



BRGM

MINISTERE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE
SERVICE INTERDÉPARTEMENTAL DE L'INDUSTRIE ET DES MINES
11, rue Curie - 69456 LYON CEDEX 3 - tél (78) 52.25.03

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DES SOURCES DE DIVONNE-LES-BAINS (AIN)

par P.MOREL
Ingénieur ICN

77 SGN 583 JAL

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
B.P. 6009 - 45018 ORLEANS CEDEX - tél (38) 63.80.01

SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL JURA-ALPES
B.P. 6083 - 69604 VILLEURBANNE CEDEX - tél (78) 52.26.67

LYON, NOVEMBRE 1977

A V E R T I S S E M E N T

LE SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL JURA-ALPES DU
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES, TOUT EN
LAISSANT À MONSIEUR MOREL LA RESPONSABILITÉ DES RÉSULTATS
ÉNONCÉS ET DES HYPOTHÈSES AVANCÉES DANS SON RAPPORT, A
TENU À MARQUER SON RÉEL INTÉRÊT POUR SES PRÉCIEUX TRAVAUX
D'OBSERVATION, EN EN FAVORISANT LEUR PUBLICATION ET DIF-
FUSION, DANS LE CADRE DES TRAVAUX D'INTÉRÊTS RÉGIONAUX.

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SOURCES

DE DIVONNE-LES-BAINS (AIN)

par P. MOREL*

77 SGN 583 JAL

R É S U M É

Monsieur MOREL, dans son rapport, rend compte des résultats de ses très intéressantes observations géologiques, hydrogéologiques, hydrothermiques et hydrochimiques, liées aux sources de Divonne-les-Bains.

Il tente, à partir de ceux-ci, de donner une interprétation de leur mécanisme.

Ce rapport a été publié dans le cadre des travaux d'intérêts régionaux.

Outre le résumé, ce rapport contient 52 pages (le texte, 3 annexes, et 15 figures hors texte).

* ingénieur chimiste de l'Université de NANCY, chercheur indépendant.

T A B L E D E S M A T I E R E S

1 - <u>INTRODUCTION</u>	1
2 - <u>GEOGRAPHIE - GEOLOGIE</u>	2
3 - <u>CLASSEMENT ET DESCRIPTION DES SOURCES ; LEURS CARACTERISTIQUES</u>	5
31 - MESURES EFFECTUEES	5
32 - CLASSEMENT DES SOURCES ETUDIEES	6
33 - DESCRIPTION DES SOURCES	7
331 - <u>Groupe A</u>	7
332 - <u>Groupe B</u>	12
333 - <u>Groupe C</u>	15
334 - <u>Sources diverses</u>	19
34 - ANALYSES CHIMIQUES	21
35 - DEBIT DES SOURCES - IMPLUVIUM	23
36 - EXPERIENCES PAR TRACEURS COLORANTS	27
4 - COMMENTAIRES - CONCLUSIONS	28

T A B L E D E S A N N E X E S

Annexe 1 : Principales dépressions fermées du Jura divonnais et des environs sud de la D61e	33
Annexe 2 : Extraits de la bibliographie	35
Annexe 3 : Graphiques et croquis descriptifs	38

1 - INTRODUCTION

Un certain nombre de contretemps, dont nous n'avons pu toujours nous rendre maîtres, nous ont empêché de publier plus tôt les observations que nous avons faites, à partir de 1946, sur les sources de l'Etablissement Thermal de DIVONNE LES BAINS (Ain) et sur différentes sources de type également vaucclusion rencontrées sur le pourtour des collines proches de cette localité (Mont MUSSY, Mont MOUREX, RIAMONT).

Nous prions le lecteur de nous excuser de ce retard. *

Les observations géologiques que nous avons faites en 1945-1946 sur ces avant-monts qui, entre GEX et DIVONNE relie la plaine du Léman à la haute chaîne du JURA, nous avaient montré que leur escarpement Nord souligne une fracture importante à caractère de décrochement, pouvant diriger les chenaux souterrains par lesquels les eaux sont conduites du Jura à leurs diverses émergences.

L'Etude des sources précitées nous a montré une certaine complexité de leurs caractères, puisque nous avons pu, dans l'évolution de leurs températures au cours du temps, distinguer trois régimes : l'un d'eux correspond aux sources de l'Etablissement Thermal hydrothérapique (7 à 8,5°C.), un autre plus froid se situe remarquablement sur le parcours de la fracture en question (F2), le dernier, enfin, nettement plus chaud (certaines sources atteignent presque 15°C. même en hiver), donc de classement hypertherme selon SCHOELLER, apparaît bordant le pied Sud-Oriental de la Colline de MUSSY-MOUREX, en une bande recoupant les lignes de sources des deux premiers régimes aux environs de la Source de la DIVONNE-VERSOIX.

Les eaux de l'Etablissement Thermal, créé en 1859 par le Docteur Paul VIDART, qui leur avait trouvé la température constante de 6°,5, étaient et sont encore utilisées en douches et en jets pour le traitement de certaines affections nerveuses.

L'Etude qui suit, non exhaustive, comprend surtout des relevés de températures, et, dans la mesure de nos possibilités d'alors, l'observation (au moins approximative) des débits.

Quelques analyses chimiques confirment les distinctions que l'examen des températures avait montrées. Enfin, quelques expériences, à l'aide de traceurs, ont confirmé la relation pressenti entre diverses sources.

* Nous tenons à remercier Monsieur Charles CRETIN, de DIVONNE, dont l'aide soutenue nous a permis également de poursuivre des observations au-delà de 1947.

2 - GEOGRAPHIE - GEOLOGIE

La ville de DIVONNE est située au pied de la corne Nord-Est du Mont MUSSY, colline soudée elle-même à celle du Mont MOUREX (l'ensemble n'en formant qu'une seule allongée du S.W. au N.E. sur un peu plus de 5 Kms).

Les flancs Nord et Est-Nord-Est sont assez abrupts, alors que la partie méridionale s'évase en large croupe entre GRILLY et les environs de GEX.

Le profond vallon de Vesancy (vallée morte à méandres) sépare les Monts MUSSY-MOUREX de la Colline de RIAMONT, plus élevée, qui s'adosse directement à la haute chaîne du Jura, dont elle est séparée par le petit col de la "Plaine aux Suisses". RIAMONT comporte, au-dessus d'un plateau légèrement incliné bordant le vallon de Vesancy, un groupe de deux petits sommets (925 et 941 m.).

La haute chaîne du Jura (Crêt d'eau, Reculet, Colomby de Gex) qui s'abaisse à 1.320 m. au col de la Faucille, subit alors une torsion vers l'Est, après quoi, plus au Nord-Est, elle reprend sa direction SW - NE précisément à sa soudure avec le contrefort de RIAMONT; changeant d'ailleurs de style en passant d'une crête souvent aigüe (au S.W. du col) à une zone de plateaux sillonnés de petites dépressions rectilignes se recoupant les unes les autres et qui aboutissent parfois à des Ruz, comme c'est le cas de la "Combe de l'Eau" sur le versant oriental de ce Jura divonnais, dont l'allure se transforme dès la frontière et passe aux chainons bien accusés de la zone de la Dôle.

Le pays de GEX, ainsi dominé par le Jura et ses contreforts de MUSSY - MOUREX - RIAMONT, est une région parcourue de petits cours d'eau, souvent transversaux par rapport à la chaîne, mais aboutissant à des rivières collectrices à tendance longitudinale (DIVONNE-VERSOIX, ALLONDON).

Précisons qu'aux pieds Nord de RIAMONT et du Mont MUSSY, le ruisseau du "MUNET" collecte non seulement les eaux superficielles, mais aussi celles du second groupe de sources que nous avons cité, pour les apporter à la DIVONNE-VERSOIX qui décrit un arc de cercle entre sa source et l'agglomération de DIVONNE qu'elle traverse pour border ensuite un espace marécageux. Puis, servant bientôt de frontière entre la FRANCE et la SUISSE, sur plus de dix kilomètres, avant de se diriger vers la ville de VERSOIX, la rivière s'y jette alors dans le LEMAN.

Entre DIVONNE et GRILLY, on note des petits ruisseaux et des marais au pied du Mont MUSSY-MOUREX, lequel est limité au Sud-Ouest par le torrent de l'Oudart, auxquels se joignent quelques ruisseaux issus de la région de Vesancy.

On consultera pour la géographie le D.E.S. de R. TARDY, LYON 1952 (18).

Pour la géologie, nous avons, dans une publication antérieure (11) précisé la constitution des collines de MUSSY-MOUREX-RIAMONT, d'ailleurs déjà étudiées par SCHARDT (15).

Rappelons que les Collines RIAMONT, MUSSY-MOUREX, formées principalement de calcaires jurassiques et infracrétacés, recouverts partiellement de glaciaire surtout alpins, émergent de la plaine noyée elle-même sous les terrains quaternaires. Parfois la molasse chatienne (particulièrement entre DIVONNE, GRILLY et TUTEGNY) apparaît plaquée entre le soubassement crétacé et le revêtement glaciaire ou fluvio-glaciaire.

Un premier anticlinal (déjà signalé par SCHARDT), dont le MUSSY-MOUREX représente le flanc Sud-Est, parfois renversé, est profondément érodé jusqu'au Portlandien par le vallon de VESANCY, lequel à la vérité est une combe. Au plateau qui porte la chapelle de RIAMONT, les couches s'inclinent vers le N.W.; puis formant un synclinal dissymétrique, se redressent brusquement, non pas pour se relier à la haute chaîne comme l'avait décrit SCHARDT, mais pour donner naissance à l'anticlinal aigu de RIAMONT, que divise, entre deux sommets (925 m. et 941 m.), une petite combe purbeckienne.

Un nouveau synclinal, couché et plus étroit, relie cette fois l'anticlinal de RIAMONT à celui de la haute chaîne dont le flanc oriental est, ici renversé, comme c'est assez souvent le cas. Après quoi, la zone de hauts plateaux du Jura Divonnais (1.200 à 1.400 m.), en deux gradins successifs séparés par faille longitudinale (F5), présente des couches voisines de l'horizontale, mais qui plongent ensuite par Pli-faille vers le Synclinal molassique de la Valserine, ou plus au Nord, vers le prolongement méridional du Synclinal de Léseney (Voir LAGOTALA (9) qui rejoint celui de la Valserine aux environs de la Vatay.

RIAMONT-MUSSY-MOUREX, surgissent de la plaine à la façon d'un "Horst", deux fractures importantes les affaissant à leurs extrémités.

D'une part, au Sud-Ouest, un accident NNW - SSE (noté F1) nous paraît prolonger ceux qu'on observe au Creux du Cerf (au second coude de la haute chaîne), et d'autre part, un accident W.N.W. - E.S.E. (noté F2) s'exprime remarquablement par la topographie, puisqu'il tranche comme au couteau les flancs Nord de MUSSY et de RIAMONT.

Ce dernier accident présente un caractère de décrochement, comme on peut le constater à l'ancienne carrière du "Vieux Bois". Le compartiment Nord a disparu ou bien s'est enfoncé assez profondément et ne se remarque plus, le glaciaire recouvrant alors tous les terrains. L'examen des surfaces de friction laisse à penser que, de même qu'à la Faucille et à Saint-Cergue, la lèvre Nord s'est avancée vers l'Est.

On notera que la Source de la DIVONNE-VERSOIX et que celles de l'Etablissement Thermal se placent à l'extrémité de cette fracture.

On verra plus loin l'intérêt de quelques failles qui, soit longitudinales, soit transversales, affectent ces collines.

Un pendage général d'environ 10% y incline l'ensemble des couches vers le Nord-Est.

Donnons quelques détails sur la montagne avoisinante où les failles dessinent dans la topographie des plateaux du Jura Divonnais, cette sorte de "quadrillage losangique" déjà signalé par Vincienne (20), que nous avons mentionné plus haut et remarquablement visible sur les photographies aériennes.

Les couches du second gradin de plateaux du Jura Divonnais, surélevé d'une centaine de mètres par rapport au premier se renflent légèrement au Nord-Ouest (Voir environs de PUTHOD), puis retombent assez brusquement sur l'autre versant (Synclinal de la Valserine et annexes). Un pli-faille met en contact le Portlandien supérieur du renflement, soit avec le Néocomien du prolongement méridional du synclinal de Léseney, soit avec la molasse de la vallée de la Valserine.

Cet important accident se poursuit plus au Sud-Ouest le long de cette vallée, accompagné parfois de décoiffements (La Faucille, région de Chézery, etc...) (Voir les travaux de Vincienne (20,21).

Cet aspect du Jura divonnais cesse plus au Nord-Est où une longue fracture transversale suit pendant plusieurs kilomètres le tracé de la frontière franco-suisse. Dirigée Est-Sud-Est, elle est à peu près parallèle aux accidents majeurs de ST-CERGUE et de la Faucille. Dès son passage, à la zone des plateaux du Jura Divonnais, succède alors la série des anticlinaux parfois aigus, des massifs de la Barillette, de la Dôle et de la Pétroulaz. L'altitude se relève; les forêts font plus souvent place aux pâturages et même à la roche nue. La Barillette reste toutefois très boisée.

Le flanc oriental de la haute chaîne, dominant la plaine du pays de GEX, est constitué, dans la région de Divonne, de Kimeridgien, de Portlandien verticaux ou parfois renversés. L'entaille du Ruz de la Combe de l'eau met à nu un peu de Séquanien en petits bancs calcaires séparés par des délits marneux; mais l'ensemble du Jurassique supérieur divonnais constitue un Karst boisé, ne laissant place qu'à des pâturages peu nombreux.

3 - CLASSEMENT & DESCRIPTION DES SOURCES - LEURS CARACTERISTIQUES

3.1. - Mesures effectuées

Elles ont surtout consisté en des relevés de température aux Griffons des Sources, celle-ci se montrant souvent un bon indice des trajets de l'eau souterraine (Voir SCHOELLER (17)). La température lue au 1/100 ou au 1/50 de degré avec les précautions d'usage nous a fourni des décimales suffisamment significatives et a permis de déceler des particularités intéressantes. Nous n'avons pas considéré dans cette étude, les sources dont les débits trop faibles risquaient de faire subir à leur température des influences parasites trop importantes.

Dans la mesure de nos faibles possibilités, nous avons mesuré un certain nombre de débits; mais le plus souvent, et en corrélation avec les relevés de température, nous avons rapporté des hauteurs de repères pour en suivre les variations relatives. Le but que nous cherchions à atteindre à cette époque exigeait des observations quotidiennes aux principales sources; nous n'avons donc, faute d'appareillage adéquat, pu mesurer aussi fréquemment qu'il aurait été désirable d'autres variables que la température.

A la source VIDART (n°1), que nous avons choisie comme témoin, nous avons établi un repérage graduel grâce à un dispositif qui nous donnait la hauteur du jet d'eau au-dessus de l'orifice de sortie. Des manoeuvres de vannes inattendues ayant parfois modifié la hauteur de l'eau de bassin et corrélativement celle du jet, nous en avons tenu compte en signalant ces discontinuités sur les graphiques.

Un certain nombre d'analyses chimiques et quelques essais à l'aide de traceurs colorants ou chimiques, nous ont fourni des résultats intéressants; mais il est évident que des méthodes modernes pourraient apporter à l'étude hydrogéologique de cette région des résultats hautement intéressants. Nous avons utilisé des relevés météorologiques quotidiens faits à DIVONNE pendant plusieurs années sous le patronnage des services officiels; on les retrouvera sur les graphiques concernant l'étude détaillée des sources. En leur absence, nous avons, nous-mêmes, effectué un certain nombre d'observations à DIVONNE même, et souvent aux abords même des sources. Nous n'avons pu remplacer toutefois les mesure pluviométriques, mais nous avons, dans une certaine mesure, donné les valeurs trouvées à la Station Météorologique de GENEVE; dans ce cas, elles sont annotées "G" sur les graphiques.

Il aurait encore été plus intéressant de disposer des valeurs concernant la montagne même, mais l'absence à cette époque de tout poste d'observation en altitude dans le Jura proche, fait que nous n'avons pu qu'utiliser les valeurs trouvées en plaine.

L'altitude à laquelle s'abaissait une chute de neige, ainsi que celle de l'enneigement effectif ont été estimées, d'après l'examen visuel des aspects bien connus de l'atmosphère et de la montagne. Ce point nous paraît intéressant pour rendre compte des modalités de l'alimentation des réserves souterraines.

La durée des observations a été subdivisée en périodes correspondant en principe chacune à un cycle de précipitations pluvieuses ou de fonte des neiges suivies de décrues. La légende ci-jointe donne l'explication des signes utilisés dans les graphiques.

3.2. Classement des Sources étudiées

Le D.E.S. de R. GROSGURIN (LYON 1954) (6) sur l'hydrologie du pays de GEX, mentionne trois origines principales aux sources de cette région :

- (1) Les eaux d'infiltration directe, se mouvant dans le manteau hétérogène glaciaire ou fluvio-glaciaire qui recouvre la plaine jusqu'à 500 - 700 m,
- (2) Les eaux émergeant des calcaires jurassiens,
- (3) Les eaux d'un type mixte, issues des calcaires et infiltrées sous la couverture molassique ou glaciaire.

Bien que certaines émergent directement du calcaire, la plupart des sources que nous avons étudiées semble correspondre à la troisième origine; mais la proximité du calcaire pour les sources de l'établissement thermal et la source de la DIVONNE-VERSOIX, ainsi que pour quelques autres, est telle qu'elles présentent les caractères de celles issus directement des calcaires jurassiens.

Nous avons laissé de côté les eaux du premier type, malgré l'intérêt qu'elles peuvent parfois présenter comme eaux potables, par suite de filtrations possibles, mais qui, pour notre étude risquent de subir par trop les influences des températures du sol et de l'air.

Après un premier examen des sources de l'établissement thermal, nous avons été amenés à considérer les sources jaillissant sur la ligne de fracture (F2) où nous avons remarqué deux régimes dans les variations de température. Certaines anomalies nous ont ensuite fait découvrir un autre régime dans un certain nombre de sources au pied oriental du Mont MUSSY-MOUREX, sources où la température se relève progressivement jusqu'au hameau d'ARBÈRE, régime qui se poursuit jusqu'aux environs de GRILLY.

Ces observations préalables nous ont donc fait classer les sources en trois groupes :

- . Groupe A : Sources de l'établissement thermal, Source de la Mélie, Source de la Divonne-Versoix (Griffons côté Alpes c'est-à-dire S.E.) Les températures oscillent entre 7° et 8,5°C.

- . Groupe B : Source de la Divonne-Versoix (Griffons côté Jura, c'est-à-dire N.W.).
Sources du Vieux-Bois, de la Cabusse, de la Toupe.
(toutes jalonnant la fracture F2, les températures oscillent entre 6,5 et 8°C).
- . Groupe C : Son influence se fait déjà sentir sur quelques sources au voisinage de la source de la Divonne-Versoix, mais on note principalement :
Source de Mi-Fontaine, Sources du Magdelon à Arbère.
Les températures s'étalent entre 9° et 15°C.

On notera que les sources étudiées ne présentent pas de variations périodiques diurnes de la température.

