

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

74, Rue de la Fédération . 75 PARIS-15 / Téléph. 783.94.00

DIRECTION DU SERVICE GÉOLOGIQUE ET DES LABORATOIRES

Boite Postale 818 45 ORLÉANS . La Source Téléph. 87.06.60

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU BASSIN DU DOUBS

CLIMATOLOGIE, HYDROLOGIE

ET DÉFICIT D'ÉCOULEMENT

RAPPORTÉS AUX UNITÉS GÉOLOGIQUES

Départements du Doubs, Jura, Saône-et-Loire, Haute-Saône
Territoire de Belfort et Suisse

PAR

O. DELAROZIÈRE



S. G. R. JURA-ALPES
20 ROUTE DE STRASBOURG
69 LYON IV
TÉL. 29 53 13

68 SGL 162 JAL

Lyon, Novembre 1968

AVANT-PROPOS

=====

L'élaboration de cette thèse n'aurait pu se faire sans l'appui, l'aide et les conseils des Maîtres, spécialistes, amis et collaborateurs qui, de la manière la plus amicale et la plus confiante, m'ont apporté leur concours.

C'est avec une déférente reconnaissance que je dois remercier tout particulièrement :

Monsieur L. GLANGEAUD, membre de l'Institut, Professeur à la faculté des sciences de PARIS, Président de mon jury d'examen, à qui je dois non seulement l'enseignement de la géologie, mais aussi le sujet et la direction de cette étude;

Monsieur G. CASTANY, Ingénieur en chef au Bureau de recherches géologiques et minières, adjoint au Directeur du Service géologique et des Laboratoires, rapporteur de cette thèse,

Monsieur G. LUCAS, Professeur à la faculté des sciences de PARIS, membre du jury,

Monsieur M. DREYFUSS, Professeur à la faculté des sciences de BESANCON, membre du jury,

qui ont eu la grande amabilité de suivre la préparation de ce travail et dont les conseils m'ont été très précieux;

Monsieur G. LIENHARDT, Chef du Service géologique régional JURA ALPES du Bureau de recherches géologiques et minières, membre du jury, qui m'a apporté constamment et patiemment l'aide de sa compétence et l'appui de sa confiance;

La Direction générale du Bureau de recherches géologiques et minières, la Direction du Service géologique et des Laboratoires, et plus expressément Monsieur G. CASTANY et Monsieur J. RICOUR,

Ingénieurs en chef au Bureau de recherches géologiques et minières, adjoints au Directeur du Service géologique et des Laboratoires, qui, en m'accueillant au Service géologique régional JURA ALPES du Bureau de recherches géologiques et minières, m'ont permis de réaliser cette thèse;

Monsieur J. MARGAT, Ingénieur au Bureau de recherches géologiques et minières, Chef du département d'hydrogéologie, son adjoint Monsieur L. MONITION, Ingénieur au Bureau de recherches géologiques et minières, et Monsieur E. BERKALOFF, Ingénieur hydraulicien au Bureau de recherches géologiques et minières, qui ont bien voulu suivre mon travail et m'assister de leur haute compétence scientifique;

Monsieur G. REMENIERAS, Chef de service, conseiller scientifique à la Direction des études et recherches d'Electricité de France, qui a bien voulu m'aider de ses conseils;

Madame M.J. LIENHARDT, Monsieur J.J. COLLIN, Monsieur H. GUDEFIN, Monsieur A. PACHOUD, Ingénieurs au Service géologique régional JURA ALPES du Bureau de recherches géologiques et minières, pour toute l'aide qu'ils m'ont apporté et l'amitié qu'ils m'ont témoigné;

Madame S. GUILLAUME, Maître-assistant à la faculté des sciences de PARIS qui n'a cessé de me prodiguer ses conseils et ses encouragements;

Monsieur B. BLAVOUX, Assistant à la faculté des sciences de PARIS, qui a suivi l'élaboration de cette thèse.

Différents organismes ont accepté de me confier de nombreux documents originaux, de me communiquer tous les renseignements qui ont rendu possible la réalisation du présent travail et de me faire bénéficier de leur expérience :

Le Centre de Recherches agronomiques du Centre-Est et les services régionaux de l'aménagement des eaux de Bourgogne et de Franche-Comté du Ministère de l'Agriculture,

Le Service de la Navigation du Rhône au Rhin du Ministère de l'Équipement,

La seconde Circonscription régionale électrique de la Direction du gaz et de l'électricité du Ministère de l'Industrie,

Le Service météorologique central métropolitain et les services météorologiques régionaux du Centre-Est et du Nord-Est du Secrétariat à l'aviation civile du Ministère des Transports,

Le Service régional de production hydraulique Rhône d'électricité de France,

La Société hydrotechnique de France,

Le Laboratoire de géologie de la faculté des sciences de LAUSANNE.

Je tiens encore à remercier très sincèrement :

Mademoiselle Y. SANTENARD, Documentaliste au Service géologique régional du Bureau de recherches géologiques et minières,

Madame A. BONNARD, Madame J. RIEUX, et Mademoiselle M. TRUFINET, Secrétaires au Service géologique régional JURA ALPES du Bureau de recherches géologiques et minières,

Monsieur H. AUBERY, Monsieur J.F. RIEUX, Dessinateurs au Service géologique régional JURA ALPES du Bureau de recherches géologiques et minières,

qui ont assuré efficacement et amicalement l'élaboration matérielle de cette thèse.

Enfin, je ne saurais omettre de rappeler tout ce que je dois à "l'équipe" du Service géologique régional JURA ALPES du Bureau de recherches géologiques et minières et je la prie de trouver ici l'expression de mon amicale sympathie.

TABLE DES MATIERES

=====

1 - <u>INTRODUCTION</u>	10
2 - <u>DONNEES GENERALES : DESCRIPTION DU BASSIN DU DOUBS</u>	11
21 - LIMITES ET SUPERFICIE	11
22 - COUVERTURE CARTOGRAPHIQUE	12
221 - <u>Cartes topographiques</u>	12
222 - <u>Cartes géologiques</u>	12
23 - CADRE ADMINISTRATIF	12
24 - REGIONS NATURELLES	13
25 - VEGETATION NATURELLE ET CULTURES	13
251 - <u>Végétation naturelle</u>	13
252 - <u>Cultures</u>	14
26 - HABITAT	14
27 - INDUSTRIES	15
3 - <u>CLIMATOLOGIE</u>	16
31 - SOURCES DE DOCUMENTATION	16
32 - VENTS	17
33 - PRECIPITATIONS	18
331 - <u>Equipement du bassin en postes pluviométriques</u>	18
3311 - <u>Densité du réseau pluviométrique</u>	18
3312 - <u>Emplacement des postes pluviométriques</u>	18
3313 - <u>Durée des mesures</u>	19
3314 - <u>Précision des mesures</u>	19
332 - <u>Présentation et analyse des données pluviométriques par stations</u>	20
3321 - <u>Fiches pluviométriques</u>	20

3322	- <u>Hauteurs des précipitations annuelles, modules pluviométriques et valeurs extrêmes de la période d'observation</u>	22
3323	- <u>Comparaison des hauteurs des précipitations annuelles relatives aux années civiles et hydrologiques</u>	23
3324	- <u>Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières</u>	25
3325	- <u>Précipitations journalières, nombre de jours de pluie</u>	26
3326	- <u>Nivométrie</u>	27
333	- <u>Répartition des précipitations sur l'ensemble du bassin du Doubs</u>	28
3331	- <u>Facteurs des hauteurs de précipitation</u>	28
3332	- <u>Cartes d'isohyètes</u>	31
3333	- <u>Evaluation de la représentativité des cartes d'isohyètes</u>	33
34	- TEMPERATURES	35
341	- <u>Equipement du bassin en postes thermométriques</u>	35
342	- <u>Présentation et analyse des données thermométriques par stations</u>	36
3421	- <u>Températures annuelles, températures moyennes et extrêmes de la période d'observation</u>	36
3422	- <u>Températures moyennes mensuelles et saisonnières</u>	37
343	- <u>Répartition des températures sur l'ensemble du bassin</u>	38
3431	- <u>Influence de la morphologie sur la répartition des températures</u>	38
3432	- <u>Carte d'isothermes</u>	41

35 -	INSOLATION	43
36 -	EVAPOTRANSPIRATION	43
361 -	<u>Mesures directes de l'évapotranspiration potentielle</u>	43
362 -	<u>Evapotranspiration réelle calculée</u>	44
3621 -	<u>Calcul de l'évapotranspiration réelle moyenne annuelle par la formule de TURC</u>	44
3622 -	<u>Calcul de l'évapotranspiration réelle moyenne annuelle par la formule de COUTAGNE</u>	45
3623 -	<u>Calcul de l'évapotranspiration mensuelle et bilans hydrologiques par la méthode de THORNTHWAITE</u>	46
3624 -	<u>Conclusion</u>	47
37 -	HUMIDITE ATMOSPHERIQUE	47
38 -	BROUILLARDS	48
39 -	CONCLUSION	48
4 -	<u>HYDROLOGIE DE SURFACE</u>	49
41 -	DESCRIPTION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DOUBS ET AFFLUENTS	49
411 -	<u>Cours supérieur du Doubs</u>	50
412 -	<u>Cours moyen du Doubs</u>	50
413 -	<u>Cours inférieur du Doubs</u>	51
42 -	EVOLUTION HYDROGRAPHIQUE SUPERFICIELLE PLIO-QUATERNAIRE	51
43 -	VOIES NAVIGABLES	51
44 -	EQUIPEMENT DU BASSIN EN STATIONS DE JAUGEAGE	52
45 -	REGIME DU DOUBS ET DE SES AFFLUENTS	53
451 -	<u>Introduction</u>	53
452 -	<u>Débits moyens mensuels</u>	54

453 - <u>Débits moyens annuels</u>	54
454 - <u>Année moyenne</u>	54
455 - <u>Courbes des débits classés</u>	55
456 - <u>Conclusion</u>	55
5 - <u>BASSINS VERSANTS GEOLOGIQUES ET CIRCULATIONS</u> <u>KARSTIQUES</u>	56
51 - INTRODUCTION	56
52 - RESUME LITHOLOGIQUE, STRUCTURAL ET MORPHOLOGIQUE	57
521 - <u>Lithologie</u>	57
522 - <u>Définition et hydrogéologie des</u> <u>principaux ensembles perméables</u>	58
5221 - <u>Ensemble du Jurassique</u> <u>moyen calcaire</u>	58
5222 - <u>Ensemble du Jurassique</u> <u>supérieur calcaire</u>	59
5223 - <u>Formations alluviales</u>	62
523 - <u>Morphologie</u>	63
5231 - <u>Morphologie karstique</u>	63
5232 - <u>Reliefs structuraux</u>	63
5233 - <u>Formes glaciaires</u>	64
53 - ESSAI DE BILAN QUANTITATIF DES CIRCULATIONS KARSTIQUES	64
531 - <u>Exposé de la méthode des "bilans hydro-</u> <u>logiques partiels"</u>	64
532 - <u>Résultats obtenus par la méthode des</u> <u>"bilans hydrologiques partiels"</u>	66
5321 - <u>Application de la méthode</u>	66
5322 - <u>"Bilans hydrologiques partiels"</u> <u>moyens, annuels des hauts-bassins</u> <u>du Doubs et de la Loue</u>	68
5323 - <u>"Bilans hydrologiques partiels",</u> <u>moyens, annuels du bassin inférieur</u> <u>de la Loue</u>	73

5324 - "Bilan hydrologique partiel", <u>moyen, annuel, du bassin infé-</u> <u>rieur du Doubs</u>	73
533 - <u>Conclusion</u>	75
5331 - <u>Grandes unités hydrogéologiques</u>	75
5332 - <u>Bassins versants partiels géo-</u> <u>logiques des hauts-bassins du Doubs</u> <u>et de la Loue</u>	77
5333 - <u>Bassins versants partiels géolo-</u> <u>giques du bassin inférieur de la</u> <u>Loue</u>	79
6 - <u>ESSAI D'ETUDE DU REGIME DE TARISSEMENT DE LA SOURCE</u> <u>DE LA LOUE</u>	79
61 - INTRODUCTION	79
62 - RESULTATS	81
63 - CONCLUSION	82
7 - <u>CONCLUSIONS GENERALES</u>	82

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

=====

Fig. 3331	Bassin du Doubs. Variation du module pluviométrique moyen annuel en fonction de l'altitude (1946-1965).	29
Fig. 3431 a	Bassin du Doubs. Variation des températures moyennes annuelles en fonction de l'altitude (1961-1965).	39
Fig. 3431 b	Bassin du Doubs. Variation des températures des mois de janvier, avril, juillet et octobre en fonction de l'altitude (1961-1965).	40
Tabl. 3431	Bassin du Doubs. Variation des températures avec l'altitude (1961-1965).	42
Tabl. 5322	Eléments des "bilans hydrologiques partiels" moyens annuels (1961-1965) des hauts bassins du Doubs et de la Loue.	69
Tabl. 5323	Eléments des "bilans hydrologiques partiels" moyens annuels du bassin inférieur de la Loue. (1961-1965). Eléments du "bilan hydrologique partiel" moyen annuel du bassin inférieur du Doubs (1961-1965).	74
Tabl. 5332	Bassins versants partiels géologiques des hauts bassins du Doubs et de la Loue	78

tent la source de la Loue proviennent du haut-bassin du Doubs en amont de PONTARLIER. Le débit global moyen annuel des pertes de ce haut-bassin du Doubs est de $5,15 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 40% du débit moyen de la résurgence.

- Unité hydrologique et structurale du bassin inférieur de la Loue, de VUILLAFANS à PORT-LESNEY. Des circulations karstiques affectent également cette unité.

Les superficies moyennes, géologiques, des bassins versants des différentes stations de jaugeage ont été calculées.

L'étude du régime de tarissement de la source de la Loue et du bilan d'eau de son système aquifère a été tentée mais l'absence de périodes sèches, donc de régime non influencé franc, n'a pas permis d'aboutir à des résultats satisfaisants.

2 - DONNEES GENERALES : DESCRIPTION DU BASSIN DU DOUBS

21 - LIMITES ET SUPERFICIE

Le bassin du Doubs, pour l'ensemble de son étude hydrologique se ferme à NEUBLANS, station de jaugeage la plus proche du confluent avec la Saône et seule station intéressée par la totalité des apports d'eau provenant du Jura.

Dans ces conditions, sa superficie est de $7\ 290 \text{ km}^2$.

La station limnigraphique de NEUBLANS a été créée en 1966 ; nous devons donc, pour de plus longues périodes, évaluer ces apports d'une part sur le Doubs à la station de ROCHEFORT (bassin versant : $4\ 969 \text{ km}^2$), d'autre part sur la Loue à celle de PORT-LESNEY (bassin versant : $1\ 379 \text{ km}^2$).

22 - COUVERTURE CARTOGRAPHIQUE

221 - Cartes topographiques

A titre indicatif, la liste des cartes topographiques de l'Institut géographique national couvrant le bassin du Doubs est donnée aux tableaux 221 a et 221 b. 27 cartes au 1/50 000 (ou 8 cartes au 1/100 000) sont nécessaires pour l'étude complète du bassin ; chaque coupure au 1/50 000 est elle-même divisée en 8 feuilles au 1/20 000 ou au 1/25 000. Le découpage des cartes au 1/200 000 (5 cartes pour le bassin) est différent.

222 - Cartes géologiques

Les cartes géologiques qui ont été utilisées pour l'étude du bassin du Doubs sont au nombre de 10 au 1/80 000 et de 13 au 1/50 000 (voir tableau 222).

23 - CADRE ADMINISTRATIF

Le bassin du Doubs, en majeure partie français, emprunte au territoire suisse une étroite bande qui englobe les localités de la CHAUX-DE-FONDS et du LOCLE (canton de NEUCHATEL).

Sur le plan administratif français, le bassin du Doubs est situé sur le territoire de cinq départements : le département du Doubs et le Territoire-de-Belfort qu'il couvre entièrement, le Nord du département du Jura, l'Est du département de la Haute-Saône et l'extrême pointe nord-est du département de la Saône-et-Loire.

Doubs, Jura, Territoire-de-Belfort et Haute-Saône appartiennent à la circonscription d'action régionale de Franche-Comté ; la Saône-et-Loire relève de celle de Bourgogne.

