surface, l'étanchéité étant réalisée dans les deux sens.

Enfin, le fonctionnement du Limbe à niveau déprimé doit créer dans la cour des Bains et autour des sources, un régime de circulations d'eaux chaudes différent, et très probablement d'un débit notablement diminué, par rapport à la situation actuelle, du fait d'une diminution de charge sur le griffon. Cette perturbation (par "assèchement") devrait être encore plus importante si les essais d'étanchéisation totale du Limbe amenaient comme je le crois, une notable augmentation des débits, et qu'on adopte finalement cette mesure.

Sans aller jusqu'à craindre pour le Limbe une certaine libération de la nappe froide, on peut penser qu'il peut ne pas en être de même pour les autres puits dont le débit thermal est beaucoup plus faible ; c'est ce que nous examinerons ultérieurement.

B- Les autres sources de l'Etablissement.

1/ Sources St-Léger et Valois.

Il paraît indispensable, en un premier stade de ces réaménagements, d'éliminer complètement le cas des puits Valois et St-Léger en raison de leur étroite connexion avec le puits du Limbe.

Cette connexion paraît telle, que toute augmentation du débit du Limbe devrait assécher leur griffon, sans préjudice des arrivées d'eaux de surface dont nous venons de nous entretenir.

Nous savons en effet depuis longtemps que la dépression, à moins de deux mètres, du Limbe, (la bache étant pleine) , abaisse leur niveau et annule leur débit, nous savons d'autre part que le vidage de la bache (le Limbe étant haut) abaisse leur niveau d'environ un mètre et annule aussi leur débit.

Ces données permettent donc de préjuger en partie de l'influence du recaptage du Limbe sur ces sources : dans leur état actuel ces puits peu profonds (2m,75) seront probablement asséchés au niveau de leur griffon.

Les expériences de François, déprimant leur niveau de 2m, avaient montré à une époque où leurs griffons étaient encore aux puits, que leurs débits pouvaient être porté respectivement à 1,7 et à 1,5 de leur valeur à niveau plein, en même temps que le Limbe, déprimé au maximum, donnait lui-même un débit double.

Il faudra se souvenir de ces résultats anciens (obtenus lorsque les deux puits débitaient normalement) , lorsqu'on envisagera de nouveau dans l'avenir leur remise en production, hypothèse qui n'est pas entièrement à éliminer, sur des bases de recaptage à déterminer.

2/ Sources la Reine et Descures.

La remise en valeur de ces deux sources paraît constituer le point le plus délicat du réaménagement de l'ensemble des sources de l'Etablissement ; en effet :

a/ en elles-mêmes d'une part, la source Descures est en nette "perte de vitesse", (mais à un taux moindre que St-Léger et Valois), d'autre part, une connexion est prouvée entre leurs deux alimentations; enfin, la source la Reine garde seule des caractéristiques constantes.

b/ vis-à-vis de l'ensemble du gisement. Ces deux sources se sont montrées entièrement indépendantes du régime du Limbe.

Il ne semble pas judicieux de toucher, pour le moment du moins, à l'alimentation propre à la source la Reine, tandis que le recaptage de la source Descures, moribonde, devrait avoir un certain résultat. Mais la liaison constatée entre les deux sources ne permet pas de préjuger de l'influence d'un recaptage éventuel bien fait de la source Descures sur le comportement de sa voisine la Reine.

Le volume d'eaux thermales, à retrouver par la réfection du captage de Descures, devrait être nettement supérieur à la somme des débits actuels des deux puits. Il n'est pas impossible même qu'on arrive à trouver dans un puits Descures réaménagé un gisement très important, mais ce serait alors au préjudice très probable de la source la Reine.

Le griffon actuel de Descures est dans le rocher du dyke; le sondage que François avait fait exécuter au fond de ce puits était resté dans le rocher, rappelons-le ce qui confirme ici encore la pente vers le NW de la faille majeure.

Pour différentes raisons (dont la moindre ne serait pas la difficulté d'un fonçage dans des cailloutis gorgés d'eaux chaudes à isoler) il faut prévoir le recaptage de Descures au puits même par un ravalement dans le rocher, puis par une recherche en galerie horizontale vers le NW, jusqu'au contact dyke-tertiaire en profondeur. Cette méthode permet de déterminer à l'avance la profondeur de prise qui devrait être de l'ordre de 10 mètres, tandis que la recherche par puits en partant du tertiaire n'aurait pu le faire, à cause de la pente forte de la faille et de la position inconnue de ses gradins.