3.3.- Description des Sources

3.3.1. - Groupe A

(a) Sources de l'établissement ou Sources voisines :

- . Source VIDART (n°1) coordonnées Lambert :
x = 892,370 y = 157,795
- . Source AUSON E(n°2) coordonnées Lambert :
x = 892,390 y = 157,820
- . Source EMMA (n°3) coordonnées Lambert :
x = 892,380 y = 157,835
- . Source BARBILAINE (n°4) coordonnées Lambert :
x = 892,295 y = 157,870
- . Source AMELIE ou La Mélie (n°5) coordonnées Lambert :
x = 892,630 y = 157,820

Ces sources se trouvent dans ou à proximité de l'établissement thermal et sont pérennes; nous ne les avons jamais vu tarir.

La source AUSON E a été en 1955 recouverte par des travaux en béton et les eaux reconduites plus en aval dans la rivière.

Une partie des autres sources est captée pour les besoins de l'établissement thermal. Nous avons observé que les températures y étaient pratiquement identiques à celles de la source VIDART.

La source de la Mélie, un peu en dehors de l'Etablissement (250 m. environ de la Source VIDART) présente des températures presque égales à celles de cette source, à part quelques petits écarts attribuables à des infiltrations superficielles rejoignant, en périodes de hautes eaux, le bassin qu'alimentait cette source (N°5), maintenant invisible, captée et traitée pour les besoins en eau potable de la Commune.

La source VIDART que nous présentons ici avec le plus de détails est captée au centre d'un bassin par un tubage vertical de 20 m. de profondeur qui s'enfonce dans l'argile glaciaire grise et d'où s'élançait un jet dont la hauteur varie avec les infiltrations d'eau dans la chaîne du Jura proche, comme le montrent les graphiques détaillés (n°1 à 6) ci-joints. Le soubassement, tertiaire ou secondaire, n'est pas éloigné; on se trouve là presque à l'extrémité de l'escarpement Nord du MUSSY-RIAMONT, au pied de la petite colline de VIGNY qui porte le château de DIVONNE et où affleure à la base, côté S.E., un peu de molasse chattienne bariolée.

Nos observations ont vérifié que les précipitations infiltrées dans la montagne du Jura, pluies ou fonte des neiges au-dessus de 900 à 1.000 m., retentissent sur le débit des sources du groupe A, ce débit n'étant pas influencé par des pluies ou fontes des neiges en-dessous de cette altitude. Voir en particulier les graphiques (période 1 vers le 20/2/1946) pour lesquels la neige recouvre la montagne, mais non le pied mont et la plaine, ni les collines MUSSY-MOUREX-RIAMONT, lorsqu'il pleut; ce qui stoppe l'alimentation des parties élevées du massif et provoque une diminution du débit des sources de ce groupe. Voir aussi période 1 à 2, où la fonte des neiges, à l'altitude de 500 à 900 m. n'a pas eu d'influence sur les débits des sources du Groupe A, ni du groupe B.

Les collines de RIAMONT MUSSY-MOUREX, ne participant pas à leur alimentation, ce n'est qu'au-dessus de 900 à 1.000 m., le glaciaire local cessant de protéger les calcaires jurassiques ou crétacés de la montagne, que l'infiltration permet aux eaux d'entrer dans la circulation souterraine au travers des fissures et chenaux des calcaires.

A chaque crue souterraine, été comme hiver, qu'elle provienne de précipitations pluvieuses ou de fonte des neiges, en montagne, la température de la source s'abaisse, et ceci d'autant plus que la masse d'eau infiltrée est plus grande. Après le maximum de la crue, la température s'abaisse encore, mais de moins en moins, suit un palier, puis remonte progressivement (cette remontée étant d'autant plus rapide que la température s'est abaissée davantage), et finit par atteindre celle de l'eau avant la crue. Le phénomène recommence à chaque infiltration tant soit peu marquée en montagne. En général, la baisse de température se fait sentir deux à trois jours après le début des précipitations pluvieuses. Le débit, lui, se ressent rapidement de fortes et brusques précipitations. Son augmentation peut se manifester moins de 6 heures après le début d'un orage brusque et violent éclatant en montagne.

SCHOELLER étudiant la température des sources du KLETTGAU (17 p. 253,254) montre que le décalage observé correspond au temps que met l'onde thermique pour arriver à la source.

.../...

En ce qui concerne les sources dites de DIVONNE (Groupe A), si on admet une température moyenne de l'air voisine de 10° à 500 m. (altitude de la localité), on voit que pour l'impluvium situé au-dessus de 1.000 m. (nous prendrons une moyenne de 1.200 m.), alimentant donc directement les calcaires, la température moyenne de l'air, et aussi sensiblement celle des eaux qui s'infiltrent, doit y être de 10°C. $\frac{1200 - 500}{176}$ soit environ 6°C.

Si on admet aussi une traversée verticale d'environ 150 m. avant que les eaux n'arrivent aux premières couches plus ou moins imperméables des marno-calcaires séquanais, leur température devrait théoriquement remonter aux environs de $6 + 4,5 = 10,5^{\circ}\text{C}$. à ce niveau. L'observation montre qu'elles viennent à l'air libre à une température nettement plus basse (7 à $8,5^{\circ}\text{C}$. au Griffon). Ceci indique qu'après une zone d'infiltration vite franchie, elles arrivent rapidement à la source par des chenaux, ce qui ne leur permet pas de se mettre en équilibre thermique avec la roche encaissante (Voir SCHOELLER (17) p. 245). Les parois des chenaux prennent d'ailleurs une température plus basse que ne l'indiquerait le degré géothermique, par suite de la répétition des crues d'eaux froides et de neige fondue apportant beaucoup de frigories, du fait de la haute chaleur spécifique de l'eau et de la chaleur latente de fusion de la neige.

L'influence saisonnière demeure d'ailleurs peu marquée, beaucoup moins que celle de chacune des crues souterraines. Pour le semestre chaud (Mai à Octobre), la moyenne maxima des températures observées à la source Vidart est de $8,32^{\circ}\text{C}$., avec un maximum absolu de $8,66^{\circ}\text{C}$., la moyenne des minima étant de $7,41^{\circ}\text{C}$., avec un minimum absolu de $7,38^{\circ}\text{C}$.. La moyenne entre ces deux moyennes : $\frac{8,32 + 7,41}{2}$ soit $7,86^{\circ}\text{C}$. peut

être considérée comme représentant la température pendant la saison chaude avec un écart moyen de $8,32 - 7,41 = 0,91^{\circ}\text{C}$.

Pour la saison froide, la moyenne des Maxima $8,19^{\circ}\text{C}$. (maxima absolu $8,41$), et celle des minima : $7,28^{\circ}\text{C}$., (minimum absolu de $7,03$), ont pour moyenne $7,73^{\circ}\text{C}$., représentant la température pendant les mois de Novembre à Avril avec un écart moyen également de $0,91^{\circ}\text{C}$.

L'écart entre les moyennes d'été et celles d'hiver est donc peu marqué ($0^{\circ},13$), la moyenne générale annuelle étant de $7^{\circ},79$.

Les extrêmes constatés : $8^{\circ},66$ à $7^{\circ},03$ montrent une différence de $1,63^{\circ}$, ce qui englobe évidemment l'écart qu'on peut observer dans un même cycle de crue et de décrue, l'écart d'ailleurs variable selon l'abondance des précipitations pendant la crue.

Ces chiffres montrent que la température de la source Vidart est relativement constante. A titre d'exemple, pour les sources de l'Orbe, la variation annuelle serait de $11,2^{\circ}\text{C}$. (SCHOELLER 17 - p.253); (il s'agit il est vrai d'une résurgence). A la Fontaine de Vaucluse, elle est de 5 à 7°C . (SCHOELLER, ibid.). Cet auteur pense que ce sont les variations de la température de l'eau, dans la zone d'infiltration, qui jouent un rôle important.

.../...

Dans le cas présent de DIVONNE, les écarts de température sont atténués par le fait que la couverture de neige du JURA, persistant jusqu'au Printemps, évite au sol de descendre à de trop basses températures. Et, pendant la saison chaude, la roche de la zone d'infiltration, ainsi que l'évapotranspiration en forêt jouent le rôle de volant thermique, empêchant l'eau de monter à des températures plus élevées.

Une particularité des sources de ce groupe a été observée, surtout aux fortes et brusques précipitations : Juste avant la chute due à l'arrivée d'eaux plus froides, la température remonte provisoirement de 1 à 2 dixièmes, dessinant un ressaut (graphique I).

Pour expliquer cette anomalie, on pourrait penser que l'eau s'infiltrant à l'altitude de 1.200 m. et émergeant à 500 m. a acquis une énergie se transformant en chaleur par le frottement contre les parois des roches. Le calcul montre qu'une masse d'eau tombant entre ces altitudes, verrait sa température s'élever de 1°,7 si la vitesse était annulée à l'émergence.

Bien qu'à la source, la vitesse de l'eau ne soit pas nulle, elle est cependant minime vis-à-vis de la vitesse qu'elle aurait en chute libre. Les conséquences de variations de débit seraient d'ailleurs faibles à ce point de vue, et cela d'autant plus que la chaleur produite par le frottement est déjà absorbée en majeure partie par la roche avec laquelle l'eau tend à se mettre en équilibre thermique au cours du long trajet souterrain où les surfaces de contact se sont multipliées. SCHOELLER (17) p. 247) a montré par ailleurs que cet apport de chaleur est faible vis-à-vis du flux terrestre.

Nous remarquerons que dans le cas des sources du Groupe B, pour lesquelles les variations relatives de débit sont plus marquées, ce phénomène de ressaut n'a pas été observé.

Nous avons envisagé une autre hypothèse, qui consisterait à faire appel à un mélange possible avec de l'eau plus chaude, telle que celle des sources du Groupe C, dont on verra plus loin la proximité. Passant dans des zones plus profondes en "conduite forcée" et ressentant immédiatement l'effet des précipitations sous forme d'augmentation de la pression, donc du débit, elles contribueraient à provoquer ces ressauts avant que l'arrivée des eaux froides n'aient effacé le phénomène. Peut être aussi, au moment des crues, l'amorçage de siphons dans les chenaux d'amenée d'eaux plus chaudes aboutirait-il à un changement de proportions entre les volumes des eaux froides et des eaux chaudes, d'où le ressaut observé.

Peut être, grâce à des analyses fines et fréquentes de la teneur en ions SO₄ à la source Vidart par exemple, pourrait-on mettre alors en évidence des variations à rattacher à une plus grande richesse en sulfates des eaux plus chaudes (Groupe C). Il n'est pas impossible, non plus, que des mesures de radioactivité puissent contribuer à élucider cette question.

Dans le bassin de la source Vidart, ainsi qu'à ceux des sources voisines, on note aux moments des fortes crues souterraines, un certain trouble jaunâtre de l'eau. Aux très forts débits, la turbidité s'accroît et apparaissent de nombreuses bulles qui parfois se rassemblent en écume. Même phénomène à la source de la Divonne Versoix, mais les bulles y sont plus rares, se dégageant avant l'entrée de l'eau dans le bassin.

Ces troubles peuvent être attribués, non seulement à un récurage des fonds de chenaux par l'augmentation de la vitesse de l'eau, mais aussi particulièrement pour les sources du Groupe A à un lessivage accentué, de bas en haut, de la moraine plus ou moins argileuse au travers de laquelle s'élèvent ces eaux.

(b) Sources de la Divonne-Versoix (n°6 Griffons b,n,o,p,q).

Coordonnées Lambert x = 891,760 y = 158,030

Elles jaillissent de divers côtés, au travers des interstices de petits blocs épars au bord d'un bassin semi-circulaire, sis au bas d'un petit amphithéâtre creusé dans le fluvio-glaciaire, à peu de distance de l'extrémité NW de la retombée orientale hauterivienne et urgonienne du Mont Mussy. L'amphithéâtre est pris dans un escarpement proche d'affleurements hauteriviens, situé sur la fracture Nord du MUSSY-RIAMONT (F2), et qui se prolonge un peu au-delà de la Source Barbilaine. Ces eaux traversent le bassin et se déversent par une chute dans le lit de la rivière qui porte le nom de Divonne en territoire français, et celui de Versoix en territoire suisse.

Nous avons pu reconnaître une origine multiple aux eaux de ces sources. Du côté Alpes, à l'E.S.E., elles présentent le plus souvent à moins de $1/10^{\circ}$ près, les températures de la Source Vidart. D'une façon générale, elles sont très légèrement plus froides et ce petit écart est une fonction décroissante du débit, ce qui s'explique, car les eaux souterraines, avant d'atteindre les sources de l'établissement thermal, ont encore environ 700 m. à parcourir en se réchauffant très légèrement et d'autant mieux que le débit est moins élevé.

Elles subissent donc les mêmes fluctuations de température que la source Vidart, ressauts, baisses, remontées progressives (Voir graphiques généraux et de détail (n°II), ainsi que le croquis descriptif (C2). Par contre, l'été les voit parfois tarir et l'eau n'apparaît dans la rivière que plus en aval.

Toujours côté Alpes, quelques petits griffons manifestent souvent une température un peu plus élevée (6 c,d) attribuable à des venues parasites d'eaux plus chaudes, telles que celles qu'on trouve dans une petite pièce d'eau "La Cressonnière" (n°12), à 100 m. environ de là. Cette dernière source sera étudiée avec le groupe C.

On notera que les émergences 6 b,n,o;p,q, sont celles qui offrent les températures les plus proches de celles de la Source Vidart.

En 6K, le déversoir jette dans la rivière un mélange des eaux côté Alpes et des eaux venant du côté Jura (N°6 - h.i.j.) que nous allons maintenant étudier dans le Groupe B.

3.3.2. - Groupe B

(a) Source du Vieux-Bois (N°9). Coordonnées Lambert

$$x = 891,220 \quad y = 158,020$$

Cette source souvent tarie, ne nous a permis que des relevés discontinus. Elle prend naissance en arrière de l'auberge du Vieux-Bois dans une carrière de Berriasien supérieur (Marbre bâtard), (pierre dite de Divonne), et jaillit d'une fissure qui coïncide exactement avec l'un des plans de fracture de l'accident Nord Mussy-Riamont (F2). Le rejet vertical visible est de l'ordre de 5 m., accompagné d'un rejet horizontal difficile à évaluer. Nous pensons qu'il existe plusieurs plans de fractures formant une sorte de faisceau qui serait à l'origine de l'abrupt Nord de ces collines.

Aux Vieux-Bois, en hautes eaux (jusqu'à près de 200 l/sec.), celles-ci surgissent fortement de bas en haut et alimentent un petit ruisseau qui va se jeter dans le "Munet", lui-même affluent de la Divonne-Versoix; et dans lequel se jettent les eaux de nombreuses petites sources en contrebas de celle du Vieux-bois, qui présentent les mêmes caractéristiques thermiques et sont tout à fait différentes de celles du groupe A.

D'une manière générale, la température est nettement plus basse que pour le groupe A :

- . Semestre chaud Maximum 7°,49 Minimum 6°,76 Moyenne 7°,60
- . Semestre froid " 7°,24 " 6°,70 " 6°,97
- . Moyenne générale 7°,01 contre 7°,79 pour Vidart.

L'influence saisonnière paraît donc encore moins marquée que pour les sources du Groupe A; et comme pour celles-ci ce sont seulement les précipitations ou les fontes des neiges en montagne, au-dessus de 900 - 1.000 m. qui les alimentent.

Mais c'est dans l'allure des courbes de températures que s'exprime surtout la différence importante entre ces deux groupes. Au Vieux-Bois, l'effet des précipitations se fait sentir très tôt dans les températures qui montrent des oscillations fréquentes et pas toujours en concordance avec celles, plus atténuées, de la Source Vidart. (Voir en particulier les périodes 9,12,13,19 (graphiques généraux et graphiques détaillés). Nous n'avons, pour ce Groupe B, pu mettre en évidence au début des crues un ressaut de température tel que celui du groupe A; les conditions s'y prêtent d'ailleurs difficilement, mais chaque précipitation ou accroissement de la fonte des neiges, en montagne, se traduit rapidement par une chute de la courbe. Les pluies tombant à basse altitude (Voir période 9 par exemple), ne paraissent pas avoir d'influence sur la température qui est assez basse pour que l'alimentation du karst montagnard s'effectue à des altitudes supérieures à 900 m.

Il s'agit encore là d'un réseau vauclusien dont le "Vieux Bois" représente l'un des trop pleins, sur la ligne de ces sources.

A remarquer aussi (Graphique III), la rapide remontée des températures dès l'arrêt des précipitations (24-27 Mars 1947; 11-14 Avril 1947) ce qui peut être dû à l'arrêt dans le siphonnage d'eaux plus froides encore, hypothèse que le tarissement et le jaillissement brusqués paraît confirmer.

La source du Vieux Bois se trouble rarement, et c'est aussi rarement qu'on aperçoit des bulles et des mousses. Parfois cependant (Voir le 7.1.1947) une brusque montée des eaux les rend laiteuses, emplies de fines bulles, comme si l'on assistait à un dégazage. Il semble y avoir là d'eau amenée brusquement en décompression, après avoir absorbé sous les pressions existant au coeur de la montagne une certaine proportion de dioxyde de carbone (CO₂) de provenance humique et végétale, et dissous du calcaire. Un amorçage de siphon ramenant l'eau à l'air libre aurait pour effet un dégazage provoquant par départ de CO₂, la précipitation de carbonate de calcium très divisé.

(b) Source de la "Cabusse" (N°35) Lambert x = 890,335 y = 158,360

(c) Source de la "toupe" (n°36) Lambert x = 890,135 y = 158,350

A la Cabusse, la source fonctionne encore plus rarement qu'au Vieux Bois. Emergeant des interstices de quelques blocs pris à la surface de terrains glaciaires remaniés, elle est presque en contact avec le Berriasien calcaire sous-jacent, et, encore une fois sur le trajet de la fracture F2. Les températures et leurs variations calquées sur celles du Vieux-bois, montrent toutefois une certaine avance (quelques heures) sur cette dernière (Voir détails période 9, graphique III), ce qui se conçoit si le trajet souterrain des eaux a bien lieu d'Ouest en Est, sous l'influence d'une même alimentation.

A la TOUPE, où l'eau jaillit encore plus rarement dans des conditions analogues, on se trouve toujours sur la faille F2. Nos relevés de températures sont donc encore plus discontinus, mais on retrouve des variations parallèles à celles de la "Cabusse". L'eau y est cependant 1 à 3 dixièmes de degré plus froide, ce qui peut être dû à l'influence du sol et du sous-sol encore froid, le débit de cette source étant relativement faible. Son alimentation doit donc aussi être recherchée dans les zones élevées de la montagne.

(d) Sources de la Divonne-Versoix (n°6 h.i.j.k.).

L'accident tectonique Nord Mussy-Riamont (F2) apparaît donc bien comme le chemin des eaux du Groupe B. Les sources de la Divonne-Versoix, sur ce tracé, mais plus en aval que les précédentes devaient vraisemblablement s'en ressentir.

C'est bien ce qu'on y observe, mais du côté Jura du bassin où se rejoignent les eaux d'où naît la rivière, l'évolution des températures y est différente de ce qu'on observe du côté Alpes (Groupe A). Elles y sont à plus basse température (parfois de plus de 5/10e de degré) qui fluctue, comme toutes celles du groupe B à la moindre infiltration en montagne, et de la même manière que les sources n°9,35,36.

Toutefois, dans certains cas, il n'est pas impossible qu'une certaine proportion d'eau du groupe A s'y mélange à celles du groupe B; celles-ci ne se retrouvent plus du tout dès qu'on passe du côté Alpes.