24 - REGIONS NATURELLES

Situé entre la plaine de la Saône et le plateau suisse, le bassin du Doubs (voir figure 24), couvre tout le Jura septentrional et s'étend vers le Nord jusqu'au Ballon d'Alsace, englobant le versant sud des Vosges.

Le cours supérieur du Doubs appartient à la Haute-Chaîne jurassienne ou Jura plissé ; son cours inférieur draine le Jura externe dont les plateaux (plateaux d'ORNANS, de LEVIER et de LONS-LE-SAUNIER) s'étagent en gradins successifs d'altitudes décroissantes de l'Est vers l'Ouest. Des bourrelets montagneux les séparent (faisceau salinois, arc bisontin) et ils se terminent, sur les plaines de la Saône, du débouché de la Brenne à celui de la Loue, par la région du Vignoble, abrupt échancré de profondes reculées.

Sur le pourtour du Jura septentrional, le bassin du Doubs comprend des zones très différentes : au Nord, il englobe la Trouée de Belfort (ou Porte de Bourgogne) et une partie des Vosges ; au Nord-Ouest, il est limité par les collines préjurassiennes de l'Ognon et le horst de la Forêt de la Serre ; enfin, dans sa partie ouest et sud-ouest, le bassin du Doubs comprend un fragment de la plaine bressanne.

25 - VEGETATION NATURELLE ET CULTURES

La végétation naturelle occupe environ 75 % de la superficie totale du bassin du Doubs, ne laissant que 25% du territoire aux terres labourables.

251 - Végétation naturelle

Dans la partie jurassienne du bassin, sur sol calcaire, la forêt de feuillus et de conifères est la formation prédominante. Elle couvre 30% à 50% de la superficie, quel-

quefois davantage. La plus grande partie du Jura appartient à l'étage de végétation "montagnard". Les chaînons du Haut-Jura sont recouverts de sapinières, coupées de clairières herbeuses, qui sont le type du prébois. Sur les crêtes, l'épicéa tend à remplacer le sapin. Sur les plateaux du Jura externe, la hêtraie prédomine, mêlée de chênes rouvres et de charmes avec un sous-bois assez riche. Le bois de chênes pubescent est présent mais souvent dégradé en une lande herbeuse appelée "garide" ; la lande-pelouse à buis et genévriers couvre de grandes surfaces. Enfin il faut noter la présence, surtout dans le Haut-Jura, de tourbières à sphaignes.

Sur les contreforts cristallins des Vosges, le sapin a été favorisé par l'exploitation forestière aux dépens du hêtre.

Dans la partie bressanne du bassin du Doubs, les forêts présentent un développement important, les essences dominantes étant le hêtre, le chêne rouvre et le charme. Elles ont fait l'objet de déboisements considérables, laissant la place à d'immenses prairies et à quelques zones cultivables.

252 - Cultures

En raison de l'importance des pâturages naturels, l'économie agricole est essentiellement orientée vers les productions animales, notamment vers la production laitière. Sur les terres labourables, qui occupent de 15% à 30% du territoire, les cultures fourragères viennent donc en tête, suivies des céréales. Les zones alluviales, surtout dans la partie bressanne du bassin sont occupées par des cultures maraîchères. La vigne est installée sur le versant externe du Jura.

26 - HABITAT

La vallée du Doubs et la Trouée de Belfort constituent une voie de communication naturelle entre le bassin du

Rhône et celui du Rhin. C'est un axe à la fois ferroviaire, routier et fluvial, le long duquel se sont développées d'importantes agglomérations. L'agglomération bisontine compte aujourd'hui 110 000 habitants, elle atteindra 130 000 habitants en 1975. DOLE (20 000 habitants environ) est un centre important. Le noyau MONTBELIARD-SOCHAUX-AUDINCOURT totalise 72 000 habitants, BELFORT en compte environ 40 000.

En dehors de l'axe du Doubs, le canton de MORTEAU avec 13 000 habitants, soit 83 au kilomètre carré, et celui de MAICHE (12 000 habitants) sont les centres intermédiaires du Haut-Jura, PONTARLIER (12 700 habitants), très bien placée du point de vue ferroviaire et routier, restant la ville maîtresse.

En Suisse, LA CHAUX DE FONDS et LE LOCLE comptent respectivement 40 000 et 13 000 habitants.

Dans les vallées du Jura externe ou à leurs débouchés se situent des villes de moyenne importance ; ORNANS sur la Loue, SALINS sur la Furieuse, ARBOIS sur la Cuisance et POLIGNY sur l'Orain.

L'habitat rural reste cependant dominant. Sur les plateaux calcaires du Jura, les habitations s'agglomèrent et la localisation des villages est directement liée au problème de l'eau. Dans cette région, la distribution d'eau potable, nécessitée par l'absence des puits, a fait l'objet d'investissements considérables. En Saône-et-Loire, par contre, l'importance des nappes alluviales, a permis une grande dispersion de l'habitat rural.

27 - INDUSTRIES

Dans le bassin du Doubs, d'importants centres industriels sont de gros consommateurs d'eau : la région nord-est

(SOCHAUX, MONTBELIARD, AUDINCOURT, BELFORT) vient en tête. Elle groupe des industries de production et de transformation des métaux, des industries textiles et alimentaires. La grande industrie chimique est représentée près de DOLE par l'usine de TAVAUX (Solvay) qui fournit 40% de la production française de chlorure de polyvinyle. Le Haut-Jura français et suisse est animé par l'industrie horlogère, la mécanique de précision, l'électronique et les industries du bois et de l'ameublement. Dans la vallée de la Loue s'installent des entreprises de fabrications mécaniques. Les industries alimentaires : meuneries, distilleries, fromageries et chocolateries sont très dispersées.

Parmi ces industries, les plus grosses consommatrices d'eau sont la métallurgie et l'industrie chimique qui nécessitent une alimentation permanente.

3 - CLIMATOLOGIE

31 - SOURCES DE DOCUMENTATION

L'étude climatologique du bassin du Doubs est basée sur l'exploitation des observations météorologiques relatives à la période de vingt années de 1946 à 1965.

Ces observations ont été réunies, pour l'ensemble des postes météorologiques situés sur le territoire étudié ou à ses limites, et ayant fonctionné pendant la totalité ou seulement une partie de cette période.

Les documents qui ont été utilisés sont d'une part les publications de la Météorologie nationale et de l'Office central météorologique suisse et les bulletins des Commissions météorologiques départementales, d'autre part des documents conservés en archives et non publiés par la Météorologie nationale et le Groupe de production hydraulique Rhône d'Electricité

de France, ainsi que les relevés météorologiques originaux des stations météorologiques de BESANCON et de DIJON.

32 - VENTS

Le régime des vents présente une très grande importance dans l'étude climatologique d'une région car les types de temps et les précipitations en dépendent.

Dans la partie occidentale du bassin du Doubs, les vents prédominants sont les vents du Sud ou du Nord ; dans sa partie montagneuse, les vents sont canalisés par les vallées.

A BESANCON (voir figure 32 a) les vents venant du Nord-Est (localement appelés la bise) et du Sud-Ouest (le vent) sont les plus fréquents ; ils alternent toute l'année mais sont plus violents en hiver (2,3 m/s en moyenne) qu'en été (1,5 m/s en moyenne).

A BELFORT (voir figure 32 b) les vents prédominants viennent du Sud-Ouest ou du Nord-Est à Est.

La bise (vent du Nord-Est) est un vent froid et sec. Les vents humides qui apportent les précipitations sont les vents d'Ouest et Sud-Ouest (le vent).

Les versants occidentaux du Jura (régions du Vignoble et des premiers plateaux du Jura externe) qui font obstacle à ces vents pluvieux ont un gradient pluviométrique élevé (voir § 3332). Le versant sud-ouest des Vosges (Ballon d'Alsace) est, pour la même raison, très arrosé. Les vallées du Haut-Jura (haute vallée du Doubs en particulier) par contre, qui sont abritées de ces vents ont un gradient pluviométrique faible.

33 - PRECIPITATIONS

331 - Equipement du bassin en postes pluviométriques

3311 - Densité du réseau pluviométrique

Sur le bassin du Doubs limité à NEUBLANS, c'est-à-dire sur une superficie de 7 290 km², 62 postes pluviométriques ont fonctionné pendant l'année 1965. Il y a donc, actuellement, un poste pour environ 118 km². La densité moyenne du réseau pluviométrique français étant de un pluviomètre pour environ 150 km², la région étudiée peut être considérée comme bien équipée.

La création de nombreux postes étant relativement récente, cette densité est plus faible pour la totalité de la période 1946 - 1965 pendant laquelle 32 postes ont fonctionné soit un poste pour 228 km².

3312 - Emplacement des postes pluviométriques

La figure 3312 précise l'emplacement des postes pluviométriques. Leur répartition n'est pas homogène : dans un pays présentant un relief assez accentué, il est intéressant d'augmenter la densité des pluviomètres sur les parties hautes et les versants exposés aux vents pluvieux de façon à contrôler le débit pluviométrique des différentes tranches d'altitude. De ce point de vue, si la haute vallée du Doubs est équipée de façon satisfaisante, le réseau est malheureusement très lâche sur la première ligne de reliefs du Jura externe, exposée aux vents d'Ouest pluvieux, et sur les hauts plateaux de LEVIER et d'ORNANS. L'insuffisance des postes apparaît également, bien que moins grave en raison de l'altitude plus uniforme, dans la vallée du Doubs de MONTBELIARD à BESANCON.

3313 - Durée des mesures

Sur la figure 3312, les pluviomètres sont affectés d'un figuré qui précise leur durée d'exploitation.

84 postes pluviométriques ont été utilisés pour cette étude : 70 sont situés sur le bassin du Doubs limité à NEUBLANS, 14 sont limitrophes de ce bassin. Sur ces 84 postes, 40 ont fonctionné pendant les vingt années de 1946 à 1965, donnant une série interrompue d'observations journalières. 29 postes supplémentaires donnent des relevés continus pendant les dix années de 1956 à 1965. Les 15 autres postes ont été exploités irrégulièrement.

Lorsqu'il y a eu de courtes interruptions dans les observations, les hauteurs des précipitations ont été extrapolées d'après les mesures des postes voisins, compte tenu des différences d'exposition ou d'altitude. Les chiffres extrapolés, même partiellement, sont toujours présentés entre-parenthèses.

3314 - Précision des mesures

Les relevés pluviométriques sont effectués par le personnel de la Météorologie nationale aux deux stations de BESANCON et de BELFORT, par des observateurs locaux à tous les autres postes du réseau. Certains postes dépendent d'Electricité de France mais sont rattachés à la Météorologie nationale.

Les relevés de la plupart des postes ont été comparés avec les relevés des postes voisins de façon à éliminer les erreurs accidentelles ou systématiques dues à l'inexpérience ou quelquefois à la négligence des observateurs.

Sur de longues séries d'observations, ces erreurs accidentelles se compensent si l'on considère des valeurs globales ou moyennes. Malgré les difficultés que présentent, d'une part la mesure de la pluie, d'autre part l'établissement d'un réseau d'observation satisfaisant, les relevés pluviométriques, convenablement dépouillés, doivent permettre de rendre compte, avec une faible marge d'erreur, du régime vrai des précipitations aux différents points de mesure.

332 - Présentation et analyse des données pluviométriques par station

3321 - Fiches pluviométriques

Cette étude étant limitée à la période de 1946 à 1965, j'ai rassemblé pour chaque pluviomètre et pour les durées pendant lesquelles il a fourni des relevés réguliers, les hauteurs des précipitations mensuelles. Une fiche, qui donne les valeurs de ces hauteurs mensuelles relevées pendant tout ou partie de la période 1946 - 1965 a été établie pour chaque station pluviométrique. Afin de rendre plus utilisables ces séries de chiffres, les totaux relatifs à chaque année d'observation complète ont été effectués.

La non-concordance des durées d'exploitation des différentes stations et le souci d'utiliser le maximum de données m'a amenée à diviser arbitrairement la période d'étude ; tenir compte de toutes les valeurs mensuelles réunies pour le calcul des lames d'eau précipitées sur l'ensemble du bassin nous conduirait à ne prendre pour unité qu'une année ou moins. Ceci entraînerait une répétition des calculs, des tracés des isohyètes et des planimétrages qui n'apporterait que peu d'amélioration à la précision de l'étude. Inversement, ne faire ces calculs que pour des moyennes établies sur vingt ans nous obligerait, de façon à opérer sur une masse de données homogènes, à ne

pas tenir compte de la moitié des stations. Ce sont les raisons pour lesquelles la période 1946 - 1965 a été divisée en 4 fractions de 5 ans : 1946 - 1950 , 1951 - 1955 , 1956 - 1960 , 1961 - 1965. Pour tous les pluviomètres, sur chaque fraction de 5 ans, les hauteurs des précipitations mensuelles et annuelles ont été calculées.

En résumé, la fiche pluviométrique établie pour chaque station fournit deux types de renseignements :

- les hauteurs des précipitations mensuelles de la période 1946 - 1965 ;

- une exploitation statistique sommaire de ces valeurs :

- hauteurs des précipitations annuelles,

- moyennes mensuelles et annuelles par périodes de 5 ans.

- moyennes mensuelles et annuelles pour la période de 20 ans de 1946 à 1965.

Le tableau 3321 présente une de ces fiches.

Ces fiches ont été groupées par départements et par ordre alphabétique. L'ensemble de ces fiches qui constitue une documentation volumineuse fait l'objet d'autant de fascicules annexes (1) qu'il y a de départements couvrant la région étudiée.

Le tableau 3321 donne la liste des fiches pluviométriques correspondant aux pluviomètres implantés sur le bassin du Doubs ou à sa périphérie et précise sur quel sous-bassin versant est situé chaque poste.

(1) Fascicules annexes non joints au présent travail mais dont la communication peut être demandée au B.R.G.M., S.G.R. JURA ALPES

3322 - Hauteurs des précipitations annuelles, modules (1) pluviométriques et valeurs extrêmes de la période d'observation

Le tableau 3322 a présente les hauteurs des précipitations annuelles des postes situés sur le bassin du Doubs ou à sa périphérie.

Pour un poste pluviométrique déterminé, les précipitations peuvent être représentées par le "module pluviométrique annuel" c'est-à-dire par la moyenne arithmétique des hauteurs des précipitations annuelles au cours d'une période considérée, la plus longue possible.

Le tableau 3322 b donne, pour la période 1946 - 1965, les valeurs des modules pluviométriques ainsi que les valeurs extrêmes des hauteurs des précipitations annuelles et des valeurs moyennes calculées par périodes de 5 ans. Pour la détermination des valeurs extrêmes observées, il n'a pas été tenu compte des années comportant un ou plusieurs mois extrapolés.

1965 est l'année la plus pluvieuse de la période 1946 - 1965 ; 1948, 1950, 1952 et 1958 présentent également des hauteurs de pluie élevées. Les années 1964 et surtout 1949 sont des années sèches, ainsi que 1953.

L'irrégularité inter-annuelle des hauteurs des précipitations annuelles est représentée par les "indices d'humidité" extrêmes : rapport de la hauteur de pluie de l'année la plus humide HM au module H et rapport de la hauteur

(1) L'emploi du terme "module" sera réservé pour désigner des valeurs moyennes.

de pluie de l'année la plus sèche Hm au module H. Pour le bassin du Doubs, le rapport HM/H est égal en moyenne à 1,33 ; il varie de 1,12 pour SANCEY-LE-GRAND à 1,49 pour (JOUGNE). Le rapport Hm/H est égal en moyenne à 0,65 ; il varie de 0,57 pour GUYANS-VENNES à 0,75 pour SAIGNELEGIER. Enfin le rapport de la hauteur de pluie de l'année la plus humide à celle de l'année la plus sèche : HM/Hm, est égal en moyenne à 2,06 ; il varie de 1,68 pour SAIGNELEGIER à 2,52 pour (SAINT-GERMAIN-DU-BOIS). Les valeurs de ces trois rapports figurent, pour chaque station dans le tableau 3322 b.