La profondeur de dix mètres paraît être une moyenne :
- au-delà de laquelle il y aurait quelques risques d'influencer

le Limbe, distant de 45 m. environ de Descures,
- en deçà de laquelle, l'opération peut ne plus être rentable,
la profondeur de captage se ramenant à un même ordre de grandeur
que les captages actuels.

La galerie horizontale peut ne pas dépasser une longueur de
2 à 3 mètres.

Il sera indispensable de revêtir le rocher depuis le griffon principal pour isoler, du rocher, le flux capté et empêcher les pertes vers l'extérieur.

Les revêtements du nouveau captage de la source Descures, indispensables pour éviter les pertes centrifuges, auront également pour objet la défense du puits aux arrivées extérieures.

Le fonctionnement en dépression du Limbe par rapport au niveau actuel peut en effet, nous l'avons vu, modifier profondément le régime des circulations extérieures, et libérer en partie la nappe de surface, retenue jusqu'ici par les pertes chaudes de la faille. Or, l'exploitation de ce " nouveau puits Descures " doit être envisagée à un niveau d'écoulement libre qui charge le nouveau griffon au minimum; la dépression des terrains encaissants qui s'en suivra au sommet du nouveau puits doit donc conditionner la qualité des revêtements qui devront résister aux sollicitations extérieures, d'autant plus pressantes que le niveau de l'écoulement libre serait plus bas.

C - La source du fond du grand bassin

Les mesures du débit de cette source ont montré que les variations de niveau du Limbe, au pompage puis à la remontée

(variation de 5 mètres au total) n'influaient aucunement sur le régime de cette nouvelle venue artificiellement créée. Son débit a même été maximum lorsque le Limbe était au plus bas (24 mc/jour).

Il est inutile de chercher pour le moment le type de relations que cette source peut avoir avec le Limbe, et il paraît évident qu'elle s'alimente à la faille de façon indépendante.

Dans ces conditions il semble opportun de mettre à profit cette indication et de tenter " d'inventer " ici même un gisement complémentaire, à un moment où le groupe Valois-St-Léger est condamné. Il est très vraisemblable d'ailleurs que la venue d'eau ait un cheminement en partie subvertical, facilitant le travail de recherche, suivant une faille marquée par les repâtages au fond du bassin, parallèlement au dyke.

Le débit nouveau à trouver immédiatement étant au minimum de 20 mc/jour, et peut-être davantage, il serait illogique de l'abandonner; par ailleurs, cette recherche pourrait ne pas devoir excéder la dizaine de mètres nécessaires pour s'appuyer sur le rocher du dyke, décalé probablement vers cette source par des gradins.

Il est possible que ce captage assèche en outre la très importante venue annexe existant au canal de vidange du Grand Bassin (côté Ouest).

Le captage est à isoler complètement des argiles et conglomérats tertiaires de la cour, depuis le griffon jusqu'à son niveau d'utilisation.

Résumé de l'étude et conclusion

L'analyse exposée dans les pages précédentes a montré que le gisement hydrothermal de Bourbon-Lancy, composé de cinq sources, est loin de fournir toutes ses possibilités. Mais les données d'ordre géologique que nous possédons actuellement, en particulier grâce à la coupe relevée à la base du puits du Limbe en décembre dernier, donnent le moyen de proposer une méthode de réaménagement qui, tenant le plus grand compte de la nature des roches voisines de la faille thermique, devrait amener une amélioration très notable des débits. Voici les observations apparaissant comme les plus caractéristiques de la situation actuelle :

- la faille thermique débite la plus grande partie de son flux à un niveau très élevé. Or les griffons actuels sont situés pratiquement encore plus haut, presque en surface, où ils distribuent les eaux thermales sans les solliciter ; une grande partie de ce flux se perd ainsi entre les griffons, ou même avant d'y arriver.

De plus, le niveau d'expansion des eaux à l'air libre a été relevé artificiellement de plusieurs mètres, ce qui surcharge d'autant les griffons.

- les eaux captées au fond du Limbe rencontrent avant leur arrivée aux canalisations de départ vers l'Etablissement, des surfaces très importantes de roches poreuses qui drainent une partie de ce flux même vers l'extérieur où il est perdu ; la charge supplémentaire due à l'élévation du niveau de restitution contribue encore plus aisément à cette libération.

Nous étendant à l'ensemble du gisement, la méthode à utiliser est donc un recaptage complet et rationnel de l'ensemble des sources, par prise d'eau à la faille même et obturation

des zones découvertes jusqu'au niveau d'utilisation.