La différence entre les eaux des deux provenances y est d'ailleurs visible à l'oeil; les limons du bassin n'y ont pas la même apparence; côté Jura ils sont plutôt jaunâtres, côté Alpes, ils sont plus gris, un peu verdâtres.

On lira plus loin les résultats d'essais tentés avec des traceurs pour mettre en évidence une communication entre le Vieux Bois et les sources n° 6 (h.i.j.) de la Divonne-Versoix.

Précisons que certaines émergences (e.f.g.) se placent, du point de vue température, entre les type A et le type B. On trouvera sur le graphique II, période 13, les courbes intermédiaires correspondantes, comparées aux sources du Groupe B pour la période 9, Vidart servant toujours de témoin.

(a) Source n° 8 , au bord Sud de la route N 84 C à une vingtaine de mètres au Sud-Ouest des sources n° 6 (de la Divonne-Versoix).

Coordonnées Lambert x = 891,690 y = 157,990.

L'intérêt de cette source temporaire, située à l'extrémité d'une terrasse fluvio-glaciaire à la base de laquelle affleure l'Haute-rivien proche de la source n° 6, est de s'intercaler entre la source du Vieux Bois et cette dernière.

La température y est, le plus souvent, intermédiaire entre celles de ces deux sources. Parfois très proche de celle du Vieux-Bois, elle tend, mais plus rarement vers le type des sources 6 (n.p.q.), c'est-à-dire les caprices des parcours souterrains dans cette zone voisine des sources de la rivière principale.

3.3.3. - Groupe_C

- . Source n° 7 (alimentant l'étang du Pré du Château de Divonne).
Coordonnées Lambert x = 891,70 y = 157,750.

Assez rarement tarie, sa température est tantôt au-dessus de celle du Groupe A (période 18 Novembre 1952), tantôt en-dessous, s'inscrivant alors dans l'ensemble du Groupe B (Périodes 14 et 15 Août à Septembre 1949) avec ses oscillations très sensibles aux précipitations en montagne.

Dans le premier cas, celui qui a motivé notre classement, il vient à l'esprit que l'apport d'eaux plus chaudes peut modifier une température originellement plus basse, telle que celle des groupes A ou B. Or, elle se situe entre la source n° 13 qui sourd à 10°,5 - 11°C. et plus au Nord, la "Cressonnière", (9 à 12°C.) (au-delà de la fracture F2), qui s'inscrivent nettement dans ce groupe.

- . Source n° 12 "La Cressonnière".

Coordonnées Lambert x = 891,880 y = 158,090.

S'élevant du fond du bassin ainsi dénommé, quelques bouillons émergent du terrain glaciaire würmien plus ou moins remanié, mais non loin de l'extrémité Nord de la terrasse fluvio-glaciaire au pied de laquelle la Divonne-Versoix prend sa source.

Nous avons, au début de nos observations, mesuré la température au déversoir du bassin qu'alimente également une dérivation des sources de la rivière. Plus tard, nous avons pu découvrir, sous les herbes aquatiques un bouillon (12b) proche de la rive, ce qui nous a permis d'obtenir des valeurs plus représentatives.

En fin d'été, cette source est quelquefois tarie; sa température nettement au-dessus de celles du groupe A, varie de 9 à 11°C. (12° exceptionnellement), mais le débit peu important laisse supposer que la température du sol puisse intervenir. Néanmoins, en plein hiver, la différence avec les diverses sources de la Divonne-Versoix reste significative; cependant, vraisemblablement, comme on vient de le voir, des mélanges d'eaux à températures différentes peuvent être provoqués par des anastomoses des cheminements souterrains des trois groupes.

La "Cressonnière" est, vers le Nord-Est, la dernière des sources plus chaudes que nous avons décelées. Mais c'est plus au Sud-Ouest qu'on trouvera dans une bande de terrain au pied SUD Oriental des Monts MUSSY-MOUREX des sources dont la température s'élèvera jusqu'à près de 15°C.

- . Source N°13 (Coordonnées Lambert : x = 891,20 - y = 157,585).

Du fond du pré, elle apporte ses eaux rive gauche d'un ruisseau émanant de l'étang du Pré du Château (n°7) à environ 200 m. en aval. La température y varie de 10,3°C. (hiver) à 11°,45 (été), et reste toujours supérieure à celle du Groupe A.

Malgré l'apport possible d'eaux superficielles, sa température d'hiver montre bien qu'il s'agit d'eau provenant déjà d'une certaine profondeur. (Voir période 2,6,7).

- . Source N° 14 (Mi Fontaine) (Ancienne propriété DANESCO; actuellement SALVINIEN).

Coordonnées Lambert $x = 891,855 - y = 157,200$.

Elle sourd du rocher urgonien plaqué contre le versant oriental du Mont Mussy à peu de distance et Rive droite des formations alluvionnaires où circule le ruisseau du Pré de l'étang du château, dans lequel ses eaux se déversent.

La température fréquemment supérieure à 12°C. se maintient souvent en palier voisin de 12°,5. Il faut d'abondantes précipitations, en montagne, pour l'abaisser de façon sensible (périodes 7,8,9). En ces périodes froides, nous pouvons supposer que l'apport d'eaux d'origine plus superficielles, donc plus froides, circulant au travers des calcaires (hauterivien au flanc du Mussy) a altéré sa température initiale. Il nous paraît moins probable que l'abondance des eaux du groupe A, déjà éloignées, puisse exercer une influence aussi marquée.

Notons que cette source est placée non loin du prolongement d'une fracture transversale (F3), qui traverse, presque Est-Ouest, la colline dans sa partie médiane et qui pourrait être le prolongement de l'accident de la Faucille; et serait en relation avec la teneur en sulfates rencontrée dans les analyses des eaux de ce groupe C. (Voir ci-dessous). Les eaux de cette source sont rarement troublées au moment des crues souterraines.

- . Source n° 15 (Fontaine au Nord-Est d'Arbère).

(Lambert : $x = 891,000 - y = 156,780$).

Cette fontaine alimentée par un captage de sources voisines atteint près de 12°C. en plein hiver et monte à 14°C. en été, est vraisemblablement adultérée par des eaux plus superficielles; mais sa moyenne, voisine de 13°,2, est une température nettement plus élevée que la température moyenne de l'air (10°C.). Elle s'inscrit donc dans la montée graduelle des températures des sources de ce groupe, qui d'en deça des sources de la Divonne-Versoix, se développe en direction d'Arbère et au-delà.

- . Sources du Magdelon

N° 16. Lieu dit le Magdelon à 500 m. Ouest du hameau d'Arbère. Au N.W. d'un chemin parallèle à la route de Divonne à GRILLY

. Coordonnées Lambert $x = 891,560 - y = 156,560$).

L'eau de cette source est maintenant captée pour alimenter l'une des fontaines d'Arbère. Comme pour le n° 17, elle sort de bas en haut du terrain glaciaire plus ou moins remanié. Le substratum (molasse ou urgonien) ne semble pas être là à grande profondeur.

Nos relevés y ont montré une température presque toujours supérieure à 14°C.

N° 17. Lieu dit "Le Magdelon" au S. . du chemin parallèle à la route de Divonne à Grilly.

Coordonnées Lambert $x = 891,610 - y = 156,445$.

L'eau de la source forme un petit ruisseau qui va se perdre dans les marais d'Arbère plus au S.E.

C'est là que nous atteignons les températures les plus élevées du groupe, puisque toujours au-dessus de 14° et approchant parfois 15°. L'influence saisonnière est très légèrement sensible, attribuable vraisemblablement à quelques venues d'eaux superficielles et à l'influence de la température du sol, eu égard au débit relativement faible.

Comme pour la source n° 16, les précipitations en montagne ne paraissent guère avoir d'influence sur la température : on ne retrouve pas sur les courbes les oscillations qui caractérisent les groupes A et B.

Par contre, les débits, de l'ordre de quelques dizaines de litres/seconde en moyenne sont nettement influencés par les précipitations sur le haut Jura. L'augmentation du débit nous paraît provenir d'une mise en charge, au moment des crues, des chenaux souterrains, dont le trajet est vraisemblablement assez long et, au moins en fin de parcours assez profond pour autoriser à la sortie un excédent de température de près de 5° sur la température moyenne de l'air. Ceci correspond à un passage de l'eau à 150 m. de profondeur au moins. Pour justifier la constance relative de la température, on doit envisager une réserve d'eau souterraine d'une certaine importance.

Quant à l'origine de ces eaux hyperthermes, il nous semble que ces mises en charge puissent se faire non seulement dans le Jura, mais peut être même dans la région du Vallon de Vesancy - Les Nappes, la disposition géologique paraissant favorable à une circulation souterraine des eaux qui descendraient peu à peu en zone noyée au travers des calcaires des Monts Mussy-Mourex et resurgiraient non loin de la molasse de la plaine au pied du versant oriental de ces collines.

Une observation toute récente (été 1976) de Monsieur Charles CRETIN lui a montré que dans le vallon de Vesancy au bord N.W. de la nouvelle route de Divonne à Gex, les eaux qui forment là, par temps pluvieux un petit lac, s'engouffraient sous terre, exactement au passage de la fracture F1, ce qui pourrait aller dans le sens de notre seconde hypothèse, mais demande un supplément d'étude, par exemple à l'aide de traceurs aux moments où des conditions adéquates sont satisfaites.

Nous verrons plus loin que les eaux de ces sources du Magdelon, comme celle de Mi-Fontaine sont nettement plus chargées en sels de Magnésium et en sulfates que la plupart des autres eaux que nous avons ici étudiées.

.../...

. Source du Faisin (N°20), non loin du Cimetière de Grilly.

Coordonnées Lambert x = 890,860 y = 155,460.

Comme au Magdelon et dans la même position vis-à-vis de la colline, elle sourd du terrain glaciaire, plus ou moins recouvert d'alluvions de pied mont. C'est la plus méridionale des sources de ce groupe; mais sa température est plus basse qu'aux sources du Magdelon à Arbère, bien qu'en hiver la couverture de neige ait aussi de la peine à s'installer, ce qui est très visible aux abords de ces sources et permet de les déceler.

A noter sa position proche du prolongement de la faille F4, qui pourrait aussi prolonger l'accident du Col de la Faucille.

3.3.4. - Sources diverses

- . (N°19) Bief sous le parc de l'Hôtel Beausoleil à Divonne.
(Voir graphique IV).

Coordonnées Lambert : $x=892,240$ $y = 157,520$.

Actuellement recouvertes, ces eaux provenant vraisemblablement d'une source proche au pied de la colline de Vigny (Château de Divonne), montraient un débit très fluctuant à la façon des sources du Groupe B, mais une température remarquablement constante (entre 8,2 et 8,4°), alors qu'à Vidart elle s'abaissait de 3/4 de degré environ pendant les périodes (6 et 7) où nous avons pu examiner cette source.

- . Sources des Nappes (n° 42).

Coordonnées Lambert : $x = 890,620$ - $y = 158,100$.

Le versant côté Divonne du Vallon de Vesancy s'évase dans une topographie assez molle à remplissage glaciaire ou alluvionnaire d'où émergent quelques sources, l'une d'elles étant captée pour l'alimentation d'une fontaine au hameau de Saint-Gix.

La température y est assez variable, oscillant entre 5° et 12°C., les débits individuels y sont faibles et justifient une influence prépondérante de la température du sol. Mais l'analyse y dénote des teneurs assez élevées en bicarbonates, sulfates, sels de calcium, Magnésium et Sodium, teneurs qui pourraient s'expliquer par l'hypothèse d'un "Graben" assez profond pour être à l'origine du vallon de Vesancy, où, sous le glaciaire, la molasse chattienne motiverait cet accroissement de salinité qui pourrait d'ailleurs justifier celui que nous trouvons pour le Groupe C, par passage des eaux sous la colline de Mussy-Mourex.

Signalons que le point où Mr. Charles CRETIN a vu les eaux s'engouffrer dans le vallon de Vesancy, en-dessous du village de ce nom, se trouve à 600 m. environ d'altitude, alors que les sources des Nappes se situent aux environs de 570 - 580 m.

On notera que dans les proches environs de ces dernières, en direction de Mussy, se produisent de temps à autre de petits affaissements, ce qui indique une certaine proximité d'un calcaire sous-jacent déjà atteint par la Kartification.

Nous nous demandons si le vallon de Vesancy ne serait pas le prolongement vers l'amont du sillon aquifère, creusé dans la molasse et recouvert de glaciaire, découvert par A. FALCONNIER aux Pralies près de NYON.

Une ancienne rivière longeant le pied du Jura, protégée du côté Alpes, par un rempart tel que les Monts Mussy-Mourex, ou bien par leur prolongement, bien qu'affaîssé, aurait pu y circuler avant des captures aériennes ou souterraines et avant les remplissages glaciaires ultérieurs.

On retrouvera une vallée morte à méandres, analogue au vallon de Vesancy, et sensiblement dans son prolongement, mais plus au Sud-Ouest, au-dessous d'Echenevex et de Naz-dessous. On y remarque aussi, vers l'extrémité méridionale près de Naz-dessous, une zone où les eaux s'accumulent, mais où parfois elles s'engouffrent.

. Lac de Divonne

D'une superficie actuelle d'environ 43 ha, il a été creusé entre 1960 et 1964 dans des marécages au Sud-Est de l'agglomération divonnaise.

La coupe des terrains aux abords du petit port circulaire est la suivante :

De 0 à 1,50 m. : terre végétale et argile grisâtre.

A 1,50 m. : niveau d'eau spontané.

De 1,50 m. à 8,50m: sables et graviers alpins et jurassiens avec prédominance jurassienne.

Au-delà de 8,50m.: limon argilo-sableux imperméable.

Les matériaux extraits de cette partie de la masse du cône d'alluvions de la Divonne-Versoix ont été grandement utilisés à l'établissement de l'auto-route GENEVE-LAUSANNE.

Un essai de pompage exécuté en 1962 a permis de constater que pour maintenir l'eau à un niveau assez bas pour les travaux nécessités, il fallait pomper 14 heures sur 24, à raison de 1.200 m³/heure, ce qui en 24 h. fait 16.800 m³, représentant un débit moyen de 700 m³/h., soit 194 litres/seconde, valeur non négligeable vis-à-vis du débit de la Divonne-Versoix.

L'altitude du sol à l'amont du lac est voisine de 471 m.; celle du lac est maintenue aux environs de 466 m., donc légèrement en-dessous de celui de la nappe phréatique qui en conséquence du débit rejeté à la rivière s'est abaissée et qui a cessé d'inonder les caves de nombreuses habitations placées plus en amont.

L'alimentation de cette nappe, évidemment en relation avec la proximité amont de la rivière qui entoure le lac plus qu'à moitié, et avec l'infiltration du ruissellement diffus, est vraisemblablement aussi, due à l'arrivée, de bas en haut, de sources sous-lacustres, ce qui permet d'observer en périodes de grands froids, des zones non gelées, alors que la plus grande partie de la surface du lac est recouverte de glace.

Ces courants sous-lacustres sont vraisemblablement en relation avec les eaux de l'un ou l'autre des groupes

On notera qu'avant l'établissement du lac, certaines eaux de tranchées parcourant les marais étaient qualifiées de chaudes par les pêcheurs !

Les travaux de déblaiement ont également permis de reconnaître dans les sables et graviers, une bande de cailloutis à éléments d'un diamètre plus élevé qui souligne un ancien trajet d'Ouest en Est d'une rivière abondante et rapide.

3.4. - Analyses chimiques (Voir tableau ci-joint)

Les eaux des Groupes A et B, provenant toutes des calcaires du Jura ne montrent pas entre elles de différences bien significatives. Toutefois, mais ceci demanderait confirmation, à l'une des sources de la Divonne-Versoix (n° 6 i, le 27/8/1966) on observe des teneurs en sulfates et en Sodium un peu plus élevées.

Par contre, il saute aux yeux que les eaux du Groupe C se distinguent nettement de celles des deux autres groupes par leurs teneurs plus fortes en sulfates et en Magnésium, ainsi, mais à un degré moindre, qu'en Sodium.

Le rapport moléculaire $\frac{\text{Ca}^{++}}{\text{Mg}^{++}}$ qui est voisin de 6 pour les groupes

A et B, s'abaisse à 2 - 2,5 pour celles du Groupe C où les résidus secs sont aussi plus élevés, ainsi que la proportion de Bicarbonates. Ces constatations relatives aux sulfates sont à rapprocher de la proximité de la molasse chattienne au pied oriental du Mussy-Mourex, molasse qui contient du gypse à sa partie supérieure. On est cependant troublé par le fait que ce ne sont, semble-t-il, que les couches du chattien inférieur (non gypseux) qui au pied des collines, affleurent ou bien sont recouvertes par les terrains glaciaires ou fluvio-glaciaires. On notera aussi qu'une teneur relativement élevée se retrouve dans les eaux de l'alluvion ancienne.

Mais d'autre part, la température des eaux du groupe indique qu'elles ont circulé à une certaine profondeur. Le trias se trouvant à une proximité relative du sol au creux de l'Envers (près de la Faucille) où affleure le Lias, il ne nous semble pas impossible que si la faille (F3) (ou d'autres) sectionnant d'Ouest en Est la partie médiane du Mussy-Mourex et qui paraît être un prolongement des fractures de décrochement de la Faucille, est bien une faille profonde elle puisse apporter au groupe C des eaux chargées en sulfates et en Magnésium provenant du Trias.

On notera ci-dessous les résultats de quelques analyses effectuées dans divers Laboratoires, à diverses dates.

. Analyse Source Vidart (vers 1880 - 1890) (Documents du Dr Vidart, strictement transcrits).

. Analyse des gaz s'échappant parfois par des bulles :

. CO ₂	28
. O ₂	162,5
. N ₂	809,5

. Gaz dissous (pour 1.000 gr.d'eau)

. CO ₂	=	traces !
. O ₂	=	1 cm ³ = 0,001432
. N ₂	=	5 cm ³ = 0,006339

- . Sels minéraux contenus dans l'eau :
 - . Bicarbonate de Calcium : 0,22556
 - . Bicarbonate Magnésium : 0,02159
 - . Phosphate de Calcium : traces sensibles
 - . Nitrate de Calcium : traces
 - . Chlorure de Potassium : 0,000670
 - . Chlorure de Sodium : 0,000687
 - . Silice : 0,0011965
 - . Alumine, Oxyde de fer et de Manganèse : 0,00839
 - . Substances organiques :
 - . Glairine : 0,001360
 - . Acide crénique : traces
 - . Acide apocrénique : 0,019040
- . Débit des quatre sources : (Vidart, Emma, Ausonne, Barbilaine).
en moyenne : 85.000 litres par minute.

(ce débit est bien de l'ordre de celui que nous avons retrouvé).

Un rapport géologique du Professeur THORAL (LYON) (Septembre 1952) reprend les données ci-dessus et donne une analyse de l'eau de la source "La Mélie" que cet auteur considère comme ayant une origine commune avec les sources de l'établissement thermal :

Analyse I.B. LYON N° 5031.

Matières organiques : en milieu acide : O₂ correspondant : 1,85 mg/litre
en milieu alcalin: " " 1,10 "

NH₂ - NO₂ - H₂S - Fe ++ : Néant

Nitrates	NO ₃	:	1,50 mg/1
Chlorures	Cl-	:	7,02 "
Sulfates	SO ₄	:	8,- "

Alcalinité totale : 92 (mg/1?)