3323 - Comparaison des hauteurs des précipitations annuelles relatives aux années civiles et hydrologiques

La comparaison des hauteurs des précipitations annuelles relatives aux années civiles et hydrologiques (du 1er décembre au 30 novembre) a été effectuée pour la station de BESANCON, de 1946 à 1965. Elle fait apparaître une différence de 5%, variant de 0 à 11%:

Mais la détermination de l'année hydrologique, d'un auteur considéré, répond au souci de ne pas scinder la période des précipitations hivernales. Monsieur BURGER (1), pour la vallée de l'Areuse, fixe le début de l'année hydrologique au 1er octobre de l'année civile précédente. Ceci nous donnerait, pour BESANCON, par comparaison avec la hauteur de pluie de l'année civile, une différence moyenne d'environ 10% mais qui atteindrait, pour l'année 1953, presque 50%. Pour

(1) A. BURGER (1959) "Hydrogéologie du bassin de l'Areuse (Jura - Suisse). Thèse, Université de NEUCHÂTEL, Imp. P. Attinger, 304 p., fig., pl., cartes dpl.h.t.

le bassin du Doubs, les précipitations d'hiver commencent au mois de novembre et il serait préférable d'adopter une année hydrologique du 1er novembre au 31 octobre. Ceci donnerait une différence moyenne d'environ 9%, variant de 0 à 30%, avec l'année civile.

A l'échelle d'une année, la différence est donc importante entre la hauteur des précipitations de l'année civile et celle de l'année hydrologique. Il convient d'en tenir compte et de travailler de préférence sur une année hydrologique débutant à la fin de la période "sèche" d'automne et englobant la totalité des précipitations hivernales. Pour le bassin du Doubs, cette année hydrologique se définit du 1er novembre au 31 octobre.

A l'échelle de 5 années, par contre, la différence entre le module pluviométrique calculé d'après les hauteurs de pluie des années civiles et celui calculé d'après les hauteurs de pluie des années hydrologiques est beaucoup moins nette. Pour l'année hydrologique définie du 1er décembre au 30 novembre, cette différence est en moyenne de 1,0% ; elle varie de 0 à 1,6%. Si une année hydrologique du 1er novembre au 31 octobre, ou du 1er octobre au 30 septembre est retenue, la différence moyenne est de 3,2% ; elle varie de 0 à 6%. Cette marge d'erreur étant, toutes proportions gardées, faible, et le matériel de la présente étude étant constitué essentiellement par des valeurs moyennes, les hauteurs de pluie relatives aux années civiles ont été utilisées ; mais il est évident que dans l'optique d'une analyse de détail, à l'échelle annuelle, les années hydrologiques devraient être retenues.

3324 - Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières

Les hauteurs de pluie moyennes mensuelles ont été calculées sur vingt ans pour chaque station pluviométrique ayant fonctionné de façon continue de 1946 à 1965. Les résultats sont présentés sous forme de graphiques (voir figure 3324 a).

Quelques stations représentatives ont été choisies : PONTARLIER et LA CHAUX-DE-FONDS pour le haut-bassin du Doubs ; DAMPJOUX et BELFORT pour sa partie moyenne ; OUHANS et VILLENEUVE D'AMONT pour la région des plateaux ; BESANCON et ARC-ET-SENANS pour le Jura externe. Pour ces huit stations, les coefficients pluviométriques relatifs (1) ont été calculés afin de rendre mieux compte de la répartition des pluies indépendamment de leur valeur absolue. Le tableau 3324 réunit, pour ces huit stations, les valeurs moyennes, maximales et minimales des précipitations mensuelles (1946 - 1965) ainsi que les valeurs des écarts entre maximums et minimums et des coefficients pluviométriques relatifs.

Les valeurs moyennes, maximales et minimales des précipitations mensuelles (1946 - 1965) sont présentées sous forme de graphiques (voir figure 3324 b).

Les mois les plus arrosés sont juin, août et novembre. Le minimum des précipitations se situe au printemps (mars-avril) et en automne (septembre-octobre). Le mois de juillet est relativement sec.

(1) Le coefficient pluviométrique relatif est le rapport de la précipitation moyenne mensuelle à la précipitation fictive égale au $1/12$ du module pluviométrique annuel, en pourcentage.

Le rapport des précipitations moyennes du mois le plus pluvieux à celles du mois le plus sec oscille autour de 1,6 pour l'ensemble du bassin du Doubs. L'intervalle de variation (différence maximum-minimum) est le plus faible pour le mois de mai dont les hauteurs des précipitations varient peu d'une année à l'autre ; il est très élevé pour le mois de novembre dont les hauteurs des précipitations sont extrêmement irrégulières (de 37mm à 519mm pour OUHANS, par exemple).

L'analyse de la répartition mensuelle des précipitations fait donc ressortir la double influence climatique qui s'exerce sur le bassin du Doubs :

- l'influence continentale, qui est responsable du maximum pluviométrique des mois de juin et d'août, est la plus importante et la plus constante,

- l'influence méditerranéenne, qui se manifeste plus irrégulièrement par les fortes pluies du mois de novembre et l'accentuation du minimum du mois de juillet.

3325 - Précipitations journalières,
nombre de jours de pluie

Le tableau 3325 résume les données moyennes relatives aux précipitations journalières observées à la station de BESANCON pour la période 1946 - 1965.

Il pleut en moyenne un jour sur deux, ce qui correspond à 6,1mm de hauteur d'eau par jour de pluie. Les plus fortes averses ont lieu aux mois de juin et d'août ; ce sont généralement des pluies d'orage qui se produisent en milieu ou en fin de journée.

3326 - Nivométrie

Les relevés météorologiques groupant généralement pluie et neige, il n'est pas possible de connaître avec précision quelle est la fraction des précipitations qui tombe sous forme de neige sur l'ensemble du bassin.

Pour les stations de BELFORT et de BESANCON, la comparaison est effectuée entre le nombre moyen de jours de chute de neige et le nombre moyen de jours de précipitations pour la période de 10 ans de 1951 à 1960 (voir tableau 3326). Pour deux jours de précipitations il y a un jour de neige en janvier et en février. Au mois de décembre et de mars l'on compte un jour de neige sur quatre à cinq jours de précipitations.

Les jours de précipitations neigeuses représentent 17,6% des jours de précipitations totales à BELFORT, 14,6% à BESANCON. Pour le Haut-Jura, UTTINGER (cité par BURGER) indique que, durant la période 1901 - 1930, 40% des jours de précipitations à LA CHAUX-DE-FONDS sont des jours de neige.

Enfin, à titre indicatif, la relation établie par UTTINGER entre la température moyenne t et le nombre de jours de neige exprimé en pourcentage des jours de précipitations S :

$$S = 66,7 - 5,30 t$$

pour la Suisse, a été appliquée à la station de PONTARLIER sur les cinq ans de 1961 à 1965. Les jours de précipitations neigeuses y représenteraient environ 30% des jours de précipitations.

La figure 3326 donne le nombre moyen de jours de chute de neige et le nombre moyen de jours

de sol couvert de neige (1951 - 1960) à BELFORT et à BESANCON, sous forme de graphiques.

333 - Répartition des précipitations sur l'ensemble du bassin du Doubs

3331 - Facteurs des hauteurs de précipitation

- Variation des précipitations avec l'altitude :

En règle générale, la hauteur de pluie augmente avec l'altitude. Afin de pallier, dans certains cas, à l'absence de postes pluviométriques ou d'observations continues, j'ai essayé de préciser statistiquement la relation qui existe entre l'altitude et le module pluviométrique annuel (calculé sur les vingt années de 1946 à 1965).

Sur le graphique de la figure 3331 sont portées en abscisses les altitudes h , en ordonnées les modules pluviométriques annuels P de toutes les stations pluviométriques du bassin du Doubs qui ont fonctionné de 1946 à 1965. La droite de régression de la variable P (précipitations en mm) par rapport à la variable h (altitudes en m) a pour équation :

$$P = 0,657 h + 837,4 \quad (a)$$

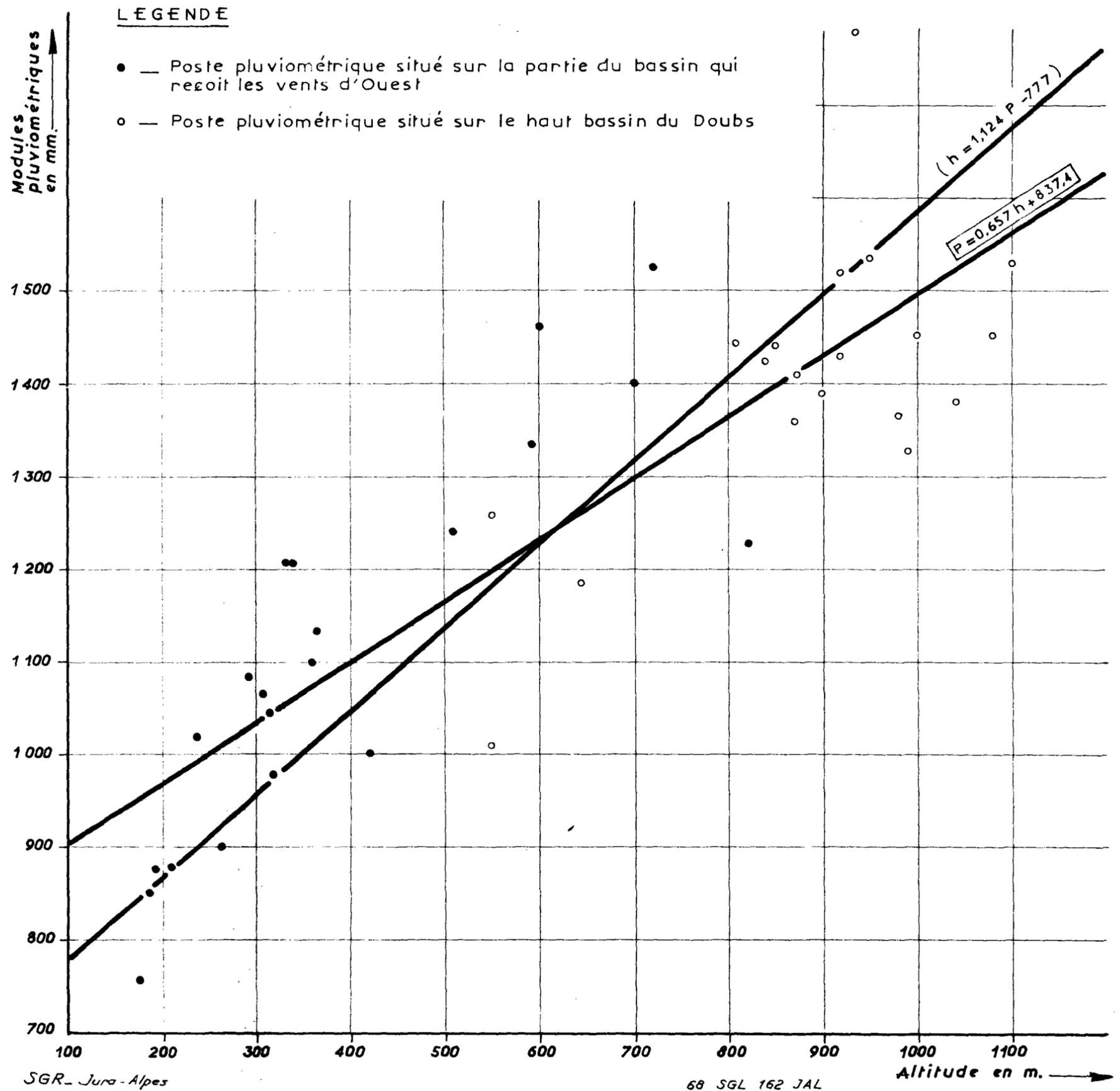
A titre indicatif, la droite de régression de la variable h par rapport à la variable P a pour équation :

$$h = 1,124 P - 777$$

Les droites de régression ne sont pas confondues : précipitations et altitudes ne sont pas liées par une relation fonctionnelle linéaire parfaite.

Le coefficient de corrélation linéaire, calculé à partir de la formule :

**BASSIN DU DOUBS : VARIATION DU MODULE PLUVIOMETRIQUE MOYEN ANNUEL
EN FONCTION DE L'ALTITUDE (1946-1965)**



$$r = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n u_i v_i}}{n \sigma_h \sigma_p} \quad (1)$$

est égal à 0,86 ; ceci indique une bonne corrélation entre précipitations et altitudes. Cependant, d'autres facteurs, en particulier l'orientation des vallées et l'exposition des versants, ont une influence importante sur la hauteur des précipitations. Relier statistiquement précipitations et altitudes est donc souvent incorrect et les valeurs numériques déduites de la relation ci-dessus établie devront éventuellement être discutées pour chaque cas particulier. Le gradient pluviométrique, pour le bassin du Doubs, calculé d'après (a), est de 0,66mm environ par mètre.

- Influence de l'orientation des vallées sur la répartition des précipitations.

La haute vallée du Doubs, des GRANGES-SAINTE-MARIE au BOULOIS est abritée des vents pluvieux venant de l'Ouest par la région des hauts plateaux de LEVIER et d'ORNANS. Il en résulte une nette diminution de la hauteur de pluie observée

(1) - r = coefficient de corrélation linéaire

n = nombre d'observations = 40

u_i = déviation de h_i par rapport à la moyenne \bar{h}

v_i = déviation de P_i par rapport à la moyenne P

$$\sigma_h = \text{écart-type des valeurs de } h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n u_i^2}{n}}$$

$$\sigma_p = \text{écart-type des valeurs de } P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n}}$$

par rapport à la hauteur de pluie évaluée d'après l'altitude.

Sur la figure 3331 un figuré spécial a été adopté pour les postes pluviométriques du haut-bassin du Doubs. Les points représentatifs de ces postes se situent en majorité en-dessous des droites de régression ce qui souligne le déficit des précipitations dû à la position abritée de la région.

3332 - Cartes d'isohyètes

D'après les moyennes établies sur 20 ans, de 1946 à 1965, la carte d'isohyètes (voir figure 3332 a) a été dressée. Le tracé des courbes a été, en raison de la faible densité des postes pluviométriques, localement extrapolé, conformément au relief. Les courbes isohyètes sont cotées en millimètres.

L'analyse de cette carte précise les résultats obtenus ci-dessus dans l'étude de la variation des précipitations en fonction de l'altitude (voir § 3331) et permet de distinguer plusieurs zones pluviométriques :

- les reliefs du Jura externe (faisceaux bisontin et salinois) font obstacle aux vents d'Ouest pluvieux (voir § 32) leur gradient pluviométrique est donc élevé. Ils reçoivent de 1 000 à 1 300mm d'eau en moyenne par an. Les jours de précipitations neigeuses représentent 15% des jours de précipitations ;

- la région des hauts plateaux de MAICHE à LEVIER reçoit en moyenne 1 450mm d'eau par an et la répartition des précipitations y est homogène ;

- le Haut-Jura reçoit de 1 450 à 1 500mm d'eau par an mais l'on observe de nombreuses variations locales ;

- la haute vallée du Doubs de sa source aux GRANGES-SAINTE-MARIE est particulièrement pluvieuse : la région

de MOUTHE reçoit, avec 1 780mm, une hauteur d'eau annuelle dépassant de plus de 300mm celle qui correspondrait normalement à son altitude (1 450mm). ;

- la région de LA CHAUX-DE-FONDS doit à sa situation abritée un microclimat relativement sec : 1 328mm par an en moyenne pour une altitude qui justifierait 1 490mm.

Pour l'ensemble du Haut-Jura 30% à 40% des jours de précipitations sont des jours de neige ;

- le versant sud-ouest des Vosges, beaucoup plus élevé que les reliefs occidentaux du Jura constitue une importante barrière à la progression des vents pluvieux ; c'est donc la zone la plus arrosée du bassin (plus de 2 000mm par an).

A titre de comparaison, les isohyètes relatives à une année particulièrement humide (1965) et à une année sèche (1964) ont été tracées selon les mêmes méthodes (voir figure 3332 b). Ces isohyètes, établies avec un nombre de points d'observation très supérieur à celui de la période 1946 - 1965, précisent et diversifient les faits observés ci-dessus :

- sur les versants occidentaux du Jura, les précipitations augmentent très vite en fonction de l'altitude, quelle que soit la hauteur des précipitations annuelles ;

- certains reliefs du Jura externe sont particulièrement arrosés : la forêt de CHAILLUZ

la forêt de LA SERRE

la chaîne de l'HEUTE ;

- la plaine entre Saône et Doubs, par contre, apparaît relativement sèche ; les courbes isohyètes d'année humide y accusent en effet une inflexion très nette et la sécheresse en année peu pluvieuse y est accentuée ;

- la vallée de la Loue reçoit annuellement moins d'eau que les plateaux qui l'entourent, la vallée du Dessoubre est également très abritée ;

- les courbes d'isohyètes d'année sèche soulignent la position favorisée de LA CHAUX-DE-FONDS qui bénéficie d'un microclimat sec (voir ci-dessus), les précipitations étant arrêtées par les reliefs du BOIS-BANAL, du GRAND-BOIS et du MONT POUILLEREL.