A - Le Limbe a une constance de caractéristiques telle qu'il n'apparaît pas nécessaire pour le moment de descendre une recherche par sondage jusqu'au rocher. Il est toutefois indispensable :

1/ de soutenir par piliers la base de la maçonnerie romaine,
2/ de procéder à un essai de débit par une canalisation verticale étanche, descendue au plus bas dans le chenal central d'arrivée.

3/ de ménager la construction de la maçonnerie de façon à pouvoir obturer ultérieurement tout le découvert actuel existant à la base du puits.

4/ de procéder à une série d'essais des caractéristiques du puits dans les nouvelles conditions. Parmi ces essais la courbe des débits, en fonction de la hauteur d'eau, obtenue à la remontée des eaux devraient éclairer :

- sur la position de fuites éventuelles,
- surtout sur l'importance du débit réel à chaque niveau.

Cette indication est tout-à-fait fondamentale, ne serait-ce que pour fixer empiriquement le niveau d'utilisation à débit maximum, compatible avec les installations de distributions actuelles.

5/ enfin et surtout de prévoir le fonctionnement du Limbe à un niveau libre, inférieur d'au moins 2 m. au niveau actuel.

B - Le groupe la REINE-DESCURES devra être ensuite réaménagé sur les mêmes principes.

On ravalera le puits Descures sur une profondeur de 10 m., puis on partira en galerie, vers le NW, jusqu'au contact de la faille thermique. Cette recherche permettra probablement de localiser un griffon dont le débit pourrait ^{être} d'un ordre de grandeur très différent du débit actuel de l'ensemble des deux sources.

Il faudra prévoir le revêtement complet de ce nouveau captage, ainsi que des essais de débit à différents niveaux avant de pouvoir fixer le niveau d'utilisation.

C/ La source du fond du Grand Bassin devra être captée, et remplacer ainsi les sources Valois et St Léger appelées à disparaître.

La contrepartie de ces travaux sur les installations actuelles peut être évoquée de la façon suivante :

- Assèchement d'une partie des pertes actuelles, au dyke, à la bache, au bassin de refroidissement, et en général dans le substratum de la cour des Bains.

- Assèchement probable des sources St-Léger et Valois ; assèchement possible de la source de la Reine.

- Réintroduction dans le substratum de l'Etablissement et en particulier autour de tous les puits, des nappes froides tenues jusqu'ici en pression par les pertes d'eaux chaudes.

Le résultat qu'on peut attendre par contre de ces travaux bien exécutés devrait être :

- L'augmentation des débits utiles qui peut être très considérable.

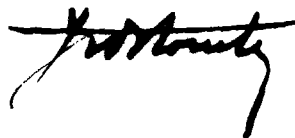
- Un certain équilibre de production par la réduction à deux des débits importants, obtenus par des puits de profondeur comparable, situés aux deux extrémités du gisement local : Limbe et Descures.

- La possibilité de revenir ultérieurement au réaménagement du puits Valois, intermédiaire, par une méthode à tirer des enseignements des deux recaptages précédents, ainsi que des données anciennes qu'on ne devra pas perdre de vue.

L'augmentation notable des débits, aurait entr'autres avantages complémentaires celui de répondre aux préoccupations de certains spécialistes, médecins, physiciens ou chimistes, qui ont étudié les propriétés des eaux thermales de Bourbon à leurs différents points d'utilisation.

Rappelons simplement à ce sujet les conclusions du rapport de Mme Blanquet, déjà cité, sur la nécessité d'obtenir dans les différents points d'utilisation de l'Etablissement des eaux "jeunes" c'est à dire n'ayant pas perdu par détente une partie importante de leurs caractéristiques (pouvoir réducteur, minéralisation, radioactivité). Or, l'augmentation des débits a toujours apporté des eaux plus chaudes et plus proches de leurs propriétés originales, dans le cas d'un gisement simple comme celui de Bourbon-Lancy.