Degré hydrotimétrique total: 17°

Degré hydrotimétrique permanent: 7°

Résistivité, en Ohms : 3°

" ph : 7,5

.Absence d'indices chimiques de contamination microbienne.

.Des analyses bactériologiques sur eau prélevée à la source Vidart ont donné :

- . Janvier 1937 : 1.000 Colibacilles/litre
- . Juin 1947 : 200 " "
- . Janvier 1948 : 100 " "

ANALYSES DIVERSES D'EAUX DES SOURCES ETUDIÉES

Désignation des Sources	p.h.	Résidu sec mg/l	Dureté Temporaire	CO ₃ H ⁻		CL ⁻		SO ₄ ⁻		Na +		K +	Mg + +		Ca + +		Observations	
				mg/l	me/l	mg/l	me/l	mg/l	me/l	mg/l	me/l		mg/l	me/l	mg/l	me/l		mg/l
Vidart (n°1)																		
21.8.49		230																Basses eaux
26.12.49		147	14,2															Hautes eaux
12.8.54		192		209,8	3,44													Assez fortes eaux
27.8.66		135		183,0	3,00	1,4	0,04	3,6	0,07	1,63	0,07	traces	5,30	0,44	53,55	2,60		Après pluies abondantes
Divonne Versoix																		
6.10.35		182	17,3															Recherches de Mr. BUFFLE (Sté des Eaux Genève)
15.11.35		172	16,1															
N° 6 q																		
26.12.49		184	13,1															Fortes eaux
12.8.54		194	-	217,0	3,56													Assez fortes eaux
27.8.66	7,60	123	-	175,7	2,88	1,4	0,04	3,8	0,08	1,48	0,06	traces	5,16	0,43	51,05	2,57		
N° 6 i																		
26.12.49		164	15,7															Fortes eaux
12.8.54		189	-	193,9	3,18													Assez fortes eaux
27.8.66	7,55	148	-	231,8	3,8	1,4	0,04	7,2	0,15	5,94	0,26	traces	6,90	0,57	68,19	3,41		Après pluies abondantes
N° 6 d																		
26.12.49		183	13,5															
Vieux-Bois N°9																		
26.12.49		190																Emergences aval
23.8.54			14,2	183,6	3,09													
Cabusse n° 35		176	16,1															
		192	17,9							Recherches de Mr. BUFFLE								15.11.1935
23.8.54		189		189,7	3,11					Recherches de Mr. BUFFLE								24.11.1935
Mi-Fontaine N° 14																		
26.12.49			16,2															
1955 ?				272,0	4,46													
27.8.66	7,60	220			4,60	2,8	0,08	26,6	0,56	5,94	0,26	Tr.	17,28	1,44	73,54	3,69		Après pluies abondantes
Magdelon N° 16	7,65	210	-	219,6	3,6	4,3	0,12	19,5	0,41	2,96	0,13	Tr.	17,28	1,44	56,76	2,85		27.8.66
N° 17		243	20,5			4,7	0,13	18,8	0,39									13.9.46
id.				262,3	4,3													1955 ?
id.	7,35	246		280,6	4,6	?	?	23,0	0,48	7,42	0,32	Tr.	17,28	1,44	68,19	3,41		27.8.66
Nappes N° 42	7,55	236		305,0	5,0	?	?	15,3	0,32	5,94	0,26	Tr.	10,32	0,86	90,0	4,50		27.8.66

3.5 - Débits des Sources - Impluvium

En l'absence d'appareils bien adaptés, les débits furent déterminés par la méthode du flotteur, ce qui, malgré des corrections apportées, laisse une certaine marge d'erreur difficile à estimer.

La mesure des débits n'était d'ailleurs pas, au départ, le but de nos recherches; nous regrettons de n'avoir plus tard, pu préciser quelques valeurs qui auraient été fort utiles dans l'interprétation de faits que les mesures de température avaient permis de déceler. Un certain nombre de relevés de débits, ont, depuis l'époque 1946-49, été égarés; nous le regrettons d'autant plus.

27.10.1946 : Sources de la Divonne-Versoix (N°6, ensemble) :
1,82 m³/sec. (eaux modérément hautes).

27.10.1946 : Divonne-Versoix, juste avant l'apport des sources de l'établissement thermal : 1,95 m³/sec.
L'apport par les ruisseaux des eaux superficielles est négligeable.

27.3.1947 : Sources de la Divonne-Versoix (n°6, ensemble) :
2,80 m³/sec. (fortes eaux, fonte des neiges en montagne).

27.3.1947 : Bief issu de la source VIDART uniquement :
1,90 m³/sec. (idem)

4.10.1971 : Rivière Divonne-Versoix après l'apport des sources de l'établissement thermal :
0,95 m³/sec. (après longue période sèche).

24.12.1971 : Bief issu de la source Vidart uniquement :
0,72 m³/sec. (eaux médiocrement hautes)
(hauteur jet Vidart 0,90 m.).

5.9.1972 : Bief issu de la source Vidart uniquement : 0,95m³/se

31.5.1976 : Bief issu de la source Vidart uniquement :
1,13 m³/sec. (peu après la fin de la fonte des neiges en montagne).

31.5.1976 : Rivière Divonne-Versoix avant l'apport des sources de l'établissement thermal : 1,08 m³/sec.

31.5.1976 : Rivière Divonne-Versoix après l'apport des sources de l'établissement thermal : 2,70 m³/sec.

Tenu compte de ce peu de données numériques, on peut estimer le débit de la rivière à la sortie de l'agglomération, comme variant de 1 à 4 m³/seconde.

.../...

On constate qu'après une longue période de sècheresse, le débit des sources de l'Etablissement thermal, bien que diminué, reste encore assez abondant (de 0,72 à 0,95 m³/sec. Vidart), alors qu'en amont, les sources de la rivière sont tarées. Les valeurs ci-dessus quasi asymptotiques, donnent une idée de l'importance des réserves contenues dans les cheneaux du calcaire jurassien, mais surtout dans les porosités, les fins interstices et les fentes de ces roches très fissurées de la haute chaîne du Jura.

Pour la rivière, il est vraisemblable que pendant sa traversée de l'agglomération, une partie du débit se perd dans une sorte de cône d'alluvions très aplati sur lequel est bâtie la ville, et y forme une nappe phréatique, d'ailleurs mise au jour au moment de la création du Lac de Divonne.

Impluvium

Nous avons planimétré l'impluvium apparent de la Divonne-Versoix au point où elle s'adjoint les eaux de la Source Vidart, ce qui donne 34,56 Km². En admettant en ce point un débit moyen de 2 m³/sec. (sources de l'Etablissement comprises), l'abondance relative, en tenant compte de tous les ruisseaux affluents antérieurs, serait de 60 litres/seconde au kilomètre carré, ce qui s'écarte légèrement du cadre des rivières de la région (Valserine 40 l/sec/km²; Ain 38 à 39 l/sec/km²).

Mais si l'on ne tient compte, lorsqu'on considère seulement les sources de la Divonne-Versoix, celles de l'Etablissement Thermal et de la Mélie, que de l'aire située au-dessus de 1.000 m. d'altitude (c'est l'alimentation des groupes A et B), cet impluvium se réduit à 9 Km².

En admettant une hauteur de précipitations annuelles de 2 m. d'eau en moyenne au-dessus de l'altitude de 1.000 m., et un déficit d'écoulement (évapotranspiration) voisin de 0,50 m. (d'après Pardé), la tranche d'eau infiltrée en altitude serait donc de 1,50 m., ce qui correspondrait à 13.500.000 m³ par an, soit une moyenne de 0,428 m³ par seconde.

Or, la seule source Vidart (N°1) offre déjà un débit qui ne paraît pas être inférieur à 0,72 m³/seconde (après sècheresse). Si on y ajoute les autres sources des groupes A et B, on voit que la valeur de 1 m³/sec. est en moyenne atteinte ou dépassée.

Si même, on considère un impluvium apparent s'étendant des sommets jusqu'à l'altitude de 600 m., ce que les particularités observées au cours de cette étude ne permettent pas d'accepter, on voit qu'avec cet impluvium de $9 + 7,39 = 16,39$ Km², on ne peut atteindre le débit en question.

Alors, ne faut-il pas, puisque l'alimentation de ces sources se fait au travers des calcaires de la montagne, admettre un impluvium véritable, plus vaste, nourrissant d'importantes réserves que des cheneaux souterrains collecteraient au bénéfice des sources?

.../...

Du côté de la Valserine, au-delà de la ligne de crête, la disposition géologique des couches ne paraît pas favoriser une marche des eaux vers le Sud-Est.

Au bassin de l'Oudart, du côté GEX-LA FAUCILLE, on se trouve plutôt à basse altitude, et cela même presque jusqu'au bassin de la Valserine; cette zone ne nous semble guère pouvoir être retenue pour fournir des eaux à issue divonnaise.

Par contre, c'est dans le bassin adjacent du Boiron, ou mieux de ses arrières en montagne, que constituent les massifs de la Dôle, de la Barillette et même sur l'autre versant (La Pétroulaz, les Dappes) qu'on remarque (Voir travaux de Lagotola (9) FALCONNIER (4), une importante faille dirigée N.N.W. - S.S.E. naissant à la Trélasse, sectionnant l'arête de la Dôle au Col de Porta, et se dirigeant par le creux du Pralet pour suivre par le bas, les escarpements des contreforts de "Potraux" et de "Sur les Roches"; après quoi, il devient difficile, hors des affleurements calcaires du Jurassique supérieur, de la suivre dans les moraines et éboulis qui tapissent au-dessous de 900 - 1.000 m. les pentes du Jura.

Il nous paraît probable que cette fracture puisse servir de guide aux circulations d'eaux souterraines de cette région de la Dôle. Elle est de plus, rencontrée par un certain nombre de prolongements d'autres failles, orientées plus ou moins parallèlement entre elles, mais se rapprochant de la direction Est-Ouest; parmi celles-ci, qu'on pourrait appeler "affluentes", il faut citer la faille frontière qui, passant près du petit Sommailley, rejoint après la combe du Faoug, la fracture du Col de PORTA.

Or, si par la pensée, on prolonge cette dernière vers le Sud, on aboutit presque exactement aux sources de la Divonne-Versoix. D'où l'idée que les Griffons (côté Alpes) de cette source, ainsi que les sources de l'Établissement Thermal qu'on a vu posséder des caractéristiques thermiques quasi identiques, pourraient être alimentés (au moins partiellement) par des chenaux que cette cassure importante aurait fait naître (comme cela a été constaté, fréquemment dans le Jura). Ces conduits draineraient, au moins en partie, ce nouvel impluvium du versant Sud-Oriental du Massif de la Dôle avec le Syndlinal du Vuarne, un peu des eaux recueillies au flanc du massif de la Barillette et, peut-être, moins probablement toutefois (mais les parcours des eaux souterraines sont souvent capricieux), des eaux collectées au-delà de l'arête anticlinale de la Dôle vers le Nord-Ouest, sans compter l'apport par les failles "affluentes" dont nous avons parlé ci-dessus.

La distance à parcourir du massif de la Dôle aux Sources de Divonne est nettement plus grande que celle qui par la Faille F2 (au Nord de Riamont-Mussy) permet d'atteindre les sources du Groupe B. Ainsi peuvent s'expliquer sans doute, les décalages d'horaires des crues, ceux des chutes de température, les aspects des Limons, etc...

On est d'ailleurs surpris, en considérant ce versant du Jura qui va de Vesancy au col de St-Cergue et au-delà, de ne pas trouver davantage de rivières assez importantes pour évacuer les eaux tombées sur la montagne, sur ses pentes et au pied des monts.

La Divonne-Versoix semble faire exception. Il est vrai, toutefois, que même dans la plaine, des circulations invisibles peuvent exister. C'est le cas pour la nappe phréatique des Pralies (près de NYON Suisse) découverte par Monsieur FALCONNIER (3) qui a montré que son alimentation par les massifs de la Dôle et de la Barillette sur un impluvium estimé à 20 Km² pourrait très largement apporter un débit de 10.000 litres/minute (environ 170 l/sec.), valeur qu'on peut comparer aux débits constatés à Divonne.

Il est d'ailleurs curieux que l'ancien sillon creusé dans la molasse, et que remplissent les sables et graviers de l'"Alluvion ancienne" à la base de laquelle repose cette nappe, se poursuit vers l'amont parallèlement au Jura, mais se rapprochant de la frontière, cesse de fournir de l'eau.

Et c'est précisément non loin de là, que, sur territoire français (Nuchon, Contremble) se manifestent, dans le glacière (très Jurassien) au pied des monts, un certain nombre de petites sources, certaines étant captées pour l'alimentation en eau potable.

Elles reçoivent au travers de cette moraine filtrante ("groise"), non seulement les eaux tombées sur les parties hautes de cette moraine, mais aussi celles que le massif jurassien peut lui apporter à son contact et certainement sous une certaine pression, par ses fissures et ses enduits internes; et c'est là aussi que passe le prolongement de la grande faille du Col de Porta avant d'atteindre les sources de la Divonne-Versoix.

La butte, en partie molassique qui porte le château de Divonne, est séparée du Mont Mussy par un vallon, vraisemblablement ancien passage de la rivière, mais où l'on pourrait aussi imaginer, poussé encore plus au Sud, un prolongement de l'accident du Col de Porta; ce prolongement au pied du Mussy-Mourex, serait alors jalonné par les sources du Groupe C.

3.6. - Expériences par traceurs colorants

Pour mettre en évidence les communications pressenties entre sources du Groupe B, nous avons tenté d'introduire un corps aisément décelable à l'état de traces, dans les fissures de la source du Vieux Bois (N°9) au moment même où cette source venait de tarir, en espérant que plus en aval, aux sources de la Divonne Versoix (n° 6 h.i.j.) par exemple, nous pourrions le détecter.

Le 7 Février 1948, 20 Kgs de Sel marin dissous dans 2 Tonnes d'eau devaient fournir une solution assez dense pour lui permettre d'atteindre les chenaux souterrains du Groupe B.

Le sel, introduit à 11 h.30 mn s'est manifesté effectivement aux émergences 6 h.i.j. par un louche très net au Nitrate d'Argent, louche apparu dès 12 h. 14 mn., c'est-à-dire presque 3/4 d'heure après. A 12 h.45, le louche disparaissait. Les émergences côté Alpes n'avaient pas réagi.

Le 20 Juillet 1955, 1 Kg d'Uranine dilué dans quelques mètres cubes d'eau, a été introduit, toujours au Vieux Bois, dans les mêmes conditions à 9 h.43. Ce n'est qu'à 10 h.43 qu'apparut une très légère fluorescence aux émergences 6 hij, alors que côté Alpes rien n'apparaissait.

Un essai analogue au Bleu de Méthylène le 26.12.1949 n'avait par contre rien apporté de positif.

Ces essais mériteraient d'être repris et étendus au Jura, en introduisant le traceur en des points convenablement choisis ; fonds de dépressions fermés, par exemple, surtout s'ils se trouvent sur l'emplacement de diaclases marquées ou de failles. Les méthodes modernes apporteraient certainement un grand progrès dans la connaissance de l'hydrogéologie de cette partie du Jura.

Nous donnons, en annexe, une liste de points où ce genre d'essai pourrait être tenté.

4 - COMMENTAIRES , CONCLUSIONS

Contrairement à la plus grande partie de la haute chaîne qui longe le pays de GEX, où l'anticlinal principal est nettement marqué, le Jura Divonnais montre un anticlinal "coffré", sorte de double plateau surélevé, disséqué par des fractures qui se recoupent l'une l'autre (Voir croquis tectonique CT) constituant un karst boisé d'une certaine altitude et lui donnant une certaine ressemblance avec les Causses.

Au bord Sud-oriental de ce plateau, les couches plongent vers la plaine du Léman, passent à la verticale et se renversent parfois. Au bord opposé, les couches s'inclinent brusquement vers la vallée de la Valserine, puis passent par pli faille à ce synclinal.

Les calcaires marneux du Séquanien, si visibles vers la Faucille, ne se montrent dans le Jura divonnais que dans l'entaille de la Combe de l'eau vers 850 m. - 900 m., mais sous les plateaux supérieurs doivent former un plancher peu perméable que nous situons à 1.100 - 1.200 m. d'altitude en moyenne et qui doit retenir une proportion importante des eaux infiltrées rapidement au travers des calcaires supérieurs très fissurés.

On remarquera sur les plateaux, la longue faille (F5) dirigée presque Nord-Sud, que souligne la topographie et qui les divise en deux parts à peu près égales : la moitié orientale étant affaissée de 100 m. au moins par rapport à l'autre. Cet accident recoupé par de nombreuses fractures qui lui sont grossièrement perpendiculaires (Voir croquis tectonique et carte géologique au 1/50.000e feuille St-Claude).

La structure, ainsi établie, ne peut que favoriser le rassemblement des eaux vers la faille F5 à l'extrémité Sud de laquelle nous pouvons atteindre, vers la cote 1271, la fracture F2 à caractère de décrochement, que nous avons vu limiter, au Nord, les collines de RIAMONT-MUSSY, et déterminer la ligne des sources du Groupe B, en allant jusqu'à l'établissement thermal et peut-être au-delà.

Les eaux infiltrées sur ces plateaux, conduites en des chenaux créés par ce réseau de nombreuses fractures, s'abaissent vers la plaine du Léman à la faveur des pendages qui s'accroissent sur ce flanc oriental, et, protégées par le placage de glaciaire local important formant barrage, s'accroissent dans les vides du calcaire. Elles reviennent à l'air libre, là où l'épaisseur de la moraine est devenue insuffisante (Sources de Nuchon, du Fleutron, des flancs du "Majorat", mais aussi à la faveur de failles telles que F2, fracture si visible aux affleurements calcaires du Nord des collines, mais, encore une fois, là où la couverture glaciaire est dénudée ou de faible épaisseur (La Toupe, La Cabusse, St-Gix, Vieux-Bois, Sources de la Divonne-Versoix, Sources de l'Etablissement Thermal).

Tout cet ensemble du Jura divonnais offre donc les caractéristiques d'un Karst barré.

.../...

Le regroupement des eaux nous paraît encore favorisé par la sorte de pédoncule qui après la soudure de Riamont à la haute chaîne se traduit par une arête plus ou moins arrondie à partir de laquelle la montagne, dès avant la Forêt de Disse, prend la torsion qui l'amène aux abords du Col de la Faucille. Bordant au Nord-Est les Rus parallèles descendant du Creux du Cerf, elle doit constituer un barrage pour les eaux infiltrées sur le plateau et tendre à les ramener par l'accident F2 aux chenaux d'alimentation du Groupe B.

Nous noterons que la grande fracture Sud-Ouest de Mourex-Riamont (F1) ne paraît pas alimenter des sources aussi importantes que celles de DIVONNE.

Pour la fracture F2, il ne semblerait pas impossible non plus que les eaux du Groupe A puissent l'utiliser. Dans ce cas, ce serait dans des chenaux situés à un niveau inférieur de ceux du Groupe B et reposant peut être sur le Séquanien marneux, alors que les conduits supérieurs, ne se remplissant qu'en hautes eaux, pourraient alimenter les sources du Groupe B.