3333 - Evaluation de la représentativité des cartes d'isohyètes

Les cartes d'isohyètes constituent un élément très important puisqu'on se fondera sur elles pour calculer, par planimétrage, les volumes d'eau moyens, précipités annuellement, utilisés dans l'établissement des bilans hydrologiques partiels (voir § 53). Il est donc indispensable de chercher à évaluer leur représentativité et à préciser, en particulier, jusqu'à quel point la construction des isohyètes doit tenir compte de la relation entre précipitations et altitudes, mise en évidence ci-dessus (voir § 3331).

La comparaison a donc été effectuée entre, d'une part, la carte d'isohyètes dressée au 1/100 000 pour la période 1961-1965 (voir réduction au 1/200 000, figure 5321) -dont les courbes ont été localement extrapolées conformément au relief - et, d'autre part, une carte d'isohyètes théorique, dressée - également au 1/100 000 - en ne tenant compte que de la relation entre précipitations et altitudes. Cette comparaison a été faite pour les deux bassins versants partiels de PORT-LESNEY (209 km²) et de CHENECEY (847 km²) sur la Loue. Le bassin versant de PORT-LESNEY a été choisi en raison de l'exposition de ses versants aux vents d'Ouest pluvieux ; celui de CHENECEY comme représentatif des hauts plateaux du Jura externe.

Le planimétrage de la carte d'isohyètes donne un volume d'eau moyen annuel précipité de 244.10^6 m^3

pour le bassin versant partiel de PORT-LESNEY, de $1\ 113.10^6\ m^3$ pour celui de CHENECEY. Le planimétrage de la carte d'isohyètes théorique établie à partir de la carte topographique et de la relation :

$$\begin{array}{rcc} P & = & 0,657 \quad h \quad + \quad 837,4 \\ \text{précipitations} & & \text{altitudes} \\ \text{en mm} & & \text{en m} \end{array}$$

donne un volume d'eau moyen annuel précipité de $233.10^6\ m^3$ pour le bassin versant partiel de PORT-LESNEY, de $1\ 028.10^6\ m^3$ pour celui de CHENECEY. L'écart entre les volumes obtenus par ces deux méthodes est de 4,7% pour le bassin versant partiel de PORT-LESNEY, de 8,2% pour celui de CHENECEY. Dans les deux cas, la hauteur des précipitations calculée d'après la relation entre les précipitations et l'altitude est nettement inférieure à celle obtenue par planimétrage des isohyètes ; ceci est à souligner car, en général, l'inverse est plutôt observé, l'indice pluviométrique étant, presque toujours, sous estimé en région montagneuse.

J'ai tenté de rechercher la cause de cet écart dans le fait que la relation entre précipitations et altitudes est établie sur une moyenne de 20 ans alors que la carte d'isohyètes ne l'est que sur 5 ans (ceci en raison de l'absence de données suffisantes sur 20 ans). La comparaison des hauteurs moyennes des précipitations de la période 1961-1965 et de celles de la période 1946-1965, pour les quelques postes situés sur les bassins versants partiels considérés et pour lesquels la moyenne sur 20 ans a pu être établie, a été effectuée. Elle fait apparaître des écarts pouvant atteindre 7% mais n'étant pas significatifs, les hauteurs moyennes des précipitations 1961-1965 étant tantôt inférieures, tantôt supérieures, selon les postes, à celles de la période 1946-1965.

La cause de l'écart semble devoir résider dans l'approximation de la relation établie entre les précipitations

et l'altitude. Le coefficient de corrélation linéaire est égal à 0,86 ; statistiquement ceci indique une bonne corrélation mais non une relation fonctionnelle linéaire parfaite. Plusieurs postes pluviométriques situés sur la partie du bassin du Doubs exposée aux vents d'Ouest se situent au-dessus de la droite de régression et l'application de la formule de corrélation donne, pour la majorité des postes pluviométriques situés sur les bassins versants partiels de PORT-LESNEY et de CHENECEY et pour la période 1961-1965, des hauteurs d'eau nettement inférieures à celles effectivement mesurées. Inversement, pour les bassins versants de LABERGEMENT et de PONTARLIER, l'utilisation de la formule de corrélation entre les précipitations et l'altitude conduirait vraisemblablement à une surestimation de la hauteur réelle des précipitations, la plus grande partie des postes pluviométriques se situant en-dessous de la droite de régression en raison de la position abritée de la haute vallée du Doubs (1).

Pour l'établissement des bilans hydrologiques partiels (voir § 53) l'évaluation des volumes d'eau précipités a été faite par la méthode de planimétrage des isohyètes. Il semble, en effet, que cette méthode soit, dans le cas du bassin du Doubs, la plus proche de la réalité ; l'écart de 4 à 8% observé avec la méthode basée sur la corrélation entre les précipitations et l'altitude n'étant d'ailleurs vraisemblablement pas supérieur à l'erreur liée à l'estimation des précipitations elle-même.

34 - TEMPERATURES

341 - Equipement du bassin en postes thermométriques

Sur le bassin du Doubs, 19 postes thermo-

(1) L'utilisation de la relation entre les précipitations et l'altitude tendrait donc dans tous les cas à accentuer les déséquilibres des bilans hydrologiques partiels (voir § 53).

métriques ont fonctionné pendant l'année 1965. Il y a donc actuellement un poste pour environ 380 km².

Les relevés thermométriques sont, en général, beaucoup plus irréguliers que les relevés pluviométriques et la création de nombreux postes est récente. Pour la période 1961-1965, les relevés de 13 postes (dont un : LE CHATELEY, est limitrophe du bassin) ont pu être utilisés (voir figure 5321) ; pour de plus longues périodes, seules les stations de BELFORT et de BESANCON ont été retenues.

Pour la partie suisse du bassin du Doubs, les données thermométriques ont été empruntées à Monsieur BURGER.

342 - Présentation et analyse des données thermométriques par stations

3421 - Températures annuelles, températures moyennes et extrêmes de la période d'observation

Les températures annuelles sont les moyennes arithmétiques des températures journalières (celles-ci sont calculées par la demi-somme des températures observées respectivement au thermomètre à maximum et au thermomètre à minimum). Le tableau 3421 a présente les températures annuelles des postes de BELFORT et de BESANCON pour la période 1946-1965, ainsi que les valeurs des températures annuelles moyennes et extrêmes. A titre de comparaison, les moyennes effectuées par la Météorologie nationale sur une période de 30 années (1931-1960) figurent dans ce tableau ; elles ont été utilisées pour l'établissement des figures 3421 a et 3421 b. Le tableau 3421 b réunit les températures annuelles des 13 postes qui ont fonctionné de 1961 à 1965, ainsi que les valeurs moyennes de cette même période.

3422 - Températures moyennes mensuelles
et saisonnières

Les températures moyennes mensuelles (1961-1965) sont rassemblées, pour les 13 postes du bassin, dans le tableau 3422.

Les températures moyennes mensuelles (1931-1960), calculées par la Météorologie nationale pour les stations de BELFORT et de BESANCON, sont présentées sous forme de graphiques (figures 3421 a et 3421 b) ainsi que les températures minimales moyennes et maximales moyennes mensuelles.

La figure 3422 a, établie d'après les données fournies par Monsieur BURGER pour la période de 1904 à 1953, résume la répartition des températures moyennes mensuelles pour le poste de LA CHAUX-DE-FONDS.

Le mois le plus froid est le mois de janvier, le mois le plus chaud celui de juillet.

L'amplitude moyenne annuelle des températures (différence entre les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid) est, pour la période 1961-1965, de 18°6 pour BELFORT, 17°6 pour BESANCON. Pour l'ensemble du bassin du Doubs, elle varie de 16°3 pour EPENNOY à 18°7 pour DAMPJOUX.

La figure 3422 b précise, pour la station de BESANCON (1946-1965) le nombre moyen de jours de gelée sous abri et le nombre moyen de jours de forte chaleur (température atteignant ou dépassant 25°).

343 - Répartition des températures sur l'ensemble du bassin

3431 - Influence de la morphologie sur la répartition des températures

En règle générale, les températures décroissent lorsque l'altitude augmente.

J'ai essayé de préciser statistiquement la relation qui existe entre l'altitude et la température moyenne annuelle pour le bassin du Doubs : sur le graphique de la figure 3431 a sont portées en abscisses les altitudes h , en ordonnées les températures moyennes annuelles t des 13 postes étudiés pour la période 1961-1965. La droite de régression de la variable t (en °C) par rapport à la variable h en mètres a pour équation :

$$t = -0,0048 h + 10,96$$

A titre indicatif, la droite de régression de la variable h par rapport à la variable t a pour équation :

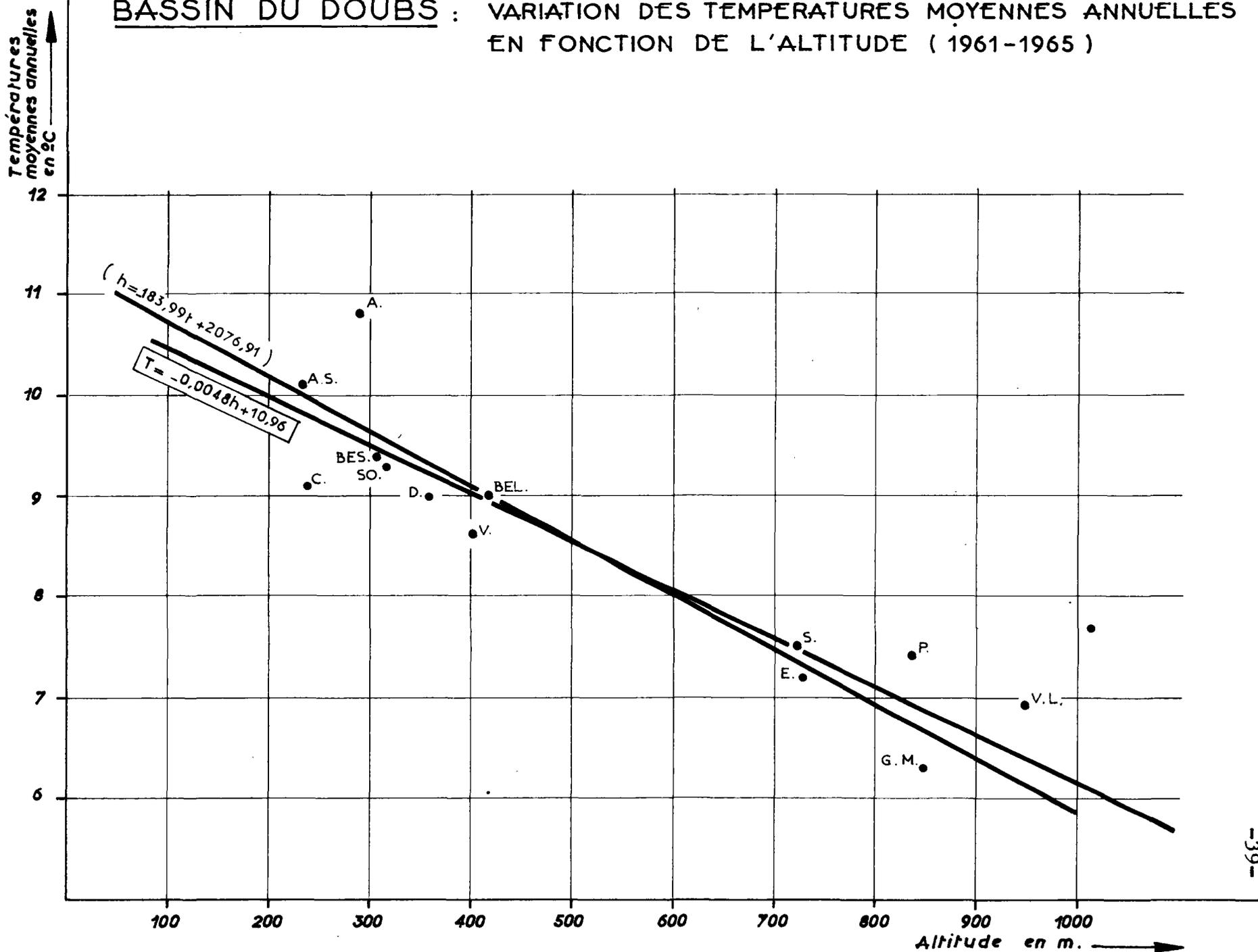
$$h = -183,99 t + 2\ 076,91$$

Le coefficient de corrélation linéaire est égal à 0,94 , ce qui indique une très bonne corrélation entre les températures moyennes annuelles et l'altitude. La relation $t = - 0,0048 h + 10,96$ peut être comparée à la relation établie par UTTINGER (cité par BURGER) pour la Suisse : $t = 11,3 - 0,52h$ (h étant exprimé en hectomètres).

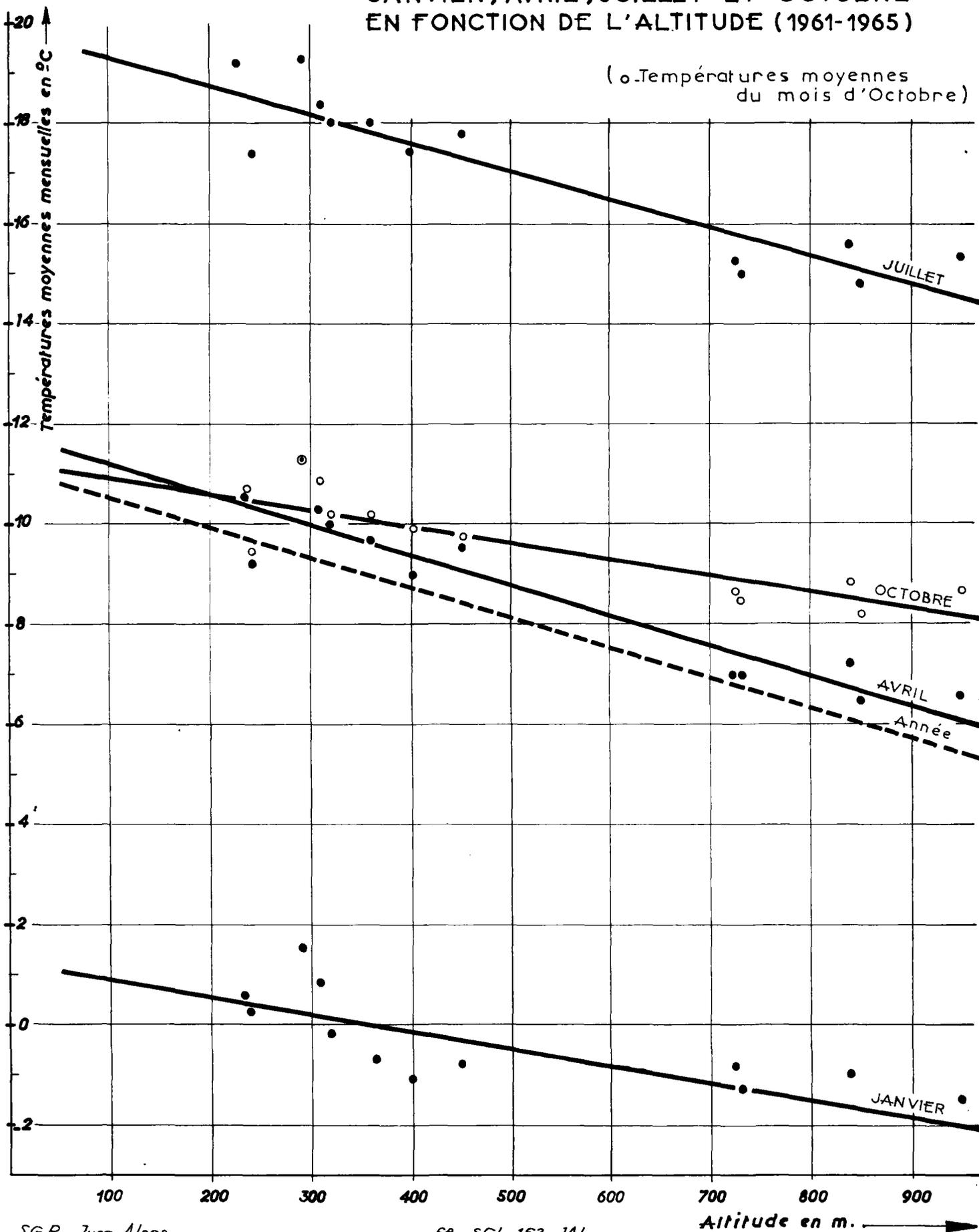
Le gradient thermique annuel moyen est donc, pour le bassin du Doubs, de 0,48°C par hectomètre.