PARIS Mai 1954



J.P. DESTOMBES

TABLE DES FIGURES

	Pages
Fig. 1 - Coupe de la cour des Bains	5
Fig. 2 - Puits et émergences des Thermes de Bourbon	Planche I hors-texte
Fig. 3 - Coupe géologique du puits du Limbe ..	8
Fig. 4 - Position des puits Limbe et Valois ..	11
Fig. 5 - Position des différents puits par rapport à la faille majeure	12
Fig. 6 - Le dyke aux environs de l'Etablissement thermal	14
Fig. 7 - Puits, lavoirs et sources chaudes des environs de Bourbon Lancy	19
Fig. 8 - Gravimétrie aux environs de Bourbon- Lancy	22
Fig. 9 - Les cinq puits de l'Etablissement	Planche II hors-texte
Fig. 10 - Puits du Limbe	Planche III hors-texte
Fig. 11 - Schéma d'alimentation des puits	35
Fig. 12 - Les sources thermales de la Limagne septentrionale	45

TABLE DES ANNEXES

- 1) Etude pétrographique des roches du découvert du Limbe
- 2) Mesures du débit 1953-1954
- 3) Composition chimique des eaux du Limbe et de la Reine (1952)

ANNEXE 1

a) Sable conglomératique du fond du puits du Limbe

Dimensions : 50 à 2000m

- quartz idiomorphe (granulitique)
 - quartz roulé
 - quartz peu roulé
 - quartz à facettes
- feldspaths roses, blancs.
- pyrite
- phyllites de micas
- galets de marnes vertes micacées, de même nature que les marnes des épontes
- oxydes de manganèse et de fer noirâtres

b) Conglomérat à gros éléments roulés (2 à 5 cm) ciment marno-sableux friable (Limbe)

Eléments :

- microgranite altéré
- granulite rose
- diorite
- quartz gris
- quartzite noir et gris

OBSERVATIONS FAITES LE 28 DECEMBRE 1953
pendant l'abaissement du niveau de la source du LIMBE
La bache souterraine étant en dépression

Horaires des Opérations : 11 H 30 à 14 H.

1°) Influence de la dépression progressive du LIMBE
sur le régime des autres sources

Heure :	Limbe	:St.Léger :	Valois :	Reine :	Descures
11 H 30	:cote normale:- 1 m 00	:- 1 m 03	:cote normale	:cote normale	
12 H	:- 2 m 50	:- 1 m 03	:- 1 m 03 :	" :	"
12 H 15	:- 4 m 40	:- 1 m 06	5:- 1 m 03 :	" :	"
12 H 30	:- 4 m 80	:- 1 m 12	:- 1 m 04 :	" :	"
12 H 45	:- 6 m 00	:- 1 m 16	:- 1 m 05 :	" :	"
14 H	:- 6 m 60	:- 1 m 26	:- 1 m 10 :	" :	"

2/ Influence de la dépression progressive du Limbe
sur le régime des fuites

a) émergences dans la bache : Aucune observation n'a été faite ;
les fuites étant inaccessibles, l'eau s'écoulant mal dans la bache.

b) émergences le long du dyke : Leur régime ne semblait pas être
affecté par la dépression progressive du LIMBE.

MESURES DES DEBITS

faites le 25 janvier 1954 entre 16 H et 17 H.
(bâche souterraine complètement vidée)

1°) Débits des sources à la cote normale

Le LIMBE : 215 l EN 80", soit : 9660 l/heure ou 231 m³ 840/jour
St-LEGER : débit nul - niveau de l'eau à -1 m 01 au-dessous de la margelle supérieure
VALOIS : débit nul - niveau de l'eau à - 1 m 03 au-dessous de la margelle supérieure
La REINE : 10 l en 32", soit : 1125 l/heure ou 27 m³ /jour
DESCURES : 10 l en 150", soit : 240 l/heure ou 5 m³ 760/jour

2°) Débits des émergences observées le long du dyke

Trois fuites d'eau thermale sont observées en bordure du dyke

a) deux d'entre elles sont recueillies dans un canal latéral au dyke qui les déverse dans la bâche souterraine par un conduit spécial, à l'orifice duquel nous avons observé un débit de 10 l en 40" soit : 900 l/heure ou 24 m³ 600/jour.

b) la troisième n'est pas captée. Elle est dirigée vers le canal souterrain d'évacuation où il est impossible de mesurer son débit.

3°) Débits des deux émergences observées dans la bâche souterraine

Elles sourdent au sol de la bâche, en face des sources St-Léger et Valois. Leur débit n'a pas été mesuré, mais il est nettement supérieur à celui des fuites du dyke.

NOTA : Le débit du Limbe a été mesuré :

- d'une part, en comptant le temps moyen de remplissage d'un fut de 215 l.
- d'autre part, en comptant le temps (1 heure) qu'il a fallu pour remplissage d'un bassin aménagé (9 m³ 675) dans le bassin central de réfrigération.

OBSERVATIONS FAITES LE 23 FEVRIER 1954

Horaire des Opérations : 16. à 19 H.