Mais, d'autre part, les différences dans les caractères de ces deux groupes, en particulier le retard dans l'abaissement de température au moment des crues, joint au fait que les expériences à l'aide de traceurs n'ont pas permis de constater une relation entre le "Vieux Bois" et les sources de la Divonne-Versoix, côté Alpes, ne nous incitent guère, après examen détaillé des courbes de température, à supposer un mélange d'eaux du type B, s'adjoignant dès la source de la Divonne-Versoix, suffisamment d'eau du type plus tiède "C", pour aboutir aux eaux du Groupe A, c'est-à-dire celles de l'Etablissement Thermal, à température intermédiaire entre celles des groupes B et C.

Reprenant une autre hypothèse; celle que nous avons émise au chapitre "Débits des Sources" : les eaux du Groupe A ne proviendraient-elles pas de la région de la Dôle, par des chenaux plus ou moins alignés sur la faille du Col de Porta. Il est d'ailleurs à remarquer que sur l'alignement des sources du Groupe B, mais en amont des sources de la Divonne-Versoix, on n'en retrouve plus aucune qui présente les caractères du Groupe A.

Quoi qu'il en soit, les réserves d'eaux doivent se trouver non seulement dans une sorte de nappe reposant sur les marno-calcaires séquaniens, mais aussi dans les interstices et porosités de l'importante masse calcaire supérieure, très fissurée en général; ceci explique les débits encore élevés, même en saison sèche, des sources pérennes telles que celles de l'établissement thermal, la Mélie, sans oublier les eaux qui circulent dans les sables et graviers du cône d'alluvions de Divonne, et que le petit lac créé non loin de cette localité, a mises en évidence.

On remarque qu'après une longue période de sécheresse, des précipitations brusques, mais courtes, relèvent immédiatement le débit des sources, qui se réduit sitôt après la crue à la valeur qu'il avait tout juste avant; ceci indique que les chenaux du calcaire se sont accaparés de l'eau des crues soudaines, mais que la réserve des interstices et porosités n'en a pour ainsi dire presque pas profité : il faut beaucoup plus de temps pour cela.

Pour tenter de trouver une explication valable à l'origine et aux trajets souterrains de ces eaux, il semble donc nécessaire de lancer une campagne d'essais à l'aide de traceurs bien adaptés, introduits en des points judicieusement choisis (Voir annexe), par exemple dans les fonds de dépressions fermées, même si aucun aven n'y est apparent, et à des moments où les conditions météorologiques semblent les plus favorables à une infiltration sûre et rapide.

Il nous semble également intéressant d'étudier, grâce aux méthodes modernes (analyse isotopique par exemple) les caractères particuliers qui, du fait de l'origine ou du parcours des eaux peuvent permettre de les distinguer. Il est possible en effet, que les eaux de la pluie ou de la neige fondante provenant d'une zone de pâturage (cas du Massif de la Dôle) n'acquièrent pas les mêmes propriétés (de tous ordres) que celles provenant d'une zone de forêt compacte (cas du Jura divonnais).

Notre étude géologique de 1945-46 (11) nous avait permis de constater que les collines Mussy-Mourex-Riamont constituent deux anticlinaux bordant l'anticlinal principal du Jura aux environs de Divonne, en formant un "horst" limité par deux fractures importantes.

Les observations hydrologiques des sources dites de Divonne et de quelques unes des environs (à caractère vaclusien) ont bien fait apparaître une origine jurassienne et surtout nous ont permis de les classer en trois types :

- (A) Sources de l'Etablissement thermal, Source La Mélie, Sources de la Divonne-Versoix côté Alpes, à température moyenne voisine de 7°,8 très peu sensible aux variations saisonnières, mais qui sous l'effet des infiltrations en montagne (pluie ou Fonte des neiges au-dessus de 1.000 m.), accusent, été comme hiver, deux ou trois jours après le début des infiltrations, une chute de température pouvant atteindre 1°, cette chute étant précédée d'un ressaut de température de 0,1 à 0,2 degré, remontée vraisemblablement due à un mélange avec des eaux plus chaudes arrivant sous pression accrue brusquement.

Ce type de ressaut aurait aussi été remarqué par Monsieur KRUMMENACHER (thèse partie inédite), par Monsieur OLIVE (Thonon les Bains) (Thèse) et par des Américains (effet PISTON FLOW).

Le groupement des sources n° 1 à 5 suggère qu'au lieu d'une alimentation directe par chenaux, on peut supposer, sous la couche relativement mince d'argile glaciaire, une nappe même peu étendue de graviers, très perméables, car subissant de nombreux et importants lavages au moment des crues souterraines, et de ce fait permettant à l'eau d'accuser rapidement toute modification dans les débits et les températures. Ceci revient donc, de ce point de vue, à l'alimentation pure et simple par chenaux.

- (B) Sources directement liées à la Faille du Vieux-Bois (F2)

De températures inférieures à celles du groupe A (moyenne annuelle 7°C), également peu sensibles aux variations saisonnières, mais subissant presque immédiatement, non seulement une hausse des débits, mais aussi une baisse de température sous l'influence de pluies ou de fontes des neiges en montagne (toujours au-dessus de 1.000 m.). Ces sources placées à un niveau plus élevé que celles du groupe A sont fréquemment tarées et ce, d'autant plus qu'elles sourdent à une altitude plus élevée. Il s'agit vraisemblablement d'eaux vadoses, circulant à marche rapide dans des chenaux largement ouverts, en pente accentuée, sans ou presque sans retenues internes (bassins, lacs). Elles suivent le trajet préparé par la faille (F2) qui limite au Nord les collines de Riamont et de Mussy.

(C) Eaux plus chaudes du pied Sud Oriental du Mont Mussy-Mourex.

Leurs températures, même en hiver, dépassent la moyenne annuelle de l'air ambiant, et sont souvent au-dessus de 12°C. Vers ARBERE, elles atteignent parfois presque 15°C. en toutes saisons. Particularités chimiques : elles sont nettement plus chargées en chlorures, en sulfates et en sels de Magnésium que toutes les autres sources étudiées, fait à rattacher soit à la présence de molasse chattienne au pied du Mont Mussy-Mourex, soit à l'apport d'eaux qui circuleraient à la faveur de failles pouvant atteindre le Trias sous le Col de la Faucille. Ce groupe mérite une étude beaucoup plus poussée que celle que nous avons pu faire.

Nous avons à peine fait mention des sources du placage glaciaire qui tapisse le pied de ce flanc du Jura jusqu'à 800 - 900 m. (GROISE), et nous n'avons pas parlé des petites sources secondaires dispersées aux flancs des collines et généralement liées aux marnes hauteriviennes. Celles du Mont Mussy-Mourex se trouvent tantôt sur le versant S.E., tantôt sur le versant opposé, côté Vallon de Vesancy.

Au Riamont, par exemple, s'écoulent vers le Nord-Est, les eaux que la large gouttière synclinale hauterivienne a rassemblées (grâce à l'inclinaison générale des couches) à la Fontanette (n°10) (Lambert x = 889,740 - y = 158,270).

D'un point de vue général, ce n'est pas seulement à Divonne, qu'au pied du Jura, on rencontre des contreforts, sortes d'avant-plis à la haute chaîne. Au Sud s'adosse, à l'Ouest du crêt d'Eau, le contrefort de Menthrières, plus au Nord, le Mont Chaubert, vers le Marchairuz, se soude au Jura près du crêt de la Neuve.

Mais c'est surtout aux environs de la Station thermale d'YVERDON (Suisse) que la colline de Chamblon offre, ainsi que les sources groupées à sa périphérie, des analogies remarquables avec les collines et les eaux de Divonne. Étudiées par H. SCHARDT en 1897 (16), les sources Vaclusiennes du Mont de Chamblon, se retrouvent à des températures allant de 10 à 14°, selon le cas. Ce Géologue a pu mettre en évidence, par des essais de traceurs colorants, le cheminement souterrain d'eaux qui tombées à plus de 5 Kms au Nord-Ouest sur un contrefort du Jura, resurgissent à certaines des sources de cette colline.

Il est à souhaiter que, grâce aux moyens d'investigations modernes, puissent être améliorées nos connaissances hydrogéologiques, non seulement de la région divonnaise, mais aussi de cette région du pays de GEX, où quelques sources seulement font revenir au jour un peu des eaux enfouies dans les profondeurs de la montagne.

ANNEXE 1

PRINCIPALES DÉPRESSIONS FERMÉES DU JURA DIVONNAIS
ET DES ENVIRONS SUS DE LA DÔLE

1 - Creux au pied de la Dôle (environs du Chalet de la Dôle) Chalet coordonnées Lambert :		x = 889,750 y = 165,390
2 - Creux du Pralet		x = 890,050 y = 164,100
3 - Dépression à la Combe du Faoug (aux environs du Chalet)		x = 889,58 y = 163,070
4 - Dépression (à la frontière), 250 m. Sud du Chalet de la Baudichonne		x = 888,670 y = 163,570
5 - Dépression 600 m. au S.E. du Chalet de la grande GRAND		x = 888,450 y = 163,120
6 - Creux du Mont Grevé (Aven)		x = 888,700 y = 163,300
7 - Combe blanche, aux environs du chalet de la Petite GRAND (à 400 m. S. SE)		x = 887,670 y = 162,180
8 - Dépressions aux environs du Chalet de Puthod (à 500 m. environ à l'E et au S.E.)		x = 887,150 y = 161,520
9 - ,Nombreuses petites dépressions au Nord de la "Baraque de Divonne", celle-ci à		x = 889,720 y = 161,500
10 - Aven de la Vesancière		x = 887,070 y = 160,200
11 - Dépressions à 1 km. S.E. de Vesancy au fond du vallon de Vesancy	A	x = 889,225 y = 156,300
	B	x = 889,560 y = 156,500

ANNEXE 2

EXTRAITS DE LA BIBLIOGRAPHIE

- 1 CHAUVE - Guides géologiques régionaux : JURA MASSON 1975.
- 2 CASTANY G - Traité pratique des Eaux souterraines MASSON 1963.
- 3 FALCONNIER A - Découverte de la nappe phréatique des Pralies
BULL techn. Suisse Romande 25-7-1953 page 353.
- 4 FALCONNIER A - Etude du décrochement de ST-CERGUE LA CURE
Eclogae Helvetiae Vol. 48 n° 2 1955, p.
- 5 GEZE B. - La Spéléologie scientifique (Editions du Seuil 1955).
- 5' GEZE B. - Phénomènes Karstiques in Géologie II La Pléiade
- 6 GROSGURIN R. - L'hydrologie du pays de Gex D.E.S. LYON 1954.
- 7 JOUKOWSKY A. - Géologie et eaux souterraines du pays de Genève
Kundig Genève 1941.
- 8 KRUMENACHER R. - (Condensé de Thèse) Géologie du bassin de la Valserine
(Ain, France) GENEVE 1971.
- 8' " " - Stratigraphie du bassin de la Valserine (Archiv. Sc.
Sté Physique & Hist.Nat. GENEVE - Nov. 1971).

- 9 LAGOTOLA H. - Etude géologique de la région de la Dôle (Mat.
carte géol. Suisse 1920).
- 10 LOUP J. - Les Eaux terrestres - MASSON 1974.
- 11 MOREL P. - RIAMONT - Mont Mourex, Mont Mussy, avant-plis du
Juragessien BULL Sté Naturaliste de l'Ain 1945
et 1946.
- 12 NICOD J. - Pays et paysages du calcaire. Presses universitaires
de France 1970.
- 13 PARDE - Fleuves et Rivières Armand COLIN 1947.
- 14 RENAULT P. - La formation des Cavernes - Collection "Que Sais-Je" 1970.
- 15 SCHARDT H. - Etudes géologiques sur l'extrémité de la chaîne du
Jura Reculet-

- 16 SCHARDT H. - Notice sur l'origine des sources vaclusiennes du
Mont de Chamblon, BULL Sté Neuchateloise Sciences
Naturelles t xxVI 1897, 98 p. 211.
- 17 SCHOELLER H. - Les Eaux souterraines MASSON 1962.
- 17' id. - Hydrologie in Géologie II - La Pléiade.
- 18 TARDY R. - Le Relief du pays de GEX D.E.S. LYON 1952.
- 19 TROMBE F. - Traité de Spéléologie PAYOT 1952.
- 20 VINCIENNE H. - Les décrochements horizontaux dans le Sud du Jura.
C.R.Ae Sc, Paris 13/6/1932.
- 21 VINCIENNE H. - Sur la structure des Anticlinaux des hautes chaînes du
Jura Méridional CRAeSc Paris 1939, p. 1092.

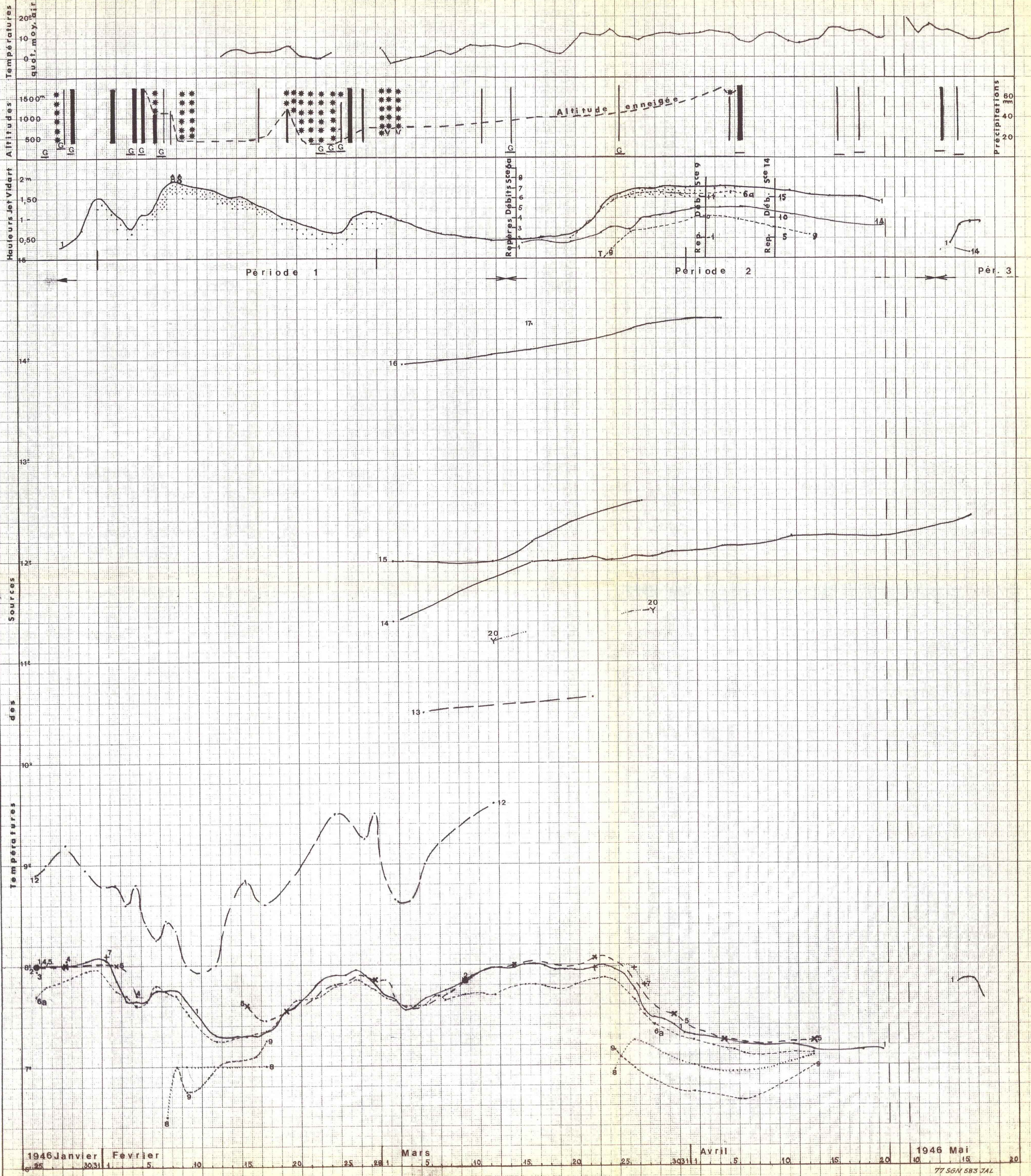
ANNEXE 3

GRAPHIQUES ET CROQUIS DESCRIPTIFS

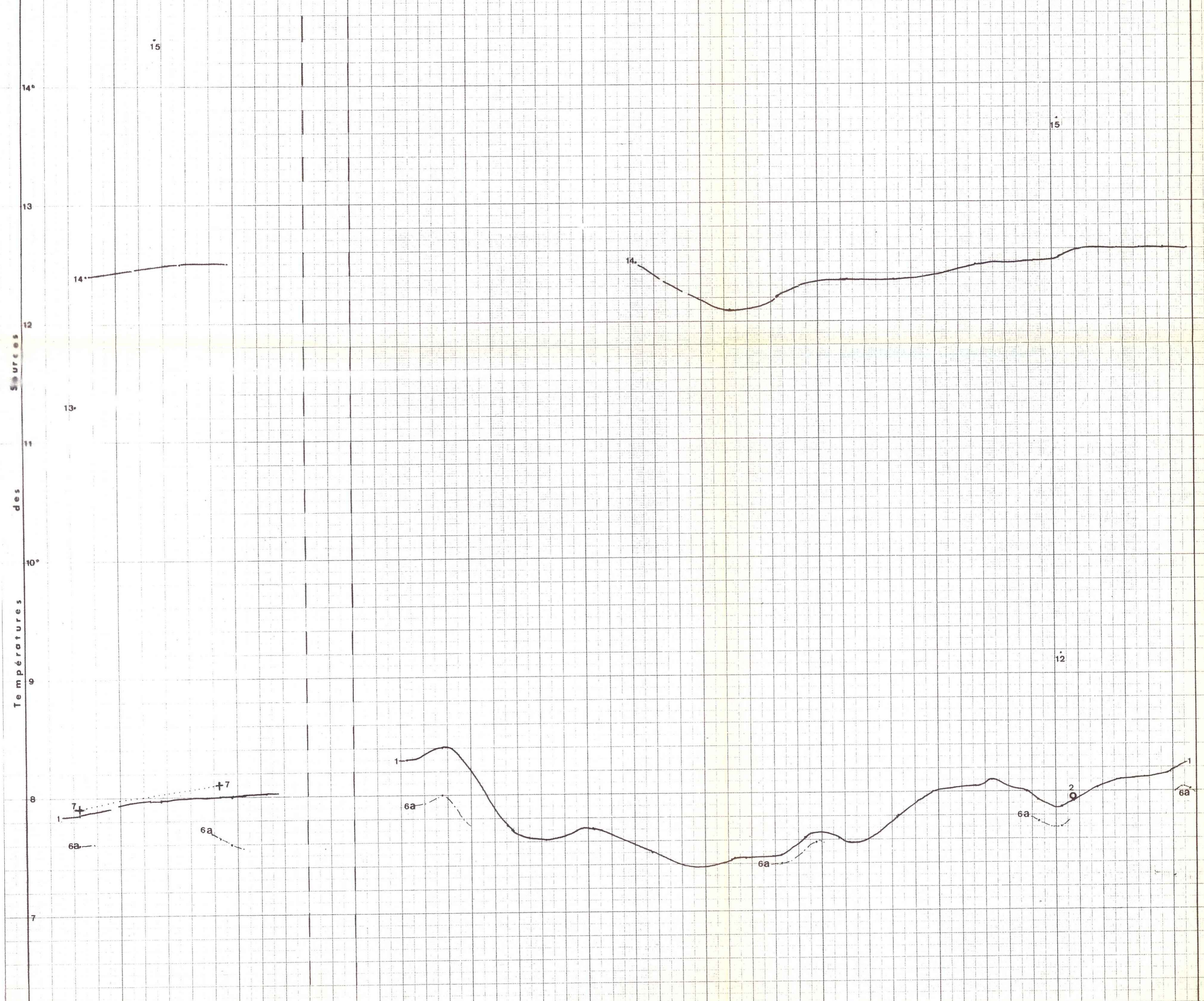
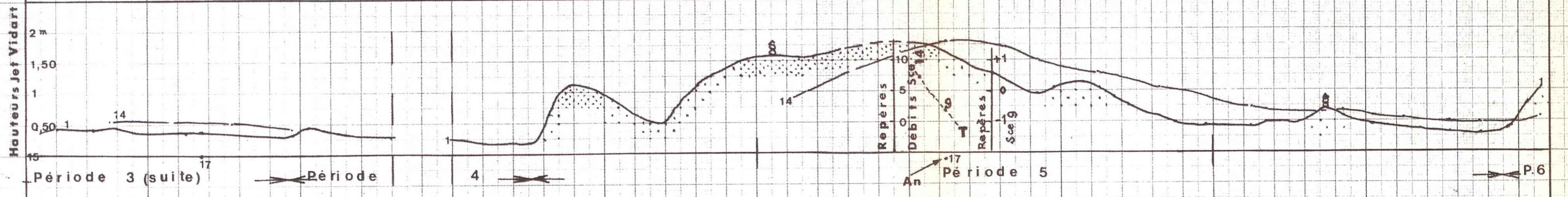
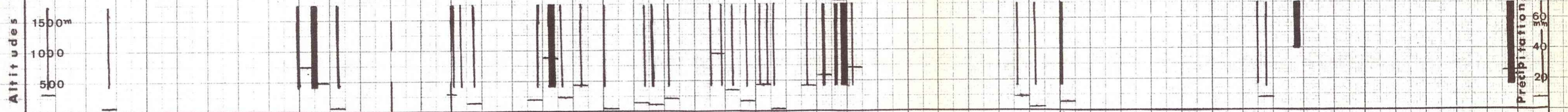
GRAPHIQUES DETAILLES DES CARACTERISTIQUES DES SOURCES ETUDIEES p. 38 à 43
(feuilles 1 à 6) (hors texte)