L'étude de la corrélation entre les températures moyennes mensuelles et l'altitude a également été faite (pour la même période et pour les mêmes postes) pour les mois de janvier, avril, juillet et octobre. Le graphique de la figure 3431 b est établi de la même façon que celui de la figure 3431 a pour ces quatre mois.

BASSIN DU DOUBS : VARIATION DES TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES EN FONCTION DE L'ALTITUDE (1961-1965)



BASSIN DU DOUBS : VARIATION DES TEMPERATURES DES MOIS DE JANVIER, AVRIL, JUILLET ET OCTOBRE EN FONCTION DE L'ALTITUDE (1961-1965)



Le tableau 3431 réunit les équations des droites de régression donnant les températures moyennes mensuelles en fonction de l'altitude pour le bassin du Doubs. Il donne les valeurs des coefficients de corrélation linéaire, les valeurs des gradients thermiques moyens mensuels et annuels et, à titre de comparaison, les valeurs des gradients thermiques moyens mensuels établies par ANGOT (pour l'Europe occidentale) et par LUGEON (pour la Suisse). Le gradient vertical de température présente un maximum saisonnier au printemps, un minimum en automne et en hiver ; il est, d'une façon générale plus faible que les valeurs établies par ANGOT et par LUGEON. Ceci est dû au fait qu'il est calculé sur un territoire plus restreint et sur une tranche d'altitude moins importante. Sa valeur est donc plus précise pour le Jura, mais non transposable aux régions voisines.

3432 - Carte d'isothermes

La carte d'isothermes (voir figure 3432) a été établie d'après les moyennes de la période de 5 ans de 1961 à 1965.

Les températures décroissent, en fonction de l'augmentation de l'altitude, de l'Ouest vers l'Est et le Sud-Est du bassin du Doubs, l'écart thermique étant de 3° environ (1).

Le Jura externe est fortement arrosé (voir § 3332) et sa température moyenne annuelle (9° à 10°) est élevée ; l'évapotranspiration y sera donc importante. Sur les hauts plateaux et le Jura interne par contre la diminution de la température moyenne annuelle (7° à 8°) entraînera une décroissance de l'évapotranspiration non compensée par l'augmentation des précipitations (voir § 36).

(1) L'absence de mesures thermométriques pour de longues périodes ne permet pas d'interpréter l'évolution des températures sur le versant sud des Vosges.

BASSIN DU DOUBS : VARIATION DES TEMPERATURES AVEC L'ALTITUDE (1961-1965)

	EQUATIONS DES DROITES DE REGRESSION DONNANT LA TEMPERATURE t (en °C) EN FONCTION DE L'ALTITUDE (h) EN METRES	VALEURS DES COEFFICIENTS DE CORRELATION LINLAIRE	VALEURS DES GRADIENTS THERMIQUES (en °C par 100 m)		
			Calculés	d'après ANGOT	d'après LUGEON
Année	$t = -0,0048 h + 10,96$	0,94	0,48	0,53	
Janvier	$t = -0,0036 h + 1,18$	0,68	0,36	0,40	0,40
Avril	$t = -0,0060 h + 11,77$	0,94	0,60	0,70	0,63
Juillet	$t = -0,0057 h + 19,92$	0,92	0,57	0,61	0,56
Octobre	$t = 0,0033 h + 11,28$	0,86	0,33	0,49	0,46

35 - INSOLATION

Pour BESANCON (latitude : 47°15' Nord) la figure 35 présente les durées moyennes d'insolation mensuelle pour la période 1946-1965. L'insolation annuelle est de 1 942 heures ; l'on compte en moyenne 40 jours d'insolation continue par an.

A DIJON (latitude : 47°16' Nord) l'insolation moyenne annuelle est de 2 044 heures ; l'on compte en moyenne 34 jours d'insolation continue par an.

Pour la période 1951-1960, la valeur moyenne en dixièmes de la nébulosité totale de 6 heures à 18 heures TU, est de 6,3 pour BESANCON, de 6,6 pour BELFORT. La nébulosité totale est maximale en décembre, (7,4 à BESANCON, 7,7 à BELFORT), minimale en juillet (5,5 à BESANCON, 5,7 à BELFORT).

36 - EVAPOTRANSPIRATION

361 - Mesures directes de l'évapotranspiration potentielle

L'évaporation sous abri est mesurée à l'évaporomètre PICHE d'avril à octobre à BELFORT et à BESANCON.

La figure 361 donne, pour ces deux stations, les valeurs moyennes de l'évaporation de 1951 à 1960.

L'évaporation est maximale en mai (77mm à BESANCON, 87mm à BELFORT), moins importante en juin, elle atteint un second maximum en juillet puis décroît régulièrement.

Il n'y a pas, à ma connaissance, de bac d'évaporation sur le bassin du Doubs.

362 - Evapotranspiration réelle calculée3621 - Calcul de l'évapotranspiration
réelle moyenne annuelle par la
formule de TURC

La formule de TURC annuelle s'écrit :

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

avec : $L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$

E = évapotranspiration réelle annuelle moyenne en mm

P = hauteur de pluie moyenne annuelle en mm

T = température moyenne annuelle en °C

Les valeurs de l'évapotranspiration réelle obtenues par l'application de cette formule sont des valeurs "approximatives", l'erreur dont elles sont affectées pouvant atteindre 10%.

Pour les stations de BESANCON et de BELFORT, l'évapotranspiration réelle, moyenne annuelle, a été calculée par cette formule pour la période 1946-1965 : elle est de 510mm \pm 50 mm pour BELFORT ; de 540 \pm 50 mm pour BESANCON.

Pour plusieurs stations du bassin du Doubs, l'évapotranspiration réelle, moyenne annuelle, a été calculée pour la période de 5 ans de 1961 à 1965. Les résultats sont présentés sous forme de tableau (voir tableau 3621) : l'évapotranspiration réelle, moyenne annuelle, du bassin du Doubs varie de 450 mm \pm 50mm pour le Haut-Jura (GRANGES-SAINTE-MARIE) à 560mm \pm 50mm pour le rebord du Jura externe (ARBOIS).

A titre indicatif, la comparaison a été effectuée entre les valeurs moyennes obtenues pour des périodes de 20 ans et de 5 ans, pour les stations de BESANCON et de BELFORT : elle

fait apparaître une différence de 3%.

Sur l'ensemble du Jura, l'évapotranspiration réelle, calculée par la formule de TURC, est relativement uniforme par rapport à la distribution des précipitations, donc par rapport à l'altitude. Sauf pour la station d'ARBOIS, l'évapotranspiration réelle, moyenne annuelle, est partout comprise entre 450 et 520mm et cet écart n'est pas sensiblement supérieur à la "fourchette" d'approximation de chaque résultat.

3622 - Calcul de l'évapotranspiration réelle moyenne annuelle par la formule de COUTAGNE

La formule de COUTAGNE qui fait intervenir les précipitations et les températures s'écrit :

$$D = P - \lambda P^2$$

$$\text{avec } \lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 T}$$

D = déficit d'écoulement moyen annuel en mètres

P = hauteur de pluie moyenne annuelle en mètres

T = température moyenne annuelle en °C

Cette formule n'est applicable que si $\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$

Pour les stations d'ARBOIS, EPENOY, GRANGES-SAINTE-MARIE, PONTARLIER, SUPT, VAUFREY, VILLERS-LE-LAC, P est supérieur à $\frac{1}{2\lambda}$ et la formule ne peut être utilisée.

Les stations de BESANCON, LE CHATELEY et DAMPJOUX se situent à la limite de validité de la formule.

Les valeurs de l'évapotranspiration réelle, moyenne annuelle, n'ont donc été calculées que pour ARC-ET-SENANS, BELFORT, SOCHAUX : elles sont légèrement inférieures aux valeurs calculées par la formule de TURC (voir tableau 3621).

3623 - Calcul de l'évapotranspiration mensuelle et bilans hydrologiques par la méthode de THORNTHWAITE

La méthode de THORNTHWAITE est décrite en détail par ARLERY, GARNIER et LANGLOIS qui donnent des tableaux et une abaque permettant de calculer l'évapotranspiration potentielle mensuelle (pouvoir évaporant de l'atmosphère) en fonction de la température moyenne mensuelle et de la latitude de la station étudiée (1). Si les précipitations mensuelles sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle, l'excédent est disponible pour le ruissellement et l'infiltration ; si les précipitations mensuelles sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle, le déficit est prélevé sur les réserves en eau du sol, si celles-ci sont suffisantes. Pour le Jura, les réserves en eau du sol ont été supposées égales à 100 mm (2).

Les calculs ont été faits, pour les deux stations de BESANCON et des GRANGES-SAINTE-MARIE, sur la période de 1961 à 1965. Les tableaux 3623 a et 3623 b et les figures 3623 a et 3623 b résument les résultats obtenus :

- dans le Haut-Jura (GRANGES-SAINTE-MARIE) les précipitations sont toujours supérieures à l'évapotranspiration potentielle. Le sol est donc constamment saturé et les réserves en eau du sol ne sont pas utilisées. L'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle :

$$E_p = E_r = 531\text{mm.}$$

- dans le Jura externe, (BESANCON), les réserves en eau du sol sont utilisées par les végétaux du mois de juin au mois d'août. Elles ne sont cependant pas épuisées et l'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle :

(1) ARLERY R., GARNIER M., LANGLOIS R. (1954) Application des méthodes de THORNTHWAITE à l'esquisse d'une description agronomique du climat de la France. La météorologie, oct.-déc. 1954.

(2) estimation donnée par THORNTHWAITE.

$E_p = E_r = 647$ mm. La reconstitution des réserves en eau du sol s'effectue du mois de septembre à mi-novembre.

3624 - Conclusion

L'évapotranspiration réelle, moyenne annuelle, a pu être évaluée par les formules de TURC et de COUTAGNE de 510mm à 560mm pour le Jura externe et de 450mm à 500mm pour le Haut-Jura. L'augmentation des précipitations en fonction de l'altitude dans le Haut-Jura ne compense donc pas l'influence de la diminution des températures (voir § 3432). Ces valeurs concordent avec les mesures effectuées d'avril à octobre à BESANCON, elles sont confirmées par les bilans hydrologiques des différentes unités hydrogéologiques (voir § 5322 et 5323) qui conduisent à admettre $521\text{mm} \pm 50\text{mm}$ pour le Jura externe et $466 \pm 50\text{mm}$ pour le Haut-Jura. Les calculs par la méthode de THORNTHWAITE donnent une surestimation de la valeur de l'évapotranspiration réelle de 70mm à 100mm. Ceci est habituellement noté dans l'utilisation de cette méthode mais il faut observer que le déficit de saturation du sol, dans le cas du karst jurassien doit être inférieur à 100mm.

37 - HUMIDITE ATMOSPHERIQUE

L'humidité relative moyenne annuelle de l'air (1951-1960) varie de 63% à 94% à BELFORT, de 64% à 94% à BESANCON (81% en moyenne). Elle est maximale en décembre (89% en moyenne à BESANCON) et minimale en avril (73% en moyenne à BESANCON).

La tension de vapeur d'eau atmosphérique annuelle correspondante est de 10,6 millibars à BESANCON (elle varie de 6,1 millibars en janvier à 16,2 millibars en juillet).

38 - BROUILLARDS

Le brouillard est défini comme la suspension dans l'atmosphère de très petites gouttelettes d'eau réduisant la visibilité horizontale à la surface du globe à moins de 1 km.

L'on compte en moyenne (1951-1960) 40 jours de brouillard par an à BELFORT (maximum : 8 jours en moyenne en décembre, minimum : 0,3 jour en moyenne en juillet) et 25 jours par an à BESANCON (maximum : 6 jours en moyenne en décembre, minimum : 0,2 jour en moyenne en juillet).

39 - CONCLUSION

Le climat du bassin du Doubs, de tendance continentale, est irrégulièrement modifié par des influences méditerranéennes. L'exposition des versants aux vents pluvieux, l'orientation des vallées, l'altitude et l'importance du couvert végétal, contribuent à le diversifier et permettent de distinguer plusieurs secteurs climatiques :

- les reliefs du Jura externe :

précipitations moyennes annuelles : 1000 à 1300mm

températures moyennes annuelles : 9° à 10°

évapotranspiration moyenne annuelle : 510 à 560mm

- la région des hauts plateaux de MAICHE à LEVIER :

précipitations moyennes annuelles : 1450mm

température moyenne annuelle : 8°

évapotranspiration moyenne annuelle : 470mm

- le Haut-Jura :

précipitations moyennes annuelles : 1450 à 1500mm

température moyenne annuelle : 7°

évapotranspiration moyenne annuelle : 450 à 470mm

- le versant sud-ouest des Vosges :
précipitations moyennes annuelles supérieures à
2000mm.

Le gradient pluviométrique, établi sur la totalité du bassin du Doubs est de 66mm par hectomètre, le gradient thermométrique de 0,48°C par hectomètre.

Le régime pluviométrique du bassin du Doubs présente deux maximums : un maximum d'été (mois de juin et d'août) constant qui traduit l'influence climatique continentale et un maximum d'automne (mois de novembre) irrégulier qui correspond à l'influence méditerranéenne très variable.

Les minimums principaux se situent au printemps (mars-avril) et en automne (septembre-octobre).

4 - HYDROLOGIE DE SURFACE

41 - DESCRIPTION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE : DOUBS ET AFFLUENTS

Le Doubs prend sa source sur la commune de MOUTHE (x = 896, y = 196,7, altitude = 944,6m) dans les calcaires portlandien du NOIRMONT.

Bien que sa source et son confluent avec la Saône (x = 805 , y = 214,5 , altitude = 172m) à VERDUN-SUR-LE-DOUBS ne soient distants que de 90 km en ligne droite, le Doubs effectue un parcours de 459 km , drainant la totalité du Jura septentrional.

Le cours du Doubs, présentant une pente moyenne de 1,68 m/km, peut être divisé en trois parties :

- cours supérieur : de la source à GOUMOIS.
- cours moyen : de GOUMOIS au confluent avec

l'ALLAN

- cours inférieur : du confluent avec l'Allan
au confluent avec la Saône

Ces divisions sont basées d'une part sur les orientations et pentes successives de la vallée, d'autre part sur le nombre et l'importance des affluents ; ce sont des divisions géographiques.

La figure 41 présente le profil en long du Doubs de sa source à son confluent avec la Saône.

Le tableau 41 donne le détail des affluents du Doubs.

411 - Cours supérieur du Doubs

De sa source à GOUMOIS, le Doubs est orienté S-SO - N-NE, selon l'axe du faisceau helvétique.

Sa pente, jusqu'au SAUT-DU-DOUBS, est de 2,24 m/km ; il reçoit de nombreux affluents (voir tableau 41), le plus important étant le Drugeon, et traverse les lacs de SAINT-POINT et de CHAILLEXON. Du SAUT-DU-DOUBS à GOUMOIS, la vallée très encaissée, a une pente moyenne de 7,53 m/km ; il n'y a aucun affluent important.

412 - Cours moyen du Doubs

De GOUMOIS au confluent avec l'Allan, le cours du Doubs (pente : 1,76 m/km) subit plusieurs changements de direction. Il effectue, en partie sur le territoire suisse, un coude très accentué d'orientation Est-Ouest, dont la partie septentrionale suit la zone anticlinale du CLOS-DU-DOUBS. Après son confluent avec le Dessoubrière, le Doubs coule vers le Nord, recoupant la chaîne du Lomont.