LIMBE déprimé à moins 2 m.

Bâche Souterraine pleine depuis 24 H.

1°) Débits et températures des sources

	<u>Cote</u>	<u>Débits</u>	<u>Température</u>
LIMBE	- 2 m	9 m3 665 en 45' (12 m3 887/heure)	57°
St-LEGER	- 0 m 38 (1)	nul	49°
VALOIS	- 0 m 38 (1)	nul	41°
REINE	normale	10 l en 32" (1 m3 062/heure)	50°
DESCURES	normale	10 l en 70" (514 l/heure)	49°

2°) Emergences le long du dyke

	<u>Cote</u>	<u>Débits</u>	<u>Température</u>
1ère émergence Niveau de la cour		10 l en 3'10" (190 l/h)	47°
2ème émergence	"	10 l en 3'30" (171 l/h)	46°
3ème émergence	"	10 l en 3'50" (156 l/h)	49°

I - ETUDE DU REGIME DU LIMBE

Relevé des Opérations effectuées par M. VOISIN

1°) Débit du Limbe à la cote normale
(bâche souterraine vide)

25 janvier 1953	de 16 H à 17 H	:	9 m3 675 en 1 H.
26 "	" de 10 H à 11 H	:	" "
27 "	" de 10 H à 11 H	:	" "

2°) Débit du Limbe à la cote - 2 m, par rapport à la cote normale
(bâche souterraine vide)

27 janvier 1953	de 10 H à 11 H	:	9 m3 675 en 47"
1er février "	de 10 H à 11 H	:	" 46'
1er " "	de 16 H à 17 H	:	" 46'
2 " "	de 10 H à 11 H	:	" 45'30"
3 " "	de " "	:	" 46'
4 " "	de " "	:	" 46'30"

Interruption des jaugeages du 5 au 7 inclus, laissant le Limbe à la cote moins 2 m.

8 février 1953	de 10 H à 11 H	:	9 m3 675 en 46'30"
9 " "	de " "	:	" 46'
10 février "	de " "	:	mesure faussée par une
		:	fuite dans le bassin de
		:	distribution
11 " "	de " "	:	" " " " "

Interruption des jaugeages du 12 au 16 inclus, pour colmater la fuite du bassin de distribution. Pendant ce temps le Limbe débitait à sa cote normale.

Reprise des jaugeages le 17 février, à la cote de - 2 m.

17 février 1953	de 10 H à 11 H	:	9 m3 675 en 47'
18 " "	de " "	:	" 47'
19 " "	de " "	:	" 47'

Interruption les 20 et 21, avec relèvement du niveau du Limbe à sa cote normale pour alimenter les bains-douches de l'Etablissement Thermal. Pendant ce temps la bâche souterraine a été remplie

.../...

2°) Débit du Limbe à la cote - 2 m, par rapport à la cote normale
(bâche souterraine pleine)

22	février	1953	de	16 H	à	17 H	:	9 m3 675	en	47'
23	"	"	de	"	"	"	:	"	"	47'
24	"	"	de	"	"	"	:	"	"	47'
25	"	"	de	"	"	"	:	"	"	47'
26	"	"	de	"	"	"	:	"	"	47'

II.- AUTRES MESURES EFFECTUEES PAR M. VOISIN

Débit des émergences de la bâche souterraine.

Le 8 février 1953

1ère fuite	de	10 H	à	11 H	:	10 l en 39"	{	923 l/Heure	}
2ème fuite	de	"	"	"	:	10 l en 39"	{	923 l/Heure	}

Le 9 février 1953

1ère fuite	de	10 H	à	11 H	:	10 l en 39"	{	923 l/Heure	}
2ème fuite	de	10 H	à	11 H	:	10 l en 35"	{	1030 l/Heure	}

ANNEXE 3

Composition chimique des eaux du LIMBE et de la REINE en milligramme par litre

Extrait du rapport L. Blanquet 21- 11- 1952, page 4.