LEGENDE CONCERNANT CES GRAPHIQUES :

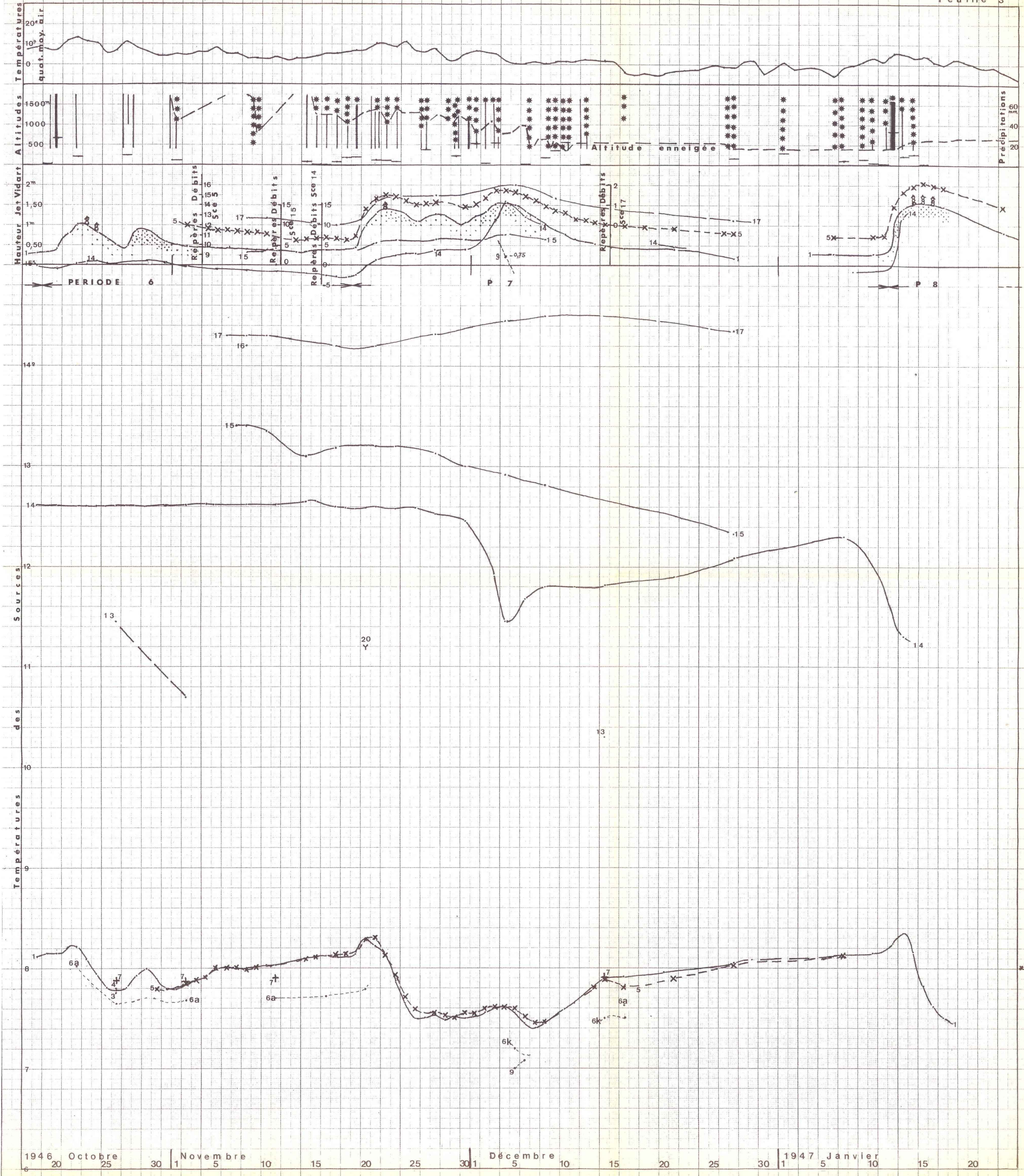
. GRAPHIQUE 1 : RESSAUTS DE TEMPERATURE	44 (hors texte)
. GRAPHIQUE 2 : DETAILS PERIODE 13 - SOURCES DE LA DIVONNE-VERSOIX	45 (hors texte)
. GRAPHIQUE 3 : DETAILS PERIODE 9 (GROUPE B)	46 (hors texte)
. GRAPHIQUE 4 : BIEF BEAUSOLEIL	47 (hors texte)
. CROQUIS TECTONIQUE C.T.	48 (hors texte)
. CROQUIS DE SITUATION (C1) DES SOURCES DE L'ETABLISSEMENT THERMAL	49 (hors texte)
. CROQUIS SCHEMATIQUE DESCRIPTIF (C2) DES SOURCES DE LA DIVONNE-VERSOIX	50 (hors texte)
. ESQUISSE GEOLOGIQUE ET EMPLACEMENTS DES SOURCES ETUDIEES	51 (hors texte)
. COUPES GEOLOGIQUES : RIAMONT - MONT MUSSY - MONT MOUREX	52 (hors texte)

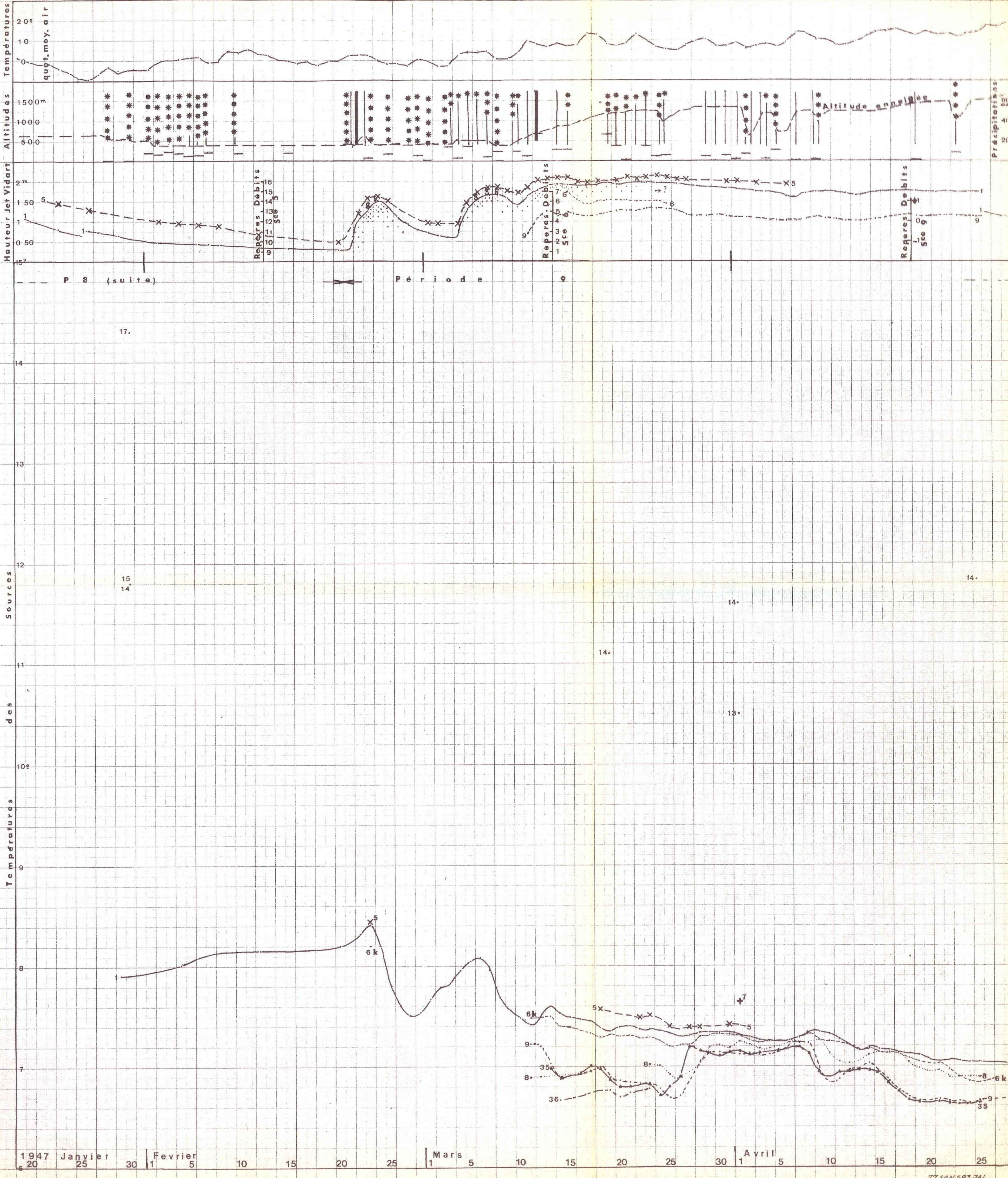


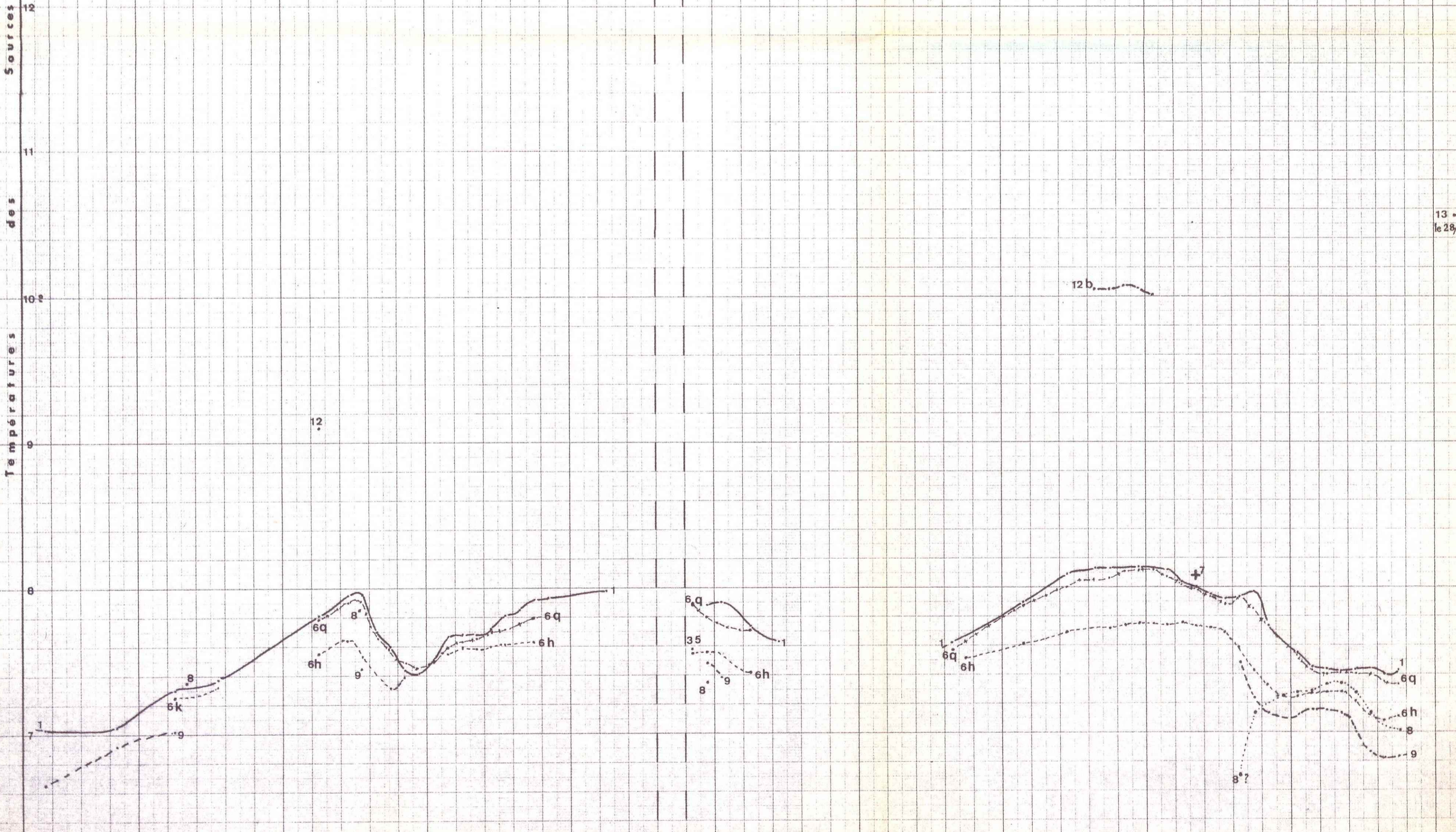
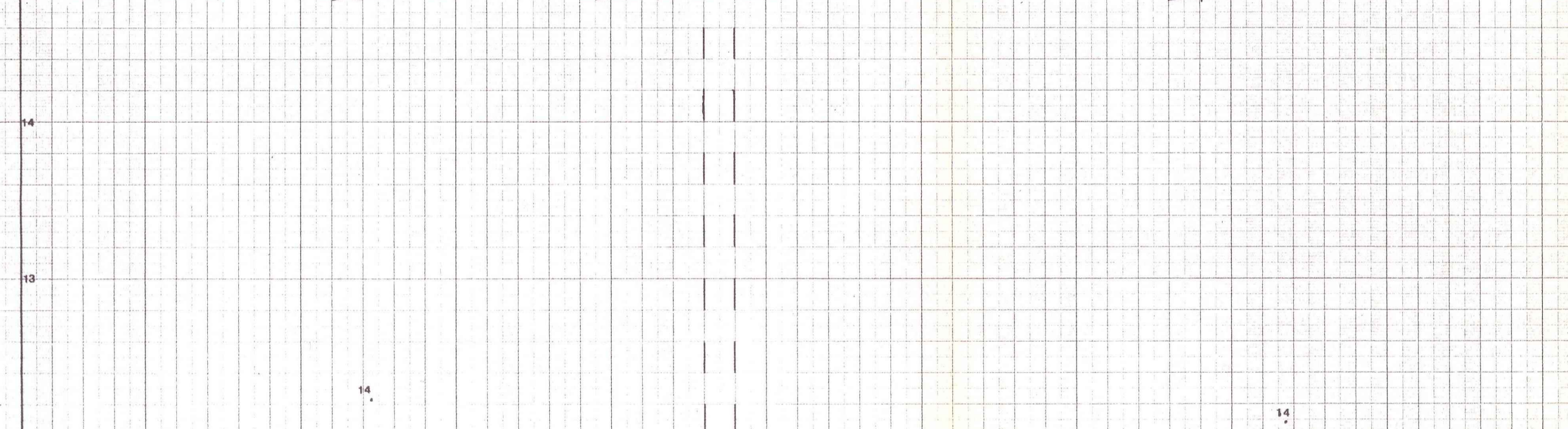
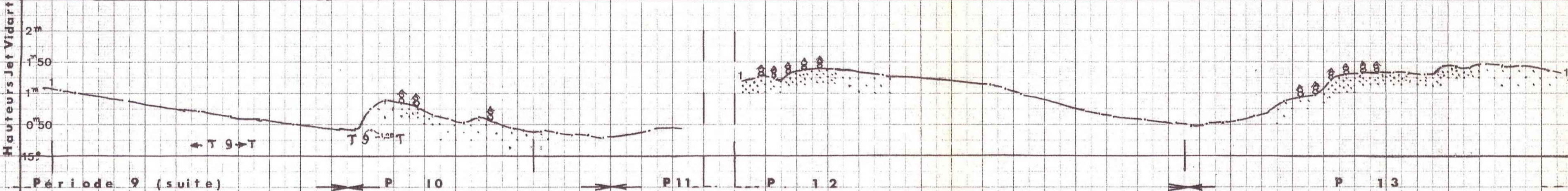
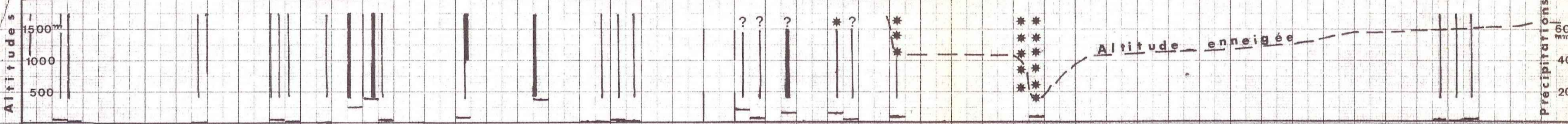
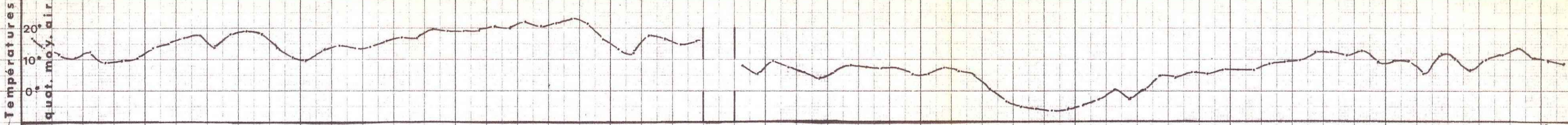
1946 Janvier 1 5 10 15 20 25 30 31 1 5 10 15 20 25 30 31 1 5 10 15 20 1946 Mai 10 15 20