413 - Cours inférieur du Doubs

Du confluent avec l'Allan au confluent avec la Saône, le Doubs, régulièrement orienté NE-SW, a une pente moyenne de 0,58 m/km. Entre CLERVAL et ROUTELLE, son cours épigénique entaille profondément la zone plissée du faisceau bisontin. Ses affluents principaux sont l'Allan et la Loue.

42 - EVOLUTION HYDROGRAPHIQUE SUPERFICIELLE PLIO-QUATERNAIRE

L'hydrographie superficielle actuelle est la résultante d'une histoire géologique longue et complexe ; je ne reviendrai que sur sa phase récente : au Pontien le paroxysme tectonique renversa vers l'Ouest le drainage jurassien qui s'effectuait en direction de la mer Vindobonienne. C'est à cette période que le Doubs, recevant, par la Trouée-de-Belfort, les eaux du Rhin supérieur, a déposé les alluvions vosgiennes et alpines de la FORET DE CHAUX. Il est vraisemblable que la Loue drainait alors les vallées sèches situées entre ARCON et sa source actuelle, trajet emprunté aujourd'hui par des circulations souterraines connues, et rejoignait le Doubs un peu en aval de BESANCON. Le cours inférieur du Doubs qui suit le faisceau bisontin, traduit des phénomènes complexes de surimpositions et de captures.

43 - VOIES NAVIGABLES

La principale voie navigable est le canal du Rhône au Rhin qui traverse le bassin du Doubs de VALDIEU (limite des bassins versants du Doubs et du Rhin) au pont de BON-REPOS près de PARTHEY (limite des bassins versants du Doubs et de la Saône). Dans les limites du bassin du Doubs, sa longueur totale est de 194 km (54 km dans les vallées de la Bourbeuse et de l'Allan, 140 km dans celle du Doubs). Il comporte 74 km de par-

cours en rivière et 120 km de dérivation. La pente moyenne du canal est de 0,8 m/km, elle est régularisée par 69 écluses (hauteur de chute moyenne : 2,2 m ; hauteur de chute minimale : 0,71 m ; hauteur de chute maximale : 6,37 m). Ce canal est accessible aux péniches de 250 tonnes.

Le canal de la haute Saône relie le canal du Rhône au Rhin (confluent à FESCHES) à la vallée de l'Ognon en empruntant la vallée de la Savoureuse, celle de la Douce puis le souterrain de Champagney par lequel il sort du bassin versant du Doubs (voir figure 24).

44 - EQUIPEMENT DU BASSIN EN STATIONS DE JAUGEAGE

L'étude hydrologique présentée est basée sur l'exploitation des mesures de débit effectuées sur l'ensemble du bassin du Doubs pendant les vingt années de 1946 à 1965.

J'ai utilisé les relevés de 18 stations de jaugeage dépendant soit de la seconde Circonscription électrique (13 stations), soit d'Electricité de France (4 stations), soit du Service fédéral des eaux de la Suisse (1 station). Ces stations sont situées, d'amont en aval (voir figures 41 et 24) :

sur le Doubs à : LABERGEMENT
PONTARLIER
(LES BRENETS) (1)
(COMBE-DES-SARRAZINS) (1)
REFRAIN
GOUMOIS
OCOURT
COURCLAVON
(VAUFREY) (1)
LIEBVILLERS-GROSBOIS

(1) Station non utilisée.

DAMPJOUX
ROCHEFORT
NEUBLANS
sur le Dessoubre à : SAINT-HIPPOLYTE
sur la Savoureuse à : BELFORT
sur la Loue à : MOUTHIER
VUILLAFANS
CHENECEY
PORT-LESNEY
CHAMPAGNE
PARCEY

Les tableaux 44 a et 44 b résument les différentes caractéristiques de ces stations :

- superficie du bassin versant topographique
- altitude de la station
- équipement de la station
- nature des débits mesurés
- durée d'exploitation de la station
- organisme exploitant

45 - REGIME DU DOUBS ET DE SES AFFLUENTS

451 - Introduction

Les mesures de débits moyens journaliers des différentes stations de jaugeage ont été exploitées dans le but précis de dégager essentiellement les éléments utilisables pour l'établissement des bilans hydrologiques des différents bassins versants et la définition des grandes unités hydrogéologiques (voir § 5).

Les bassins versants topographiques dont la superficie est indiquée dans les tableaux 44 a et 44 b ne correspondent pas aux bassins versants réels des cours d'eau

en raison des très importantes circulations karstiques qui affectent tout le Jura septentrional. Il est donc impossible, à partir de ces superficies, de calculer les modules spécifiques d'écoulement des différents bassins versants et ce travail ne pourra être réalisé que pour les unités hydrogéologiques, une fois celles-ci définies (voir § 5).

L'étude du régime des débits des cours d'eau du bassin du Doubs se limite donc, en fonction du but poursuivi, à une analyse statistique sommaire des débits moyens journaliers des différentes stations de jaugeage. Cette étude hydrologique a été d'autant moins poussée qu'elle a déjà fait l'objet de la part d'Electricité de France, des Circonscriptions électriques et du Service hydrologique de la Suisse, de nombreux travaux et que des données statistiques remises à jour sont publiées chaque année.

452 - Débits moyens mensuels

Les débits moyens mensuels (moyenne arithmétique des débits moyens journaliers) sont présentés, pour chaque station de jaugeage, sous forme de graphiques (figure 452).

453 - Débits moyens annuels

Les débits moyens annuels, pour chaque station de jaugeage, figurent dans le tableau 453.

454 - Année moyenne

La figure 454 présente les valeurs des débits mensuels d'une année moyenne (1961-1965) pour les différentes stations de jaugeage du Doubs et de ses affluents. Le débit moyen de chaque mois est la moyenne arithmétique des débits mensuels correspondants observés de 1961 à 1965.

455 - Courbes des débits classés

Les courbes des débits moyens mensuels classés ont été établies sur des périodes de dix années à OCOURT pour le Doubs (1946-1955) et à VUILLAFANS pour la Loue (1956-1965), (voir figure 455).

La distribution des débits moyens mensuels est la suivante :

- pour le Doubs à OCOURT :

débit moyen mensuel maximal :	156 m ³ /s,
1er quartile :	42 m ³ /s,
médiane :	24,5 m ³ /s,
3em quartile :	13,3 m ³ /s,
débit moyen mensuel minimal :	2,68 m ³ /s.

- pour la Loue à VUILLAFANS :

débit moyen mensuel maximal :	63 m ³ /s,
1er quartile :	27 m ³ /s,
médiane :	20 m ³ /s,
3em quartile :	12 m ³ /s,
débit moyen mensuel minimal :	2,1 m ³ /s.

456 - Conclusion

Le régime du Doubs et de ses affluents présente deux maximums principaux : l'un à la fin de l'automne (novembre-décembre), l'autre au printemps (mars-avril). Le premier de ces maximums correspond aux pluies d'influence méditerranéenne qui affectent le bassin du Doubs ; le second maximum est celui de la fonte des neiges. Une augmentation du débit moyen mensuel est sensible en août-septembre et correspond aux pluies d'influence continentale. L'étiage principal présente deux minimums : l'un en juillet, l'autre en octobre, périodes où les précipitations sont relativement peu abondantes. L'étiage hivernal secondaire de janvier-février correspond à la période d'enneigement du bassin.

Le régime des cours d'eau du bassin du Doubs est donc un régime mixte qui présente deux maximums et deux minimums traduisant l'influence de plusieurs modes d'alimentation :

- influence nivale : maximum de printemps, étiage hivernal ;

- influence pluviale :

méditerranéenne : maximum d'automne, minimum de juillet,

continentale : maximum d'août-septembre.

5 - BASSINS VERSANTS GEOLOGIQUES ET CIRCULATIONS KARSTIQUES

51 - INTRODUCTION

Les caractéristiques hydrogéologiques du bassin du Doubs sont déterminées par deux facteurs géologiques essentiels : la lithologie et la structure tectonique.

A l'importance des formations calcaires du Jurassique moyen et du Jurassique supérieur, sont liés deux problèmes essentiels :

- l'évaluation quantitative des circulations karstiques
- la définition des bassins versants géologiques des cours d'eau.

A partir des données lithologiques et structurales, j'ai cherché à utiliser l'ensemble des résultats climatologiques et hydrologiques acquis (voir § 3 et 4) pour tenter d'apporter, par la méthode des "bilans hydrologiques partiels" exposée ci-dessous, une solution à ces deux points.

Dans le but de résumer, en les traduisant à l'usage de l'hydrogéologue, l'ensemble des données relatives aux

facteurs lithologiques et structuraux, des cartes ont été établies, à l'échelle du 1/100 000, sur la base des cartes géologiques au 1/80 000 et au 1/50 000 les plus récentes. Le découpage adopté est celui des cartes topographiques au 1/100 000 de l'Institut géographique national. Ces cartes, en format réduit (1/200 000), sont présentées aux figures 51 a à 51 j.

52 - RESUME LITHOLOGIQUE, STRUCTURAL ET MORPHOLOGIQUE

521 - Lithologie .

Dans l'établissement des cartes lithologiques et tectoniques, les différents ensembles lithologiques qui ont été distingués sont, de bas en haut :

- le socle cristallin et cristallophyllien,
- l'ensemble schisteux plissé dévono-dinantien,
- le Permien gréseux et conglomératique,
- le Trias inférieur gréseux,
- le Trias moyen marno-calcaire,
- le Trias supérieur marno-gypseux,
- le Lias marneux,
- l'ensemble Bajocien-Bathonien-Callovien inférieur calcaire,
- l'ensemble Callovien supérieur-Oxfordien-Argovien marneux,
- l'ensemble Rauracien-Séquanien-Kiméridgien-Portlandien essentiellement calcaire,
- le Crétacé marno-calcaire,
- les formations marno-calcaires à passées gréseuses ou sableuses du Tertiaire ou du Quaternaire ancien,
- les dépôts fluvio-glaciaires ou glaciaires,
- le loess de la plaine d'Alsace,
- les alluvions fluviales anciennes ou récentes,
- les formations superficielles.

La série lithologique du bassin du Doubs se résume en une alternance de formations calcaires perméables et de formations marneuses ou argileuses d'épaisseurs variables, qui font écran à la circulation des eaux.

522 - Définition et hydrogéologie des principaux ensembles perméables

Les deux principaux ensembles perméables "en grand" de la série lithologique du bassin du Doubs sont les deux masses calcaires du Jurassique moyen et du Jurassique supérieur. Elles ont permis l'installation et la généralisation de deux systèmes karstiques superposés, séparés par les marnes de la base du Jurassique supérieur. L'étanchéité de ce niveau marneux n'est pas totale et les échanges aquifères entre les deux ensembles calcaires sont en particulier favorisés par les accidents tectoniques et l'existence de phénomènes de drainance.

5221 - Ensemble du Jurassique moyen calcaire

L'ensemble du Jurassique moyen calcaire, recouvert dans toute la partie orientale du bassin du Doubs par le Jurassique supérieur marneux et calcaire, affleure surtout dans le Sud-Ouest, l'Ouest et le Nord-Ouest du Jura septentrional. Il est cependant présent, en affleurement, dans l'axe disloqué du faisceau salinois (14) et dans les anticlinaux du Lomont (11) et du CLOS-DU-DOUBS. Il peut être subdivisé en quatre sous-ensembles :

- les plateaux entre Doubs et Ognon (8) , au Nord du faisceau bisontin, hachés de failles subméridiennes, ne présentent aucun écoulement superficiel. Des fissures et entonnoirs absorbent les eaux qui sont arrêtées par les assises marneuses liasiques. Cette région, limitée au Nord par le Lias imperméable (a) ,

est tributaire du bassin du Doubs (bassin versant partiel de ROCHEFORT) mais l'absence de drainage et d'exutoires simples ne rend pas possible l'établissement de son bilan. Une étude détaillée de l'étanchéité des failles permettrait sans doute d'y déterminer des "pièges" possibles (région d'UZELLE en particulier (b))

- le faisceau bisontin (10) dont la structure complexe facilite les circulations aquifères ; de nombreuses résurgences se situent ainsi dans la vallée du Doubs.

- la région tabulaire entre les faisceaux bisontin (10) et de MAMIROLLE (12) : le Jurassique moyen y est localement recouvert par le Jurassique supérieur du plateau de MONTROND (4) . Le karst du Nord-Est de cette région (c) est drainé vers le Nord par l'Audeux et le Cusancin dont les sources sont des résurgences. Des expériences de coloration ont permis de mettre en évidence un drainage souterrain vers le Sud-Ouest par l'intermédiaire du faisceau de MAMIROLLE (12) . Le Sud-Ouest de cette zone est traversé par la Loue.

- le plateau de LONS LE SAUNIER (9) dont l'extrémité septentrionale appartient au bassin du Doubs. C'est une puissante assise calcaire qui constitue un réservoir important. Elle est drainée par la Furieuse, la Cuisance et l'Orain. L'établissement d'un bilan hydrologique précis et l'étude du comportement hydraulique de ce sous-ensemble restent liés à la création de stations de jaugeage sur les exutoires.

5222 - Ensemble du Jurassique supérieur calcaire

Le Jurassique supérieur calcaire qui se développe d'une part entre la Suisse et la bordure méridionale du faisceau bisontin (10) , d'autre part au Nord de ce faisceau dans la région de l'ISLE-SUR-LE-DOUBS (7) , constitue le

plus important ensemble lithologique du bassin du Doubs. Il peut être subdivisé en trois grands sous-ensembles :

- le sous-ensemble du Jura interne (15) , fortement plissé, Crétacé et Tertiaire occupant le coeur des synclinaux. Ce sous-ensemble est affecté par de grands accidents jouant en décrochements. Il est drainé superficiellement par le Doubs (bassins versants partiels de LABERGEMENT, PONTARLIER, REFRAIN, GOUMOIS et OCOURT) mais des circulations karstiques (voir § 5322) détournent une importante partie des eaux vers la source de la Loue (d) . Les nappes d'eau sont rares et localisées dans les alluvions fluvio-glaciaires (nappe du cône de PONTARLIER (e) par exemple). Les synclinaux crétacés, recouverts de glaciaire imperméable, sont susceptibles de constituer des pièges (nappe artésienne de METABIEF (f) par exemple) ; leur fond est souvent occupé par des lacs (lac de REMORAY, lac de SAINT-POINT (g)) ou des marécages et des tourbières (vallée du Drugeon (h)).

- le sous-ensemble des plateaux : grande zone tabulaire coupée d'étroites lignes fracturées, située entre le Jura interne (15) et le faisceau bisontin (10) . Il faut y distinguer :

- les plateaux de LEVIER (2) et de MAICHE (3)
- les plateaux d'AMANCEY (1) , d'ORNANS (5) et de PIERREFONTAINE (6) séparés des précédents par le faisceau salinois (14) et limités au Nord-Ouest par le faisceau de MAMIROLLE (12) ,

- le plateau de MONTROND (4) encadré par le faisceau de MAMIROLLE 12 au Sud-Est et le faisceau bisontin (10) au Nord-Ouest.

Les plateaux de LEVIER (2) (bassins versants partiels de MOUTHIER et de VUILLAFANS), d'AMANCEY (1) et d'ORNANS (5) (bassin versant partiel de CHENECEY), de MAICHE (3) et de

PIERREFONTAINE (6) (bassin versant partiel de SAINT-HIPPOLYTE), peuvent hydrologiquement être caractérisés par l'absence de tout écoulement superficiel diffus. En surface ne s'observent que de nombreux points de pertes en relations avec les réseaux karstiques et par lesquels se fait le drainage des eaux vers les exutoires périphériques de ce sous-ensemble. La plupart des sources sont des résurgences et peuvent présenter des débits très importants. Le Doubs et le Dessoubre drainent ces plateaux vers le Nord, la Loue vers l'Ouest. Les circulations karstiques paraissent se faire préférentiellement selon deux directions structurales :

Sud.Sud-Est - Nord.Nord-Ouest (décrochement de PONTARLIER)

Sud.Sud-Ouest - Nord.Nord-Est (faisceau salinois).