	Source Limbe	Source Reine
<u>CATIONS</u>		
-Poids du résidu sec à 180°	1. 736	1. 724
-Potassium K +	41	40
-Sodium Na +	528	515
-Lithium Li +	présence	présence
-Calcium Ca ++.....	84	88
-Magnésium Mg ++.....	3	4
-Fer Fe ++.....	1, 3	0, 8
-Manganèse Mn + #	présence	présence
<u>ANIONS</u>		
-Sulfurique SO ⁴ --	87	88
-Chlore Cl -	782	782
-Carbonique CO ³ H _ :.....	288	281
-Arsenic As	de l'ordre de 1/10 de milligramme	
Silice SiO ²	69	69
Anhydride carbonique libre CO ²	47	43

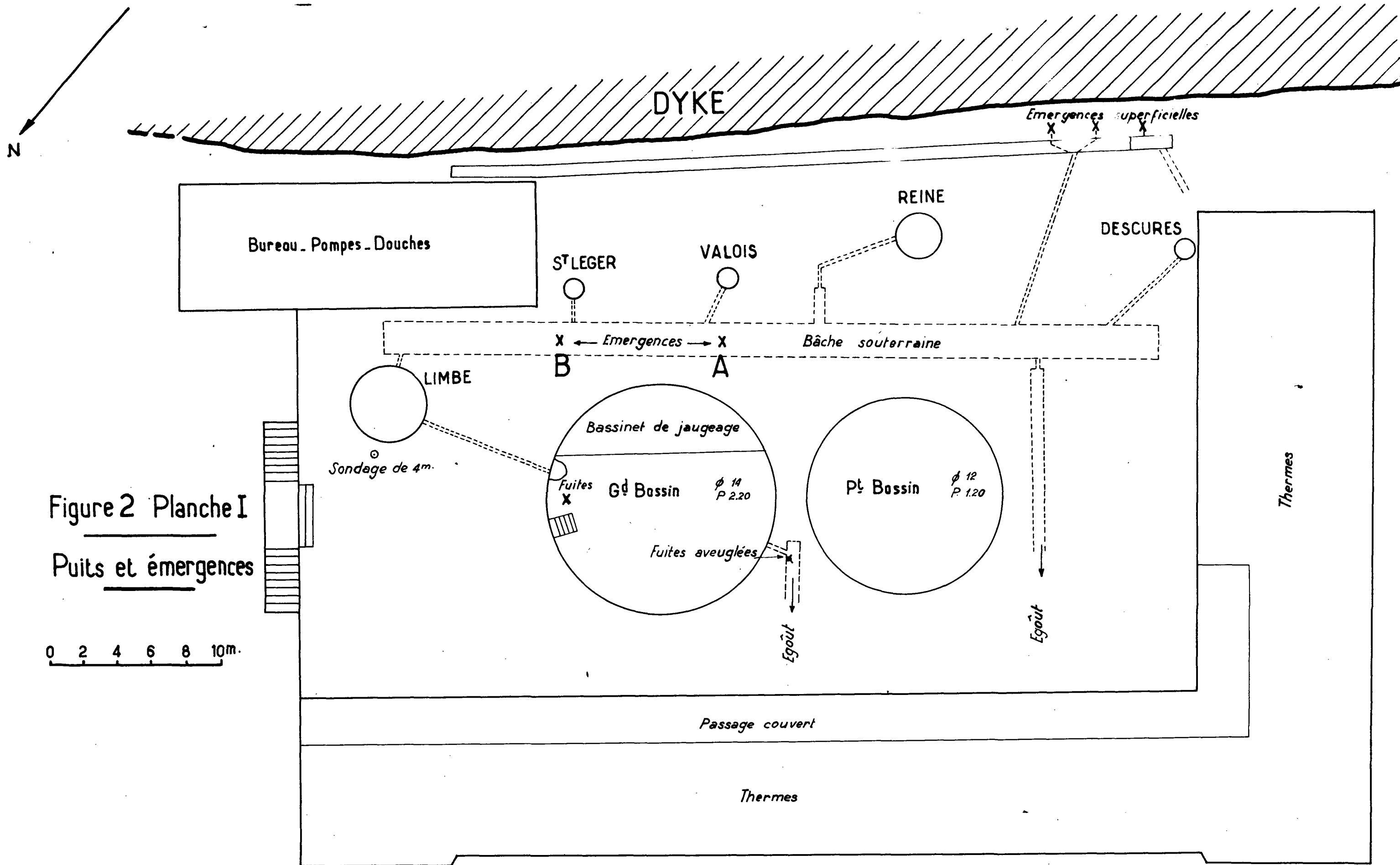


Figure 2 Planche I
Puits et émergences

0 2 4 6 8 10m.