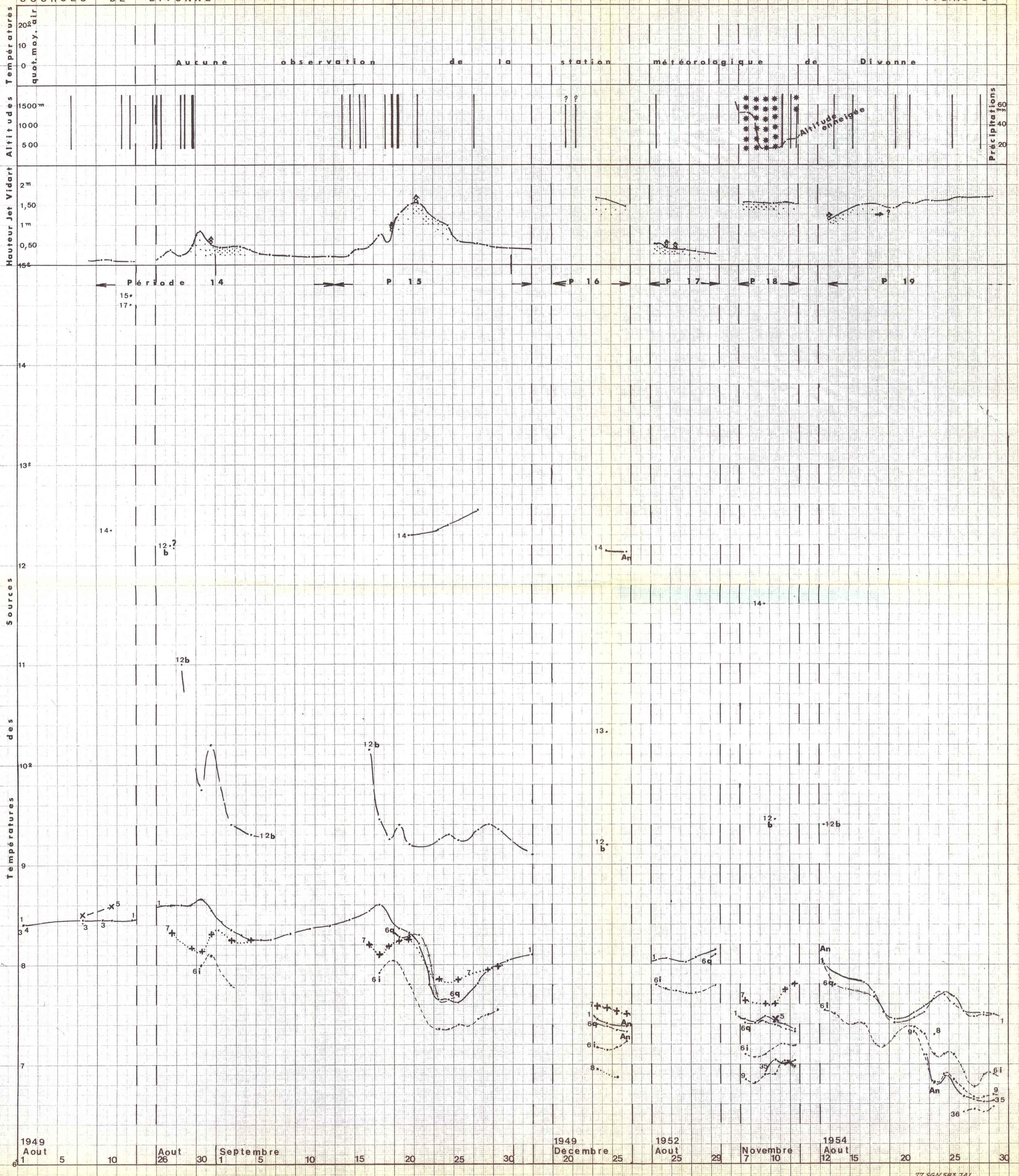


1946 Juillet 5 10 15 20 1946 Aout 12 15 20 25 30 1 Septembre 5 10 15 20 25 30 1 Octobre 5 10 15 20

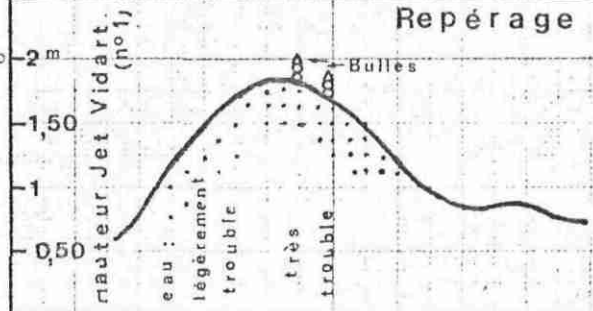
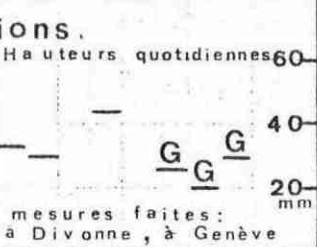
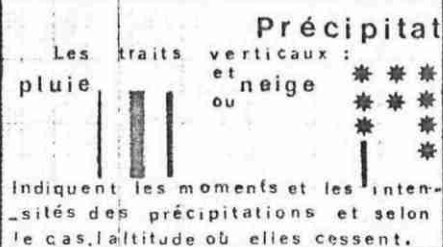
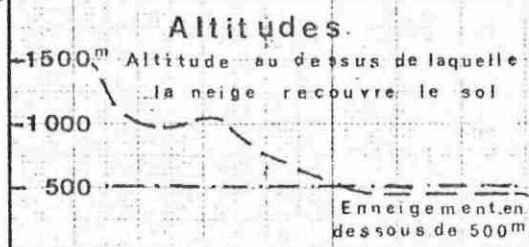




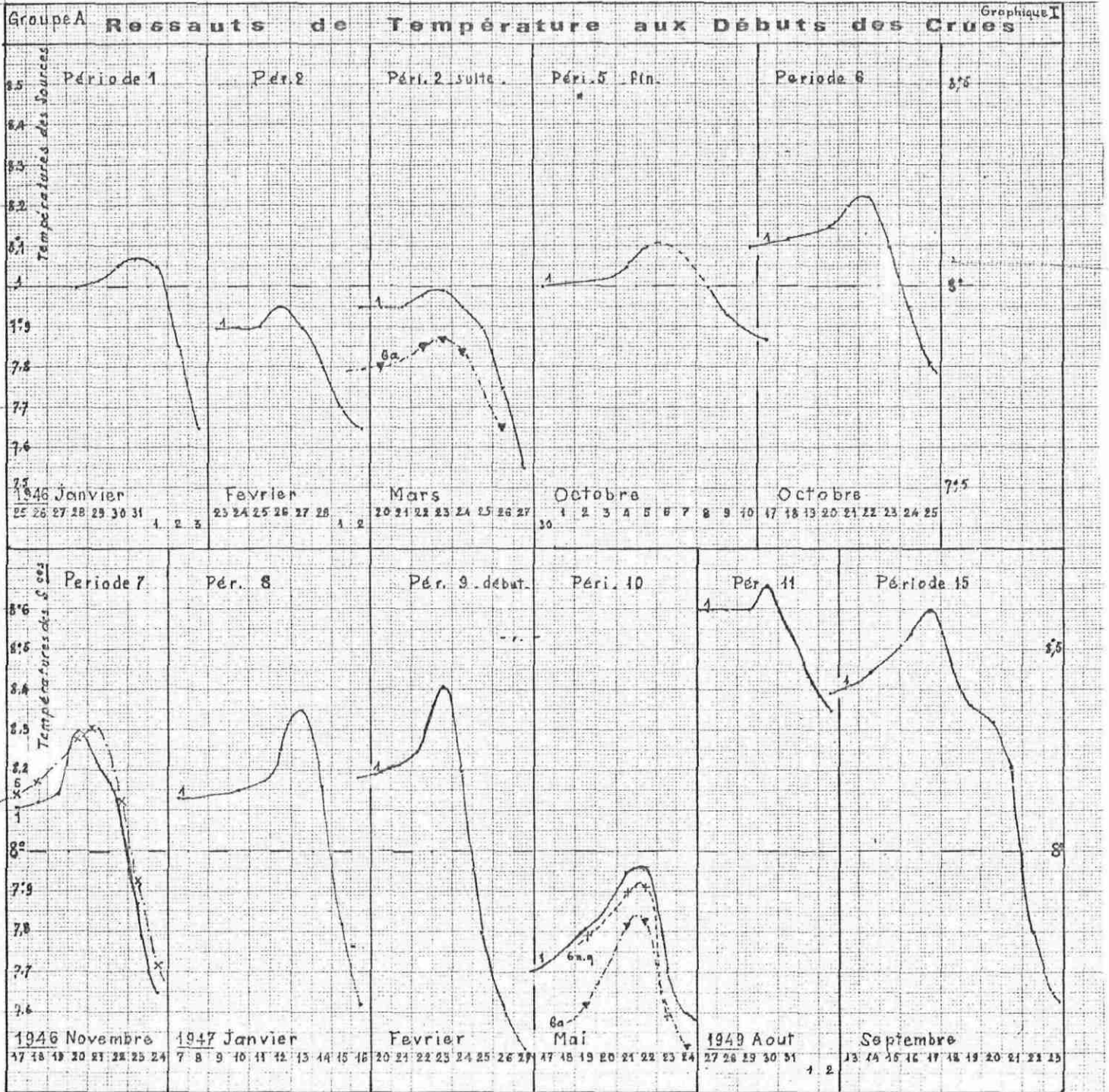




LÉGENDE relative aux GRAPHIQUES rassemblant les observations
Feuilles 1 à 6



Sources :		GROUPE A	GROUPE B	GROUPE C
Sources.	An : Prélèvements pour Analyse	Etablissement thermal		Scie alimentant Nos
		Scie Vidart N°1	Scie 100m S.E. la Toupe 36	pièce de eau (la Cressonnière) (Terrain de Golf) 12
		- Ausone 2	- la Cabusse 35	Scie dans le pré du Château (à 200m aval scie 7) 13
		- Emma 3	- du Vieux Bois 9	Scies d'Arbère
		- Barbilaine 4	petite Scie temporaire bord route N84C en amont Scies 6 : 8	à 500m N d Arbère
		- Amélie 5		Scie Mi-Fontaine 14
		Scies de la Divonne-V		Fontaine (NE) d'Arbère 15
		Barrage déversoir :		Scies des Magdelons
		- côté ALPES 6a		Scie NW 16
		- côté JURA 6k		Scie SE 17
		Emergences 6e, 6h, 6i, 6j		
		Emergences 6n, 6q, etc		
		Scie alimentant l'Etang du pré du Château N°7 (caractéristiques tantôt du groupe B, tantôt du groupe C). Texte voir gr.C	Scie du Faisin à 400m NE du cimetière de GRILLY en bordure route D15. 20	
		Divers :		
		Bief issu de l'hôtel Beausoleils N°19		



Graphique IV

Variations comparées des Débits (repères)

de la Source Vidart (1) et du Bief
issu de l'Hôtel Beau Soleil (19).

Reperes Debits

Beau
Soleil

Vidart

← Période 7 →

8,5-

8°

7,5-

(19)

(1)

(19)

(1)

Températures comparées de la Source Vidart et du Bief Hôtel Beau Soleil.

4 Nov. 1946 5

10

15

20

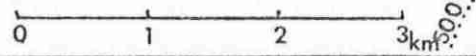
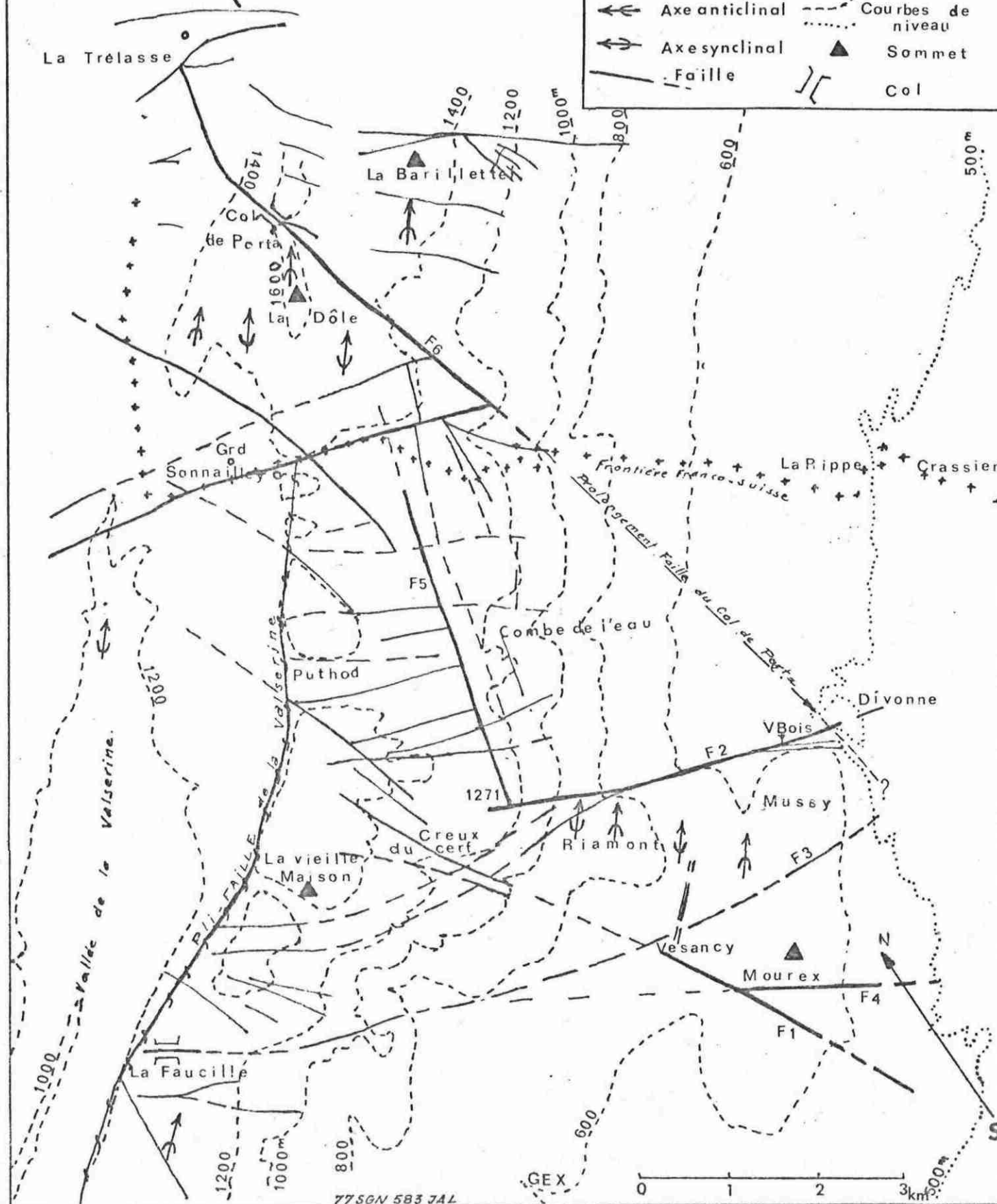
25

1 Dec. 1946 5

10

C.T CROQUIS TECTONIQUE du JURA DIVONNAIS

- ←→ Axe anticlinal
- ←→ Axesynclinal
- Faïlle
- - - Courbes de niveau
- ▲ Sommet
- || Col



ETABLISSEMENT THERMAL

PLAN

vers GEX

Parking



Sce Barbilaine (4)



Versoix



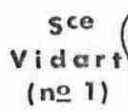
THEATRE

DIVONNE les BAINS
Sources de l'Ébt thermal
Croquis de situation
C1

R.N. 84.C



Sce Emma (3)



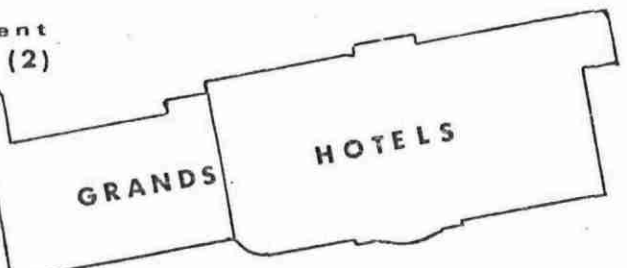
Sce Vidart (no 1)



emplacement Sce Ausone (2)



bief Vidart



GRANDS HOTELS



CASINO



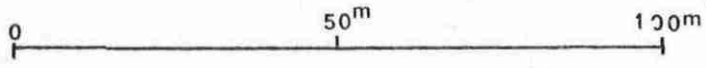
P.T.T.

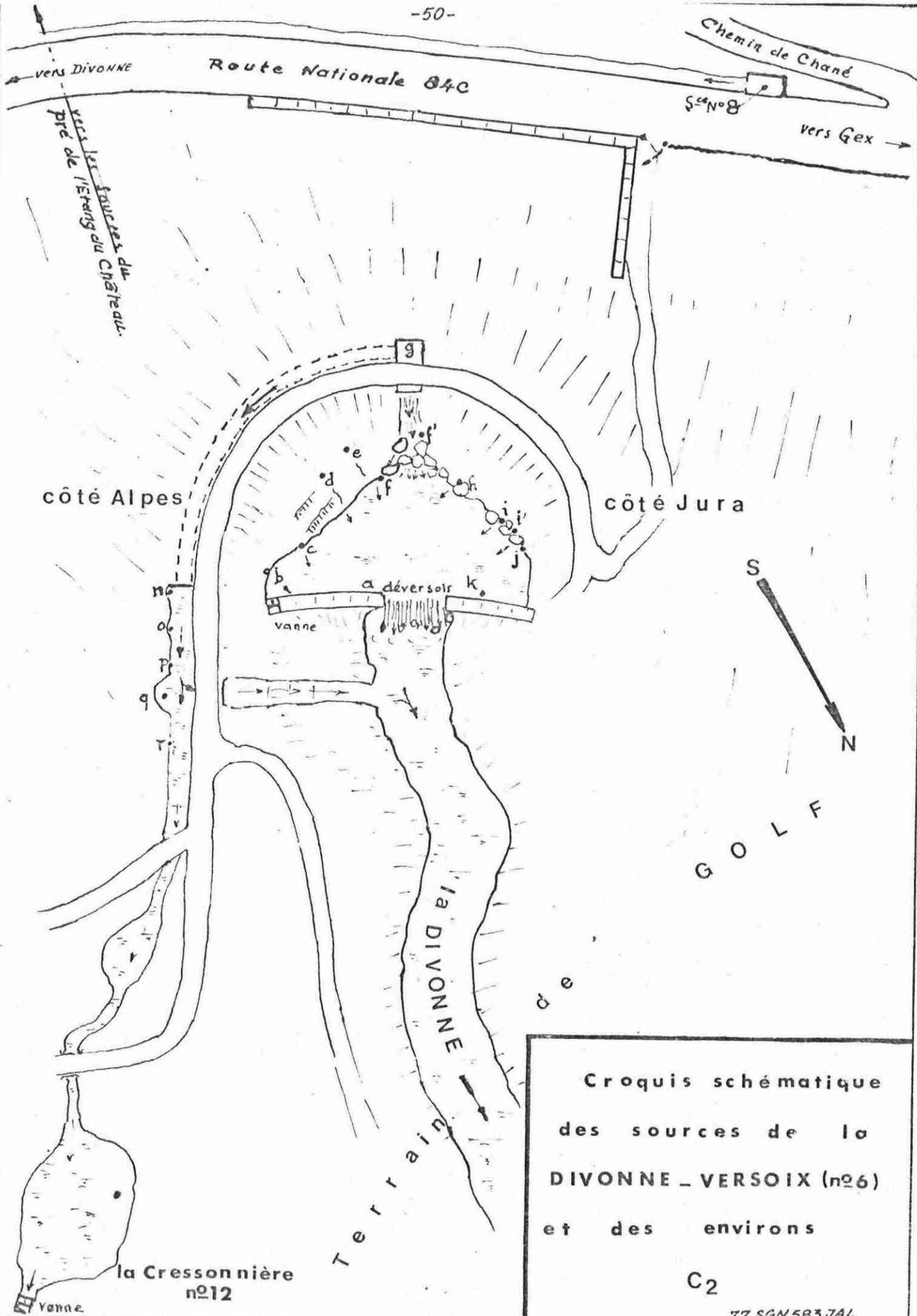
Sce Amélie (5)
à 200m

DIVONNE les BAINS



La Divonne-Versoix





Croquis schématique
 des sources de la
 DIVONNE - VERSOIX (n°6)
 et des environs
 C2
 77 SGN 583 JAL

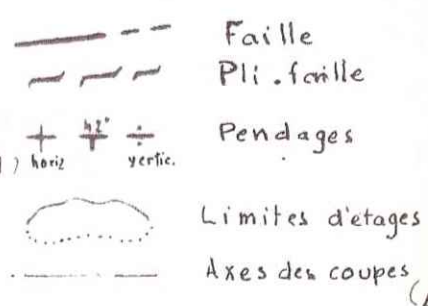
HYDROGEOLOGIE DE DIVONNE, M^t MUSSY, M^t MOUREX, RIAMONT.