Les circulations superficielles du plateau de MONTROND (4) (bassins versants partiels de ROCHEFORT et de CHENECEY), très restreintes, aboutissent à des bassins fermés : marais de Saône (i), bassins fermés de NANCRAÏ (j) et de CHAMPLIVE (k). Le Jurassique supérieur marneux ne constitue dans cette région qu'une barrière irrégulièrement étanche et des communications actives ont pu s'établir entre les deux niveaux karstifiés du Jurassique supérieur et du Jurassique moyen. Les bassins fermés de NANCRAÏ (j) et de CHAMPLIVE (k) sont drainés souterrainement et leurs eaux ressortent dans la vallée du Doubs (sources d'ARCIER et du ROUGNON). Les circulations karstiques alimentées par le marais de Saône sont plus complexes et les points de résurgence variables selon les conditions hydro-météorologiques : les eaux du marais de Saône aboutissent d'une part dans la vallée du Doubs à la source d'ARCIER, d'autre part, par l'intermédiaire du faisceau de MAMIROLLE (12) à la source du MAINE dans la vallée de la Loue.

- la zone de transition entre Jura et régions sous-vosgiennes (7) : le Jurassique supérieur y constitue la structure synclinale de l'ISLE-SUR-LE-DOUBS. Ce synclinal présente, du Rauracien au Kiméridgien, un ensemble calcaire susceptible de stocker des volumes d'eau dont l'importance est fonction de la profondeur du piège et de la fissuration des calcaires ; ceci dans la mesure où l'étanchéité des failles est satisfaisante (1). Le synclinal est traversé par le Doubs qui assure probablement à la fois alimentation et drainage, selon les saisons. Une étude précise du bilan d'eau de ce synclinal, liée à l'installation d'une station de jaugeage à son exutoire (1) ainsi que l'étude des influences des exploitations projetées sur les émergences, permettra prochainement d'évaluer les volumes d'eau stockés et de préciser les périodes où l'exploitation des eaux profondes serait intéressante. Ceci conduirait donc à considérer cette structure synclinale comme une retenue naturelle et à envisager une utilisation comparable à celle d'un réservoir artificiel.

5223 - Formations alluviales

Les formations alluviales sont, dans la majeure partie du bassin du Doubs, d'extension cartographique très réduite ; mais elle prennent un grand développement d'une part dans le bassin inférieur de l'Allan, d'autre part et surtout dans les basses vallées du Doubs et de la Loue qui appartiennent à la Bresse. Dans ces régions des nappes phréatiques sont présentes et exploitées (2).

(1) Etude en cours au laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de l'Université de BESANCON.

(2) La plaine Saône-Doubs a fait l'objet d'une étude très approfondie et en voie d'achèvement de la part de J.J. COLLIN (BRGM SGR JURA ALPES) : Connaissance de l'hydrogéologie de la plaine Saône-Doubs.

523 - Morphologie

5231 - Morphologie karstique

L'importance des calcaires, principalement des deux ensembles du Jurassique moyen et du Jurassique supérieur, a généralisé, dans la chaîne jurassienne, le développement d'une morphologie karstique caractéristique.

L'originalité du karst jurassien, qualifié de "tectokarst", réside dans la multiplicité des bassins fermés tectoniques occupés par des marécages (marais de Saône) ou drainés par des cours d'eau qui se perdent dans des entonnoirs ou des gouffres. Des réseaux souterrains actifs, très complexes et peu pénétrables, affectent l'ensemble des formations calcaires, les niveaux marneux faisant obstacle à la circulation des eaux. En surface les formes topographiques caractéristiques des pays karstiques (lapiés, dolines, vallées sèches, effondrements, entonnoirs, gouffres et grottes) sont généralement présents mais il s'agit d'un karst couvert, les surfaces rocheuses nues étant faiblement étendues.

5232 - Reliefs structuraux

L'alternance des formations calcaires compétentes mais fissurées et karstifiées et des couches marneuses peu résistantes et imperméables a donné naissance aux formes structurales classiques du Jura : reculées dégagées par l'érosion linéaire des cours d'eau dans les régions tabulaires ; anticlinaux à coeurs marneux déblayés en combes encadrées par des crêts calcaires et coupés transversalement par des cluses de surimposition, ou tectoniques, dans les régions plissées.

5233 - Formes glaciaires

Les dépôts localisés des glaciers quaternaires ont créé une morphologie particulière : sol bosselé et talus morainiques. Quelques dépressions, tapissées de dépôts glaciaires sont actuellement des zones marécageuses (vallée du Drugeon).

53 - ESSAI DE BILAN QUANTITATIF DES CIRCULATIONS KARSTIQUES

531 - Exposé de la méthode des "bilans hydrologiques partiels".

En domaine karstique, les bassins versants sont déterminés par la seule structure géologique et, en général, très différents des bassins versants tels qu'ils peuvent être délimités sur les cartes topographiques.

Le bilan hydrologique moyen d'un bassin versant dans ces conditions s'écrit :

$$\begin{array}{rclcl} P & = & Q & + & D & \pm & \Delta q \\ \text{précipitations} & & \text{lame d'eau} & & \text{déficit} & & \\ & & \text{écoulée à} & & \text{d'écoulement} & & \\ & & \text{l'exutoire} & & & & \end{array}$$

Δq représente la somme algébrique des débits souterrains entrant et sortant dans le sous-sol du bassin versant "topographique" :

- s'il est nul, le bilan hydrologique du bassin est équilibré et ceci traduit la concordance vraisemblable du bassin versant topographique et du bassin versant géologique, mais peut aussi exprimer une égalité entre les débits souterrains entrant et sortant ;

- s'il est positif, il correspond au débit des pertes (> apports) du bassin : le bassin versant géologique est plus réduit que le bassin versant topographique ;

- s'il est négatif, il correspond à un apport d'eau

($>$ pertes) souterrain : le bassin versant géologique est plus étendu que le bassin versant topographique.

Lorsque le bilan hydrologique moyen est calculé sur une période suffisamment longue - quelques années - pour qu'à Δq ne s'ajoute aucune différence de réserve, le terme D (déficit d'écoulement) peut être considéré comme égal à l'évapotranspiration E de cette période.

Le bilan hydrologique global d'un système fermé - à l'intérieur duquel peuvent exister des circulations karstiques - est équilibré aux erreurs de mesure près. Son établissement ne conduit qu'à l'évaluation du facteur D (déficit d'écoulement) global.

Si par contre, la surface de ce système fermé peut être fragmentée en éléments les plus petits possibles - bassins versants topographiques partiels - et si le bilan hydrologique de chaque élément pris séparément - "bilan hydrologique partiel" - peut être établi, les zones déséquilibrées apparaissent.

L'application à des sous-bassins du déficit d'écoulement D global, évalué pour l'ensemble, n'est qu'une hypothèse de travail simplificatrice. On suppose ce faisant que D aurait une valeur assez uniforme, ce qui n'est pas démontré directement, mais ce qui est plausible en considérant E_r de TURC comme un index acceptable de D.

Pour chaque élément de surface ainsi étudié, la valeur de Δq est calculée avec une marge d'erreur dont il convient de tenir compte pour l'interprétation des résultats.

L'assemblage des différents éléments conduit à l'établissement d'une carte où se localisent aisément les zones qui participent soit à l'alimentation du karst soit à sa vidange, et à l'évaluation quantitative des circulations karstiques.

532 - Résultats obtenus par la méthode des "bilans hydrologiques partiels"

5321 - Application de la méthode

La méthode des "bilans hydrologiques partiels" a été appliquée au bassin du Doubs sur une période de référence de 5 ans, arbitrairement choisie de 1961 à 1965 afin de permettre l'exploitation du maximum de mesures météorologiques et hydrologiques à notre disposition. Cette période est suffisamment longue pour que le rôle des nappes alluviales, qui sont très localisées, et celui des retenues d'eau naturelles ou artificielles soit négligeable.

Les éléments de surface pour lesquels les "bilans hydrologiques partiels" ont été calculés sont les bassins versants topographiques des différentes stations de jaugeage ayant fonctionné pendant la période étudiée (il s'agit du bassin versant propre à chaque station de jaugeage, soustraction faite du bassin versant de la station de jaugeage située immédiatement en amont).

Afin de tenir compte des variations climatiques des premiers plateaux du Jura externe à la Haute-Châlonne j'ai étudié le bassin du Doubs en deux parties :

- bassins supérieurs du Doubs et de la Loue, limités aux stations de jaugeage de DAMPJOUX et de VUILLAFANS ;
- bassins inférieure du Doubs et de la Loue, de DAMPJOUX à ROCHEFORT pour le Doubs et de VUILLAFANS à PORT-LESNEY pour la Loue.

Les surfaces topographiques des bassins versants élémentaires ont été délimitées et planimétrées sur les cartes topographiques au 1/20 000 ou au 1/25 000 de l'Institut géographique national.

Pour la station de MOUTHIER dont les limites du bassin versant superficiel sont très délicates à déterminer, la surface de celui-ci a été prise égale à 160 km^2 (cette surface est approximativement celle sur laquelle les précipitations alimentent directement la source de la Loue).

Le calcul des lames d'eau moyennes précipitées annuellement sur ces surfaces a été fait par planimétrage des cartes d'isohyètes au 1/100 000 établies pour une année moyenne 1961-1965 et dont une réduction (au 1/200 000) est donnée à la figure 5321.

Le déficit d'écoulement, assimilable à l'évapotranspiration E a été évalué d'après les données du bilan à 47 cm/an pour les bassins supérieurs du Doubs et de la Loue, 52 cm/an pour le bassin inférieur de la Loue, 65 cm/an pour le bassin inférieur du Doubs. Ces chiffres représentent des valeurs moyennes que l'application de la formule de TURC annuelle confirme pour les bassins supérieurs du Doubs et de la Loue (47cm/an), ainsi que pour le bassin inférieur de la Loue (52cm/an). Pour le bassin inférieur du Doubs, l'évapotranspiration calculée par la formule de TURC est de 51 cm/an ; compte tenu des valeurs observées dans les régions voisines, la valeur obtenue d'après le bilan (65 cm/an) semble être entachée d'erreur (voir § 5324).

La formule de TURC appliquée aux différents bassins versants élémentaires fait apparaître des différences locales non négligeables de l'évapotranspiration. J'ai donc introduit dans l'établissement des "bilans hydrologiques partiels" la valeur de E calculée par la formule de TURC.

Le débit moyen annuel (1961-1965) Q à l'exutoire de chaque bassin versant élémentaire est $Q = Q' - Q''$ avec $Q' =$ débit moyen annuel -1961-1965- à la station de jaugeage correspondant à l'élément de surface étudié ; $Q'' =$ débit moyen annuel -1961-1965- à la station de jaugeage située immédiatement en amont)

Les différents facteurs du bilan de chaque bassin versant partiel ont été calculés en hauteurs d'eau et en volumes, les comparaisons volumétriques étant seules possibles.

Il est nécessaire d'admettre, sur l'ensemble des calculs de lames d'eau précipitée, évaporée et écoulee, une importante marge d'erreur (imprécision de certaines mesures météorologiques ou hydrologiques, extrapolations locales des courbes isohyètes : 10% au minimum ; imprécision de l'évaluation de l'évapotranspiration par la formule de TURC : 10 %). Une valeur de Δq (débit des circulations karstiques) inférieure à 20% de la valeur totale des précipitations sur le bassin élémentaire considéré ne peut absolument pas être admise comme significative.

5322 - "Bilans hydrologiques partiels"
moyens, annuels des hauts-bassins du
Doubs et de la Loue,

Les "bilans hydrologiques partiels", moyens, annuels, du haut-bassin du Doubs s'écrivent (voir tableau 5322) :

$$\begin{aligned}
 & \text{- bassin versant partiel de LABERGEMENT (171 km}^2\text{)} : \\
 & 286,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{P}{=} 129,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{Q}{+} 77,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{E}{+} 80,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{-q}{+} \\
 & \text{- bassin versant partiel de PONTARLIER (179 km}^2\text{)} : \\
 & 265,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{P}{=} 102,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{Q}{+} 81,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{E}{+} 81,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{\Delta q}{+} \\
 & \text{- bassin versant partiel de REFRAIN (578 km}^2\text{)} : \\
 & 814,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{P}{=} 534,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{Q}{+} 265,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{E}{+} 14,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \underset{\Delta q}{+}
 \end{aligned}$$

ELEMENTS DES "BILANS HYDROLOGIQUES PARTIELS" MOYENS ANNUELS (1961-1965) DES HAUTS BASSINS DU DOUBS ET DE LA LOUE

STATION DE JAUGEAGE	S	t	P		E TURC		Q		Q + E		Δ q			COURS D'EAU
	km ²	°C	10 ⁶ m ³	cm	10 ⁶ m ³	cm	10 ⁶ m ³	cm	10 ⁶ m ³	cm	10 ⁶ m ³	cm	% de P	
LABERGEMENT	171	6,1	286,8	168	77,0	45	129,2	76	206,2	121	- 80,6	- 47	- 28%	DOUBS
PONTARLIER	179	6,6	265,4	148	81,4	45	102,2	57	183,6	102	- 81,8	- 46	- 31%	DOUBS
REFRAIN	578	6,8	814,4	141	265,9	46	534,2	92	800,1	138	- 14,3	- 3	- 2 %	DOUBS
GOUMOIS	137	6,6	183,6	134	61,9	45	42,2	31	104,1	76	- 79,5	- 58	- 43%	DOUBS
OCOURT	128	7	159,0	124	58,9	46	158,3	124	217,2	170	+ 58,2	+ 46	+ 37%	DOUBS
ST HIPPOLYTE	568	7,9	729,3	128	276,0	49	392,1	69	668,1	118	- 61,2	- 10	- 8 %	DESSOUBRE
DAMPJOUX	233	8,6	277,0	119	116,9	50	139,6	60	256,5	110	- 20,5	- 9	- 7 %	DOUBS
MOUTHIER	160	7,2	240,6	150	75,8	47	404,4	253	480,2	300	+239,6	+ 150	+ 100%	LOUE
VUILLAFANS	163	7,2	234,1	144	77,1	47	207,2	127	284,3	174	+ 50,2	+ 30	+ 21%	LOUE
	2317 km ²		3190 · 10 ⁶ m ³		1091 · 10 ⁶ m ³		2109 · 10 ⁶ m ³		3200 · 10 ⁶ m ³		+ 10 · 10 ⁶ m ³			
			137 cm		471 cm		910 cm		1381 cm		+ 0,4 cm			
											+ 0,3 %			

- bassin versant partiel de GOUMOIS (137 km²) :

$$183,6 \cdot 10^6 \underset{P}{m^3} = 42,2 \cdot 10^6 \underset{Q}{m^3} + 61,9 \cdot 10^6 \underset{E}{m^3} + 79,5 \cdot 10^6 \underset{\Delta q}{m^3}$$

- bassin versant partiel d'OCOURT (128 km²) :

$$159,0 \cdot 10^6 \underset{P}{m^3} = 158,3 \cdot 10^6 \underset{Q}{m^3} + 58,9 \cdot 10^6 \underset{E}{m^3} - 58,2 \cdot 10^6 \underset{\Delta q}{m^3}$$

- bassin versant partiel de SAINT-HIPPOLYTE -affluent : Dessoubre (568 km²) :

$$729,3 \cdot 10^6 \underset{P}{m^3} = 392,1 \cdot 10^6 \underset{Q}{m^3} + 276,0 \cdot 10^6 \underset{E}{m^3} + 61,2 \cdot 10^6 \underset{\Delta q}{m^3}$$

- bassin versant partiel de DAMPJOUX (233 km²) :

$$277,0 \cdot 10^6 \underset{P}{m^3} = 139,6 \cdot 10^6 \underset{Q}{m^3} + 116,9 \cdot 10^6 \underset{E}{m^3} + 20,5 \cdot 10^6 \underset{\Delta q}{m^3}$$

Les "bilans hydrologiques partiels", moyens, annuels du haut-bassin de la Loue sont :

- bassin versant partiel de MOUTHIER (160 km²) :

$$240,6 \cdot 10^6 \underset{P}{m^3} = 404,4 \cdot 10^6 \underset{Q}{m^3} + 75,8 \cdot 10^6 \underset{E}{m^3} - 239,6 \cdot 10^6 \underset{\Delta q}{m^3}$$

- bassin versant partiel de VUILLAFANS (163 km²) :

$$234,1 \cdot 10^6 \underset{P}{m^3} = 207,2 \cdot 10^6 \underset{Q}{m^3} + 77,1 \cdot 10^6 \underset{E}{m^3} - 50,2 \cdot 10^6 \underset{\Delta q}{m^3}$$

L'ensemble des "bilans hydrologiques partiels", moyens, annuels des hauts-bassins du Doubs et de la Loue, résumé dans le tableau 5322, fait apparaître plusieurs conclusions importantes :

- Le bilan global des hauts-bassins du Doubs et de la Loue est équilibré : la somme algébrique des Δq (débit des circulations karstiques) des différents bassins versants élémentaires est nulle à 0,32% près. Cet ensemble peut donc être considéré, statistiquement, à l'échelle annuelle, et en tenant compte de la marge d'erreur de 20% admise ci-dessus (voir § 5321), comme

une unité hydrologique à deux exutoires : le Doubs et la Loue.