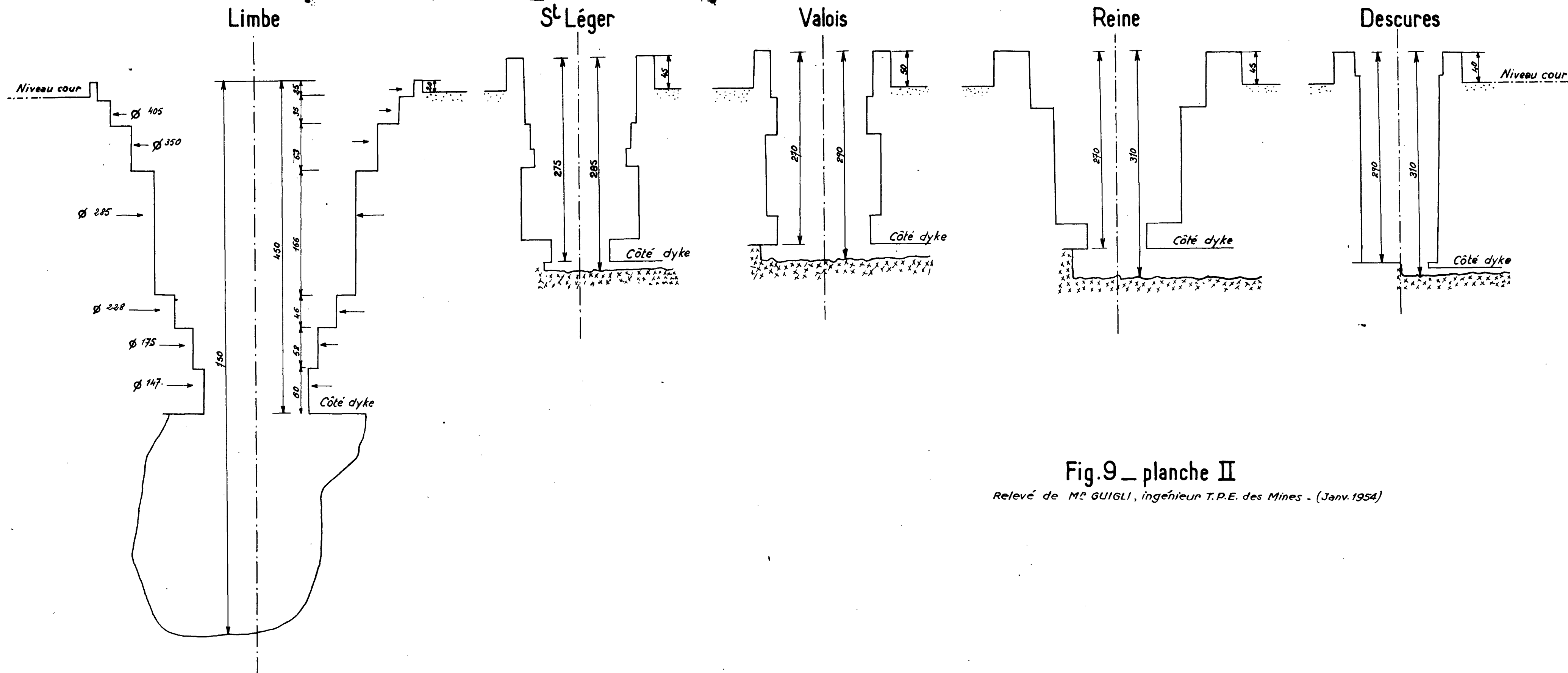


Fig.9 _ planche II

Relevé de M^r GUIGLI, ingénieur T.P.E. des Mines - (Janv. 1954)