- Croquis géologique -

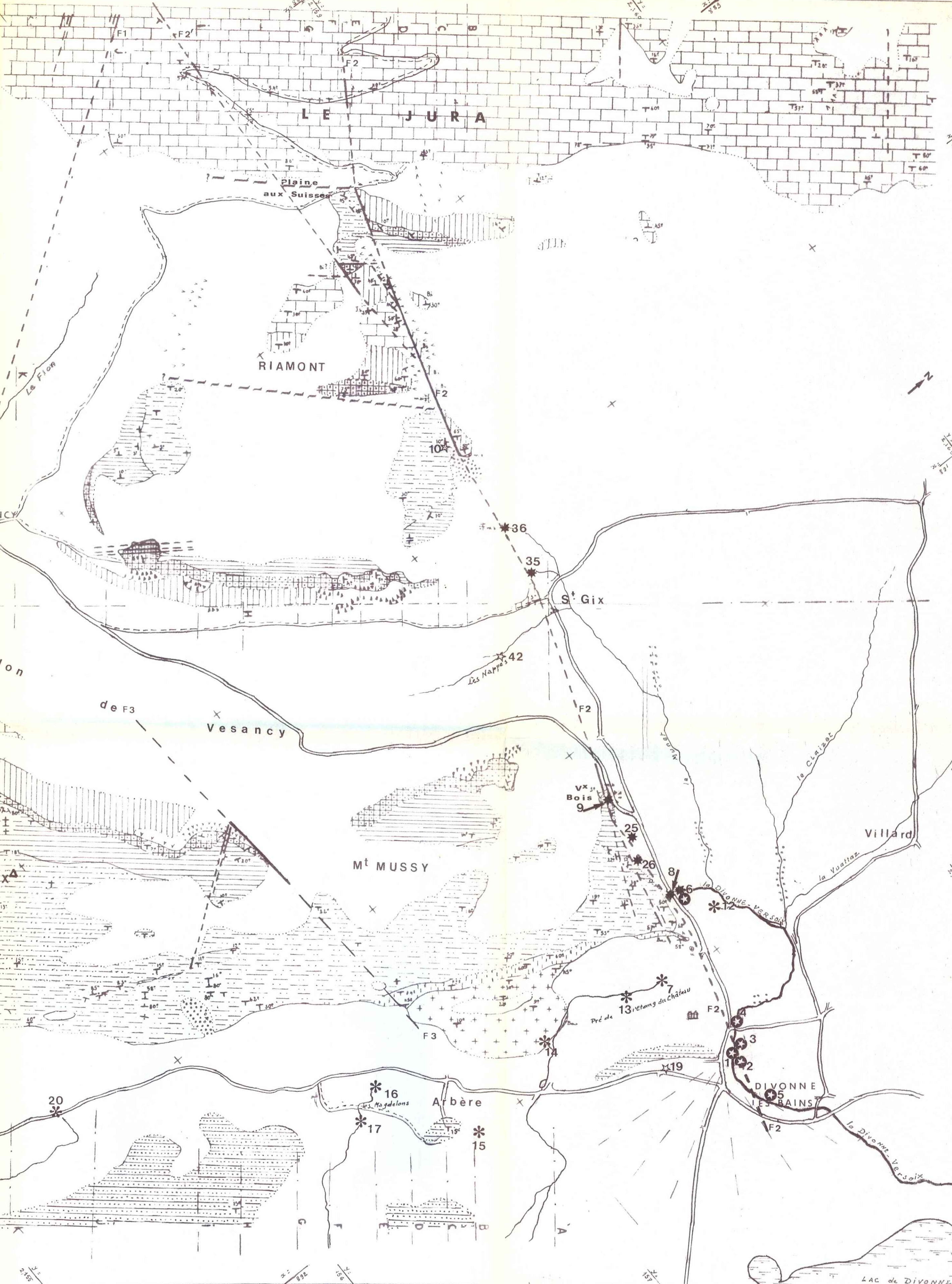
- Emplacements des Sources étudiées. GROUPES

A *
B *
C *
Divers *

ECHELLE 1Km

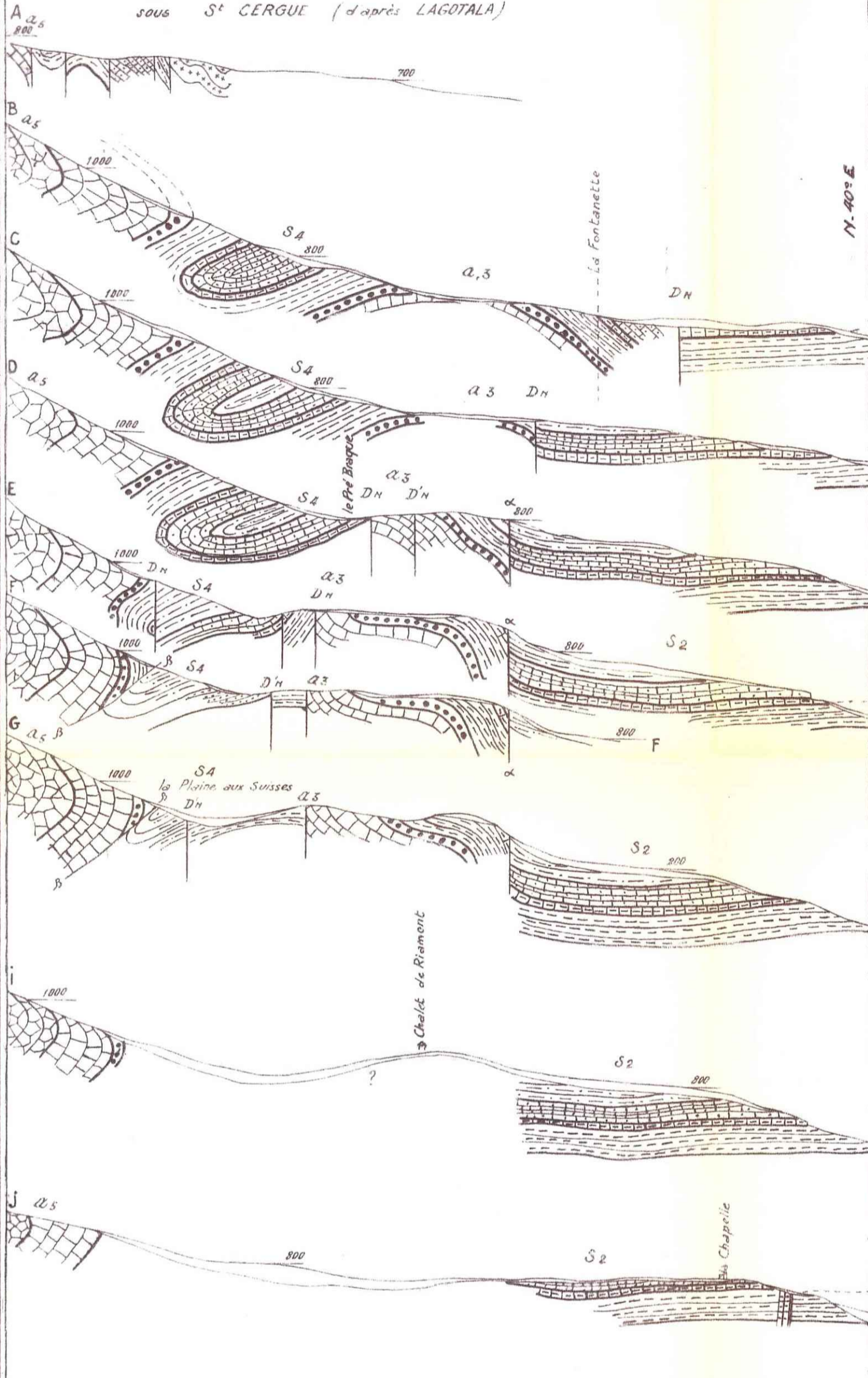


Résumé Voirie et levés géologiques de 1945 - revus en 1960 pour les limites de l'K. hauterivien de MOUREX

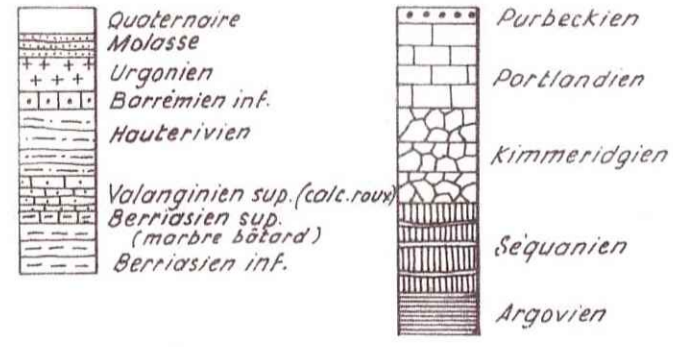


COUPES TRANSVERSALES : RIAMONT M^UMOUREX M^UMUSSY

Coupe dans le Ravin de la Creva-Tzevau sous St CERGUE (d'après LAGOTALA)

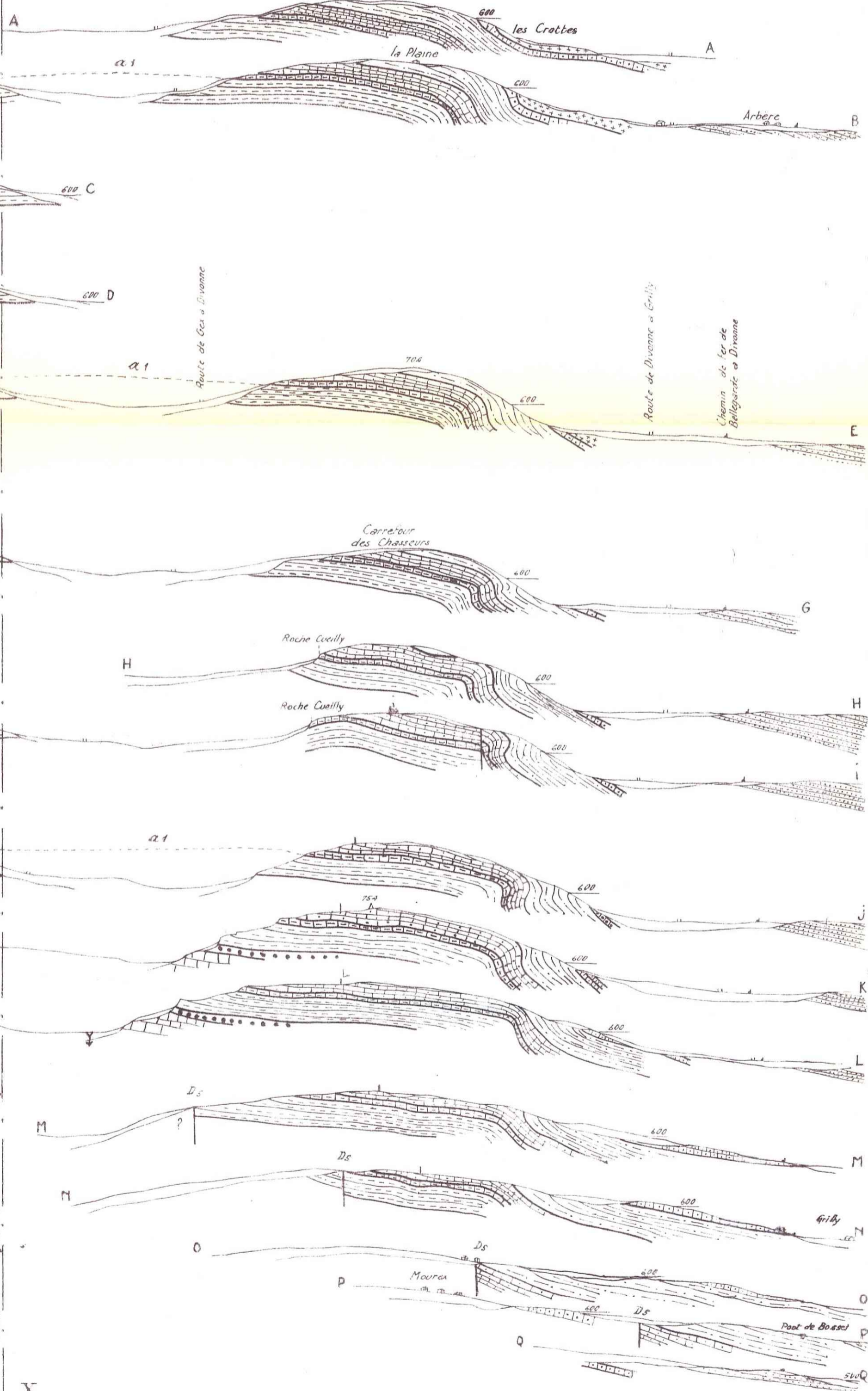
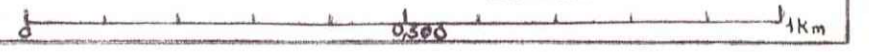


X



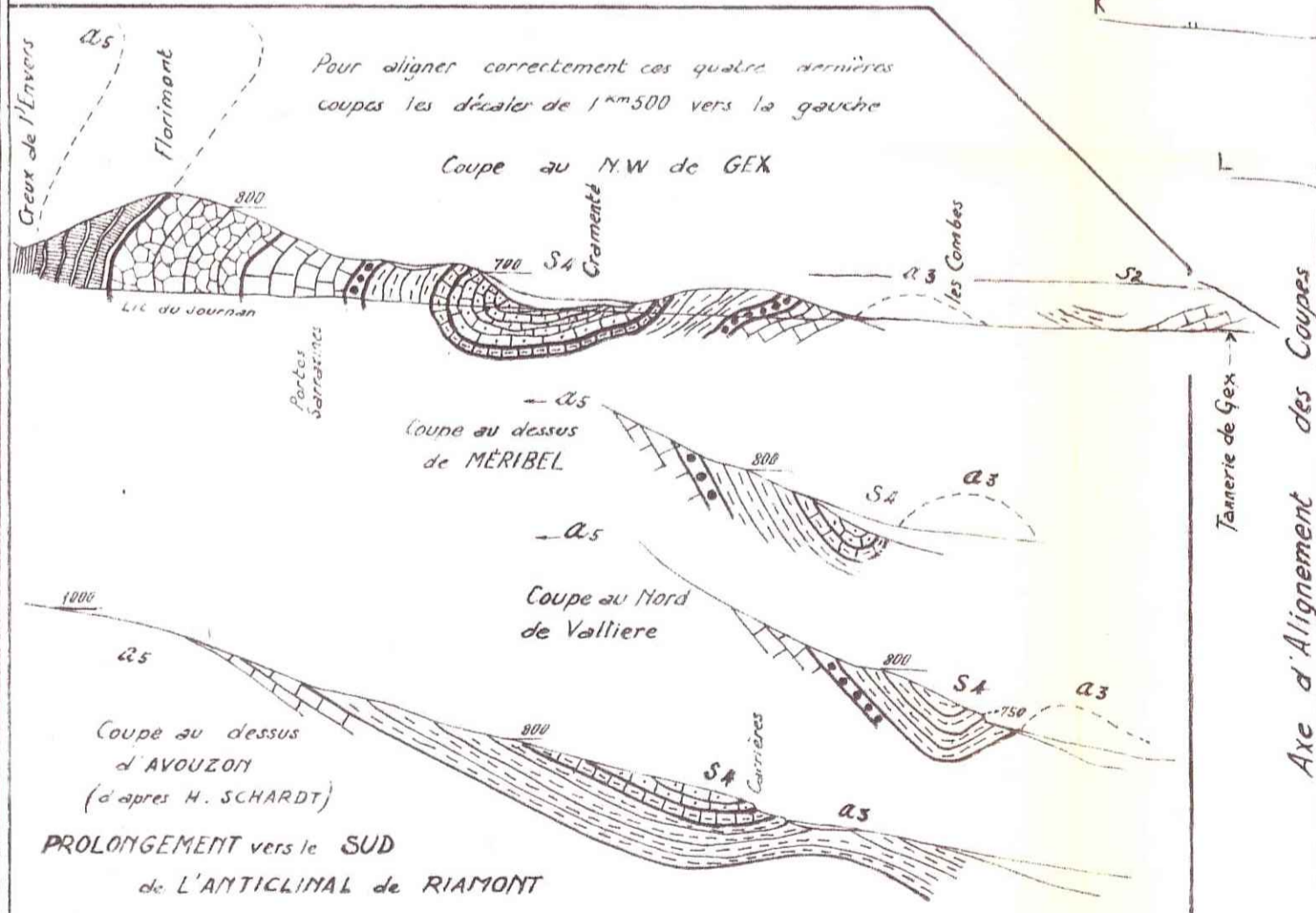
a_1, a_2, a_3 : anticlinaux
 S_2, S_4 : synclinaux
 D_N, D'_N : Dérochement Nord (Vieuxbois, Fontanette, etc.)
 D_S : Dérochement Sud (Basel, Mourex, Creux des Cerfs, etc.)
 α, β : Plis failles
 γ : Point d'engloutissement des Eaux - Coupe LL

Echelle



Pour aligner correctement ces quatre dernières coupes les décaler de 1^m500 vers la gauche

Coupe au NW de GEX



PROLONGEMENT vers le SUD de L'ANTICLINAL de RIAMONT