Ceci n'exclut pas la possibilité de communications karstiques avec les unités hydrologiques voisines mais la somme algébrique des volumes d'eau intéressés par ces circulations karstiques ne peut qu'être englobée dans la marge d'erreur admise, donc d'une importance réduite par rapport aux communications mises en évidence ci-dessous.

- Deux bassins versants élémentaires voisins présentent l'un un déficit, l'autre un excès des écoulements par rapport à la différence précipitations - évapotranspiration : GOUMOIS (-43%) et OCOURT (+37%). Il faut vraisemblablement en rechercher la cause dans la présence d'un sous-écoulement karstique important et d'une petite nappe alluviale au niveau de GOUMOIS. Ceci n'est qu'une hypothèse qui ne pourra être confirmée que par des arguments "de terrain". Il apparaît cependant comme important de n'utiliser les débits jaugés à la station de GOUMOIS qu'avec la plus grande prudence.

- Le bassin versant de la station de MOUTHIER présente un très grand déséquilibre de la somme débits + évapotranspiration par rapport aux précipitations : 100%. L'alimentation de la source de la Loue par les pertes du Doubs est un fait établi depuis 1901 : FOURNIER (1919) distingue différents groupes de pertes :

- les pertes au niveau de la ville de PONTARLIER : pertes dans le lit du Doubs en face de l'usine PERNOD, puits perdus dans les caves de cette usine - dans lesquels, lors de l'incendie de 1901, se sont écoulées les essences et l'absinthe qui ont été retrouvées à la source de la Loue -, pertes près du pont des AUGUSTINS ;

- les pertes en aval de PONTARLIER, sur le territoire des communes de DOUBS, d'ARCON et de MAISONS-DU-BOIS. Ces dernières ont fait l'objet de la coloration effectuée le 31 août 1910 par les professeurs MARTEL et FOURNIER, le docteur MARECHAL

et l'Ingénieur BLAISE à l'aide de 100 kg de fluorescéine :

" la coloration est allée ressortir entièrement à la source de la Loue où elle est apparue le 3 septembre, vers huit heures du matin et où elle a persisté pendant trois jours, colorant tout le cours de la rivière jusqu'à QUINGEY". (FOURNIER)

- les pertes situées sur le bassin du Drugeon : pertes sur le territoire de la commune de BOUVERANS au lieu-dit "au lac", en relations avec le réseau souterrain du puits de JARDELLE ; pertes au lieu dit "au-delà du Drugeon" sur le territoire de la commune du Doubs etc.

L'attention s'est principalement portée sur le groupe de pertes entre PONTARLIER et ARCON, qui sont situées sur le bassin versant partiel de REFRAIN lequel apparaît équilibré, aux erreurs de mesure près. Les bassins versants partiels situés en amont de PONTARLIER et correspondant aux stations de jaugeage de LABERGEMENT et de PONTARLIER présentent par contre un déficit très important de la somme débits + évapotranspiration par rapport aux précipitations : ce sont donc les bassins versants élémentaires de LABERGEMENT et de PONTARLIER qui fournissent l'essentiel du débit de la résurgence de la Loue. Un pourcentage d'environ 30% de l'eau précipitée sur ces bassins versants s'infiltrerait directement dans les fissures du Jurassique supérieur pour rejoindre les réseaux karstiques et échappe ainsi au ruissellement superficiel. Faut-il penser qu'il s'agisse d'une circulation karstique guidée préférentiellement par les grands accidents qui cisailent la région (décrochement de PONTARLIER par exemple) . Le degré de karstification du calcaire du Jurassique supérieur est-il suffisant pour être au contraire la seule cause de ces importantes intercommunications ? Une réponse à ces questions ne peut être apportée que par une étude de terrain, appuyée par une campagne colo-

rimétrique, qui sort du cadre de ce travail.

Pour une année moyenne 1961-1965, $5,15 \text{ m}^3/\text{s}$ soit 40% du débit moyen total de la résurgence de la Loue proviennent du bassin du Doubs en amont de PONTARLIER.

5323 - "Bilans hydrologiques partiels", moyens, annuels du bassin inférieur de la Loue

Les "bilans hydrologiques partiels", moyens, annuels du bassin inférieur de la Loue (voir tableau 5323) s'écrivent :

$$- \text{bassin versant partiel de CHENECEY (847 km}^2\text{)} :$$

$$1 \underset{\text{P}}{113,7} \cdot 10^6 \text{ m}^3 = \underset{\text{Q}}{750,5} \cdot 10^6 \text{ m}^3 + \underset{\text{E}}{442,1} \cdot 10^6 \text{ m}^3 - \underset{\Delta q}{78,9} \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$- \text{bassin versant partiel de PORT-LESNEY (209 km}^2\text{)} :$$

$$244,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = \underset{\text{Q}}{56,4} \cdot 10^6 \text{ m}^3 + \underset{\text{E}}{109,1} \cdot 10^6 \text{ m}^3 + \underset{\Delta q}{78,6} \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Le bilan global du bassin inférieur de la Loue (bassin partiel de CHENECEY + bassin partiel de PORT-LESNEY) est équilibré : le bassin inférieur de la Loue peut être considéré comme une unité hydrologique. Des résurgences qui proviennent des unités voisines par l'intermédiaire du faisceau de MAMIROLLE sont cependant connues, le bilan fait apparaître que les volumes d'eau qu'elles intéressent ne doivent pas dépasser la marge d'erreur admise (voir § 531). Des échanges souterrains sembleraient avoir lieu du bassin versant topographique de PORT-LESNEY à celui de CHENECEY; ceci n'est, dans l'état actuel de nos connaissances que l'hypothèse la plus simple expliquant le déséquilibre constaté.

5324 - "Bilan hydrologique partiel", moyen, annuel du bassin inférieur du Doubs

Le "bilan hydrologique partiel",

ELEMENTS DES "BILANS HYDROLOGIQUES PARTIELS" MOYENS ANNUELS DU BASSIN INFERIEUR DE LA LOUE (1961-1965)

STATION DE JAUGEAGE	S	t	P		E TURC		Q		Q + E		q			COURS D'EAU
	km ²	°C	10 ⁶ m ³	cm	10 ⁶ m ³	cm	10 ⁶ m ³	cm	10 ⁶ m ³	cm	10 ⁶ m ³	cm	% de P	
CHENECEY	847	9,1	1113,7	131	442,1	52	750,5	88	1192,6	140	+ 78,9	+ 9	+ 7%	LOUE
PORT-LESNEY	209	9,1	244,1	117	109,1	52	56,4	27	165,5	79	- 78,6	- 37	- 32%	LOUE
	↓		↓		↓		↓		↓		+ 0,3.10 ⁶ m ³ + 0 cm + 0,2 %			
	1056 km ²		1358.10 ⁶ m ³		551.10 ⁶ m ³		807.10 ⁶ m ³		1358.10 ⁶ m ³		128 cm			
				128 cm		52 cm		76 cm		128 cm				

ELEMENTS DU "BILAN HYDROLOGIQUE PARTIEL" MOYEN ANNUEL DU BASSIN INFERIEUR DU DOUBS (1961-1965)

ROCHEFORT	2975	9,3	3216,5	108	1523,2	51	1273,9	43	2797,1	94	- 419,4	- 14	- 13%	DOUBS
-----------	------	-----	--------	-----	--------	----	--------	----	--------	----	---------	------	-------	-------

moyen, annuel du bassin inférieur du Doubs, c'est-à-dire du bassin partiel de ROCHEFORT, est (voir tableau 5323) :

$$\underset{P}{3\ 216,5.10^6\ m^3} = \underset{Q}{1\ 273,9.10^6\ m^3} + \underset{E}{1\ 523,2.10^6\ m^3} + \underset{\Delta Q}{419,4.10^6\ m^3}$$

Le déficit des écoulements et de l'évapotranspiration par rapport aux précipitations est de 13%. Ce pourcentage est trop faible pour être significatif ; il souligne pourtant une erreur dans l'estimation des différents facteurs du bilan qui peut être due :

aux difficultés d'appréciation de la lame d'eau précipitée en raison de la faible densité des postes pluviométriques, principalement sur le versant sud des Vosges ;

aux volumes d'eau utilisés par la navigation et par les agglomérations, qui n'apparaissent pas dans le bilan.

533 - Conclusion

5331 - Grandes unités hydrogéologiques

L'étude du bassin du Doubs par la méthode des "bilans hydrologiques partiels" a permis d'individualiser deux unités hydrologiques dont le bilan est "statistiquement" équilibré (1) :

- l'unité hydrologique des hauts-bassins du Doubs et de Loue
- l'unité hydrologique du bassin inférieur de la Loue

Ces deux unités se rattachent aux grands ensembles lithologiques et structuraux définis ci-dessus (voir § 522) :

- l'unité hydrologique des hauts-bassins du Doubs et de la Loue est essentiellement constituée par le Jurassique supérieur calcaire. Au point de vue structural, elle comprend toute la région plissée du Jura interne et la zone tabulaire des plateaux

(1) Sans introduire de débits souterrains aux limites.

de LEVIER et de MAICHE. Elle est limitée à l'Ouest par le faisceau salinois qu'elle déborde au Nord-Ouest pour englober le plateau de PIERREFONTAINE jusqu'à sa limite avec le plateau d'ORNANS. Au Nord elle est bordée par les anticlinaux du Lomont et du CLOS-DU-DOUBS. Ces limites structurales peuvent, "statistiquement" et en tenant compte de la marge d'erreur admise, être considérées comme étanches.

L'unité hydrologique des hauts-bassins du Doubs et de la Loue apparaît donc comme une unité lithologique, à l'intérieur de laquelle s'effectuent de très importantes circulations karstiques, non comme une unité structurale.

La superficie de cette unité est de $2\,317\text{ km}^2$; elle reçoit en moyenne 137 cm d'eau par an ; son évapotranspiration moyenne annuelle est voisine de 47 cm, elle varie de 45 cm pour le Haut-Jura à 50 cm pour la région de DAMPJOUX. Cette unité possède deux exutoires : le Doubs à DAMPJOUX (débit moyen annuel : $47,5\text{ m}^3/\text{s}$) et la Loue à VUILLAFANS (débit moyen annuel : $19,4\text{ m}^3/\text{s}$) ; son module spécifique d'écoulement est de $28,8\text{ l/s/km}^2$.

- l'unité hydrologique du bassin inférieur de la Loue, de VUILLAFANS à PORT-LESNEY, s'étend, dans sa partie est et sud-est sur l'ensemble calcaire du Jurassique supérieur ; dans sa partie ouest sur l'ensemble calcaire du Jurassique moyen. Elle est limitée à l'Est par le faisceau salinois qu'elle déborde au Sud pour englober une partie du plateau de LEVIER, à l'Ouest par le faisceau bisontin. Sa limite septentrionale traverse le plateau de MONTROND, suit le faisceau de MAMIROLLE et passe dans le Nord du plateau d'ORNANS.

Cette unité hydrologique, entièrement développée sur l'unité structurale du Jura externe, ne constitue donc pas une unité stratigraphique. Sa superficie est de $1\,056\text{ km}^2$; elle reçoit en moyenne 128 cm d'eau par an ; son évapotranspiration moyenne annuelle est de 52 cm. Cette unité est traversée par la Loue (débit moyen annuel à VUILLAFANS : $19,4\text{ m}^3/\text{s}$, à PORT-LESNEY : $44,98\text{ m}^3/\text{s}$) ; son

module spécifique d'écoulement est de 19,9 l/s/km².

La grande étendue géographique, l'hétérogénéité lithologique et structurale, l'imprécision du bilan du bassin inférieur du Doubs ne permettent pas, à partir des stations de jaugeage existantes, d'y dégager des unités hydrogéologiques simples.

5332 - Bassins versants partiels géologiques des hauts-bassins du Doubs et de la Loue.

Les bassins versants topographiques tels qu'ils ont été définis et utilisés ci-dessus (voir § 5321) n'ont, à l'intérieur de l'unité hydrogéologique des hauts-bassins du Doubs et de la Loue, aucune valeur. Les circulations karstiques déterminées par la seule géologie modifient en effet considérablement les surfaces de ces bassins.

La superficie moyenne d'un bassin versant partiel peut être évaluée, en considérant la répartition des précipitations comme homogène sur l'ensemble du Jura septentrional, à partir de son bilan hydrologique établi pour sa superficie topographique s :

$$s = \frac{Q}{P - E}$$

avec : s = surface réelle en km²

Q = débits en 10³m³

P = précipitations moyennes en mm (sur S)

E = évapotranspiration moyenne en mm (sur S)

Le tableau 5332 résume l'ensemble des résultats obtenus.

Le bassin d'alimentation moyen de la résurgence de la Loue serait de 392 km² dont 232 km² sont situés sur les différents bassins versants du haut Doubs et vraisemblablement sur le bassin versant du Dessoubre.

BASSINS VERSANTS PARTIELS GEOLOGIQUES DES HAUTS BASSINS DU DOUBSET DE LA LOUE

BASSIN VERSANT PARTIEL	SUPERFICIE TOPOGRAPHIQUE S	SUPERFICIE	DIFFERENCE (S - s)
LABERGEMENT	171	105	-66
PONTARLIER	179	99	-80
REFRAIN	578	563	-15
GOUMOIS	137	47	-90
OCOURT	128	202	+74
DAMPJOUX	233	203	-30
ST HIPPOLYTE	568	491	-77
MOUTHIER	160	392	+232
VUILLAFANS	163	215	+52
TOTAL	2317	2317	0

Si la superficie des bassins versants géologiques des cours d'eau peut ainsi très approximativement être déterminée, la multiplicité des points de pertes, l'étendue et la complexité des réseaux karstiques ne permettent pas, dans l'état actuel des recherches, de les délimiter avec précision sur le terrain.

5333 - Bassins versants partiels géologiques du bassin inférieur de la Loue.

La superficie moyenne des bassins versants partiels de CHENECEY et de PORT-LESNEY peut être évaluée de la même façon que ci-dessus (voir § 5332) à 946 km² pour CHENECEY (soit 99 km² de plus que la superficie topographique) et 87 km² pour PORT-LESNEY (soit 122 km² de moins que la superficie topographique).

L'erreur dans l'estimation des superficies moyennes des bassins versants est due au fait que les précipitations sont, sur les premiers versants du Jura, moins homogènes que dans la haute vallée du Doubs.

6 - ESSAI D'ETUDE DU REGIME DE TARISSEMENT DE LA SOURCE DE LA LOUE

61 - INTRODUCTION

La source de la Loue (x = 901,2 - y = 231 - altitude = 535m) est la plus importante résurgence du Jura.

C'est une source "de karst" dont le bassin d'alimentation superficiel, développé sur les calcaires du Jurassique supérieur des plateaux d'OUHANS et de LEVIER est très différent du bassin d'alimentation réel en raison d'apports d'eau très importants par les pertes du haut bassin du Doubs et de celui du Drugeon en relations avec un réseau souterrain très complexe.

Un essai d'évaluation quantitative des volumes d'eau intéressés annuellement par les circulations karstiques a été tenté (voir ci-dessus § 5).

La source de la Loue est une source pérenne ; son débit d'étiage est de l'ordre de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, son débit de crue peut atteindre $90 \text{ m}^3/\text{s}$.

Une station de jaugeage (usine hydroélectrique de MOUTHIER) a été aménagée par Electricité de France, en aval de la résurgence. Les débits calculés par Electricité de France sont les débits turbinés