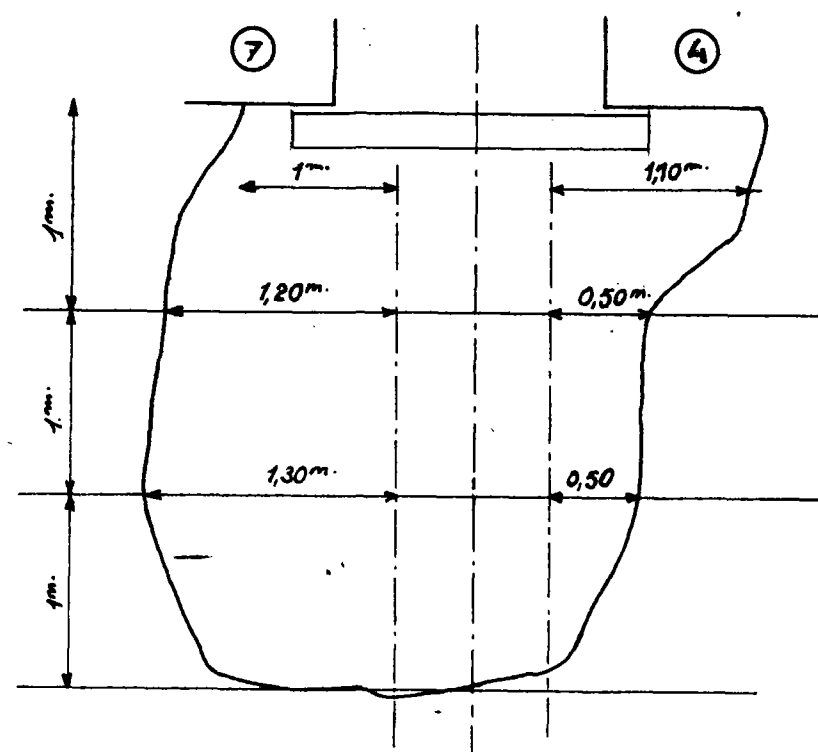
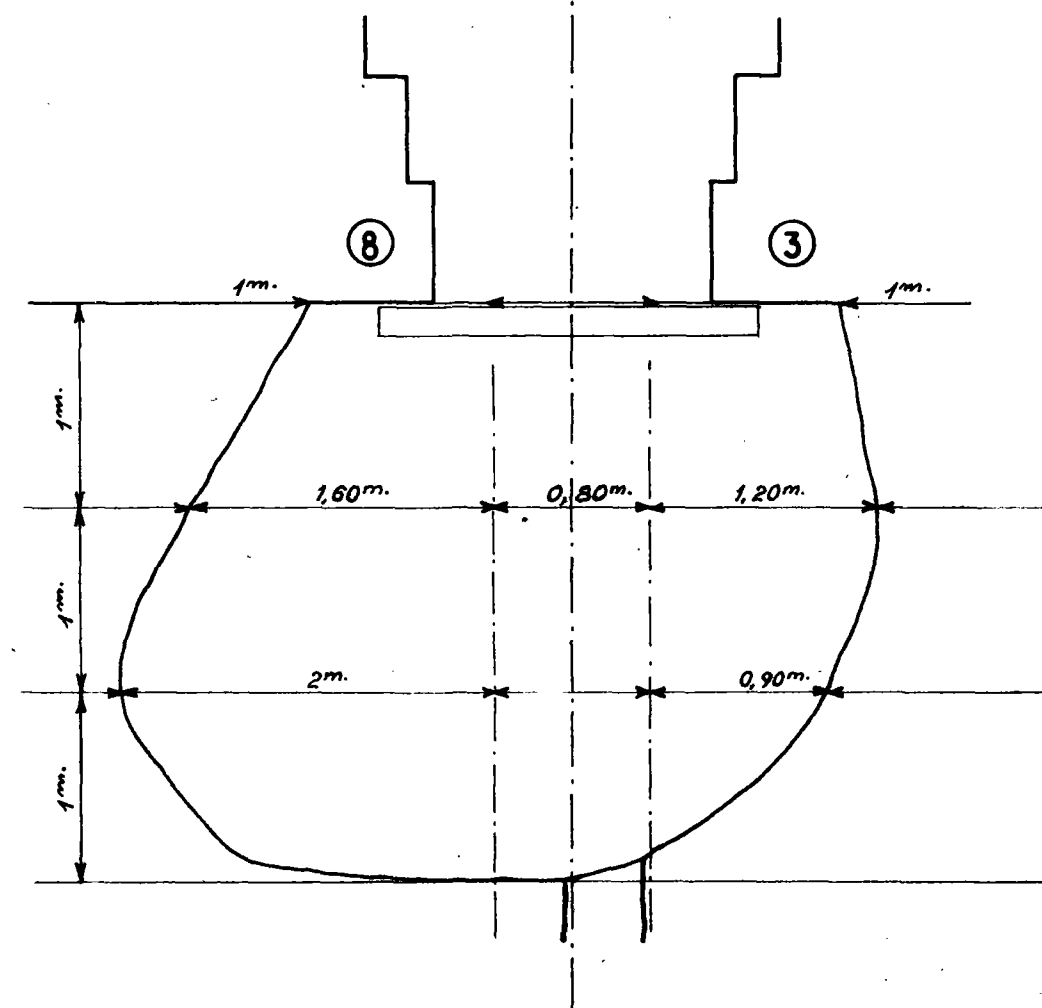


Fig.10 _ planche III
PUITS DU LIMBE
Coupes et projection - partie non maçonnée
Echelle 1/40^e et 1/20^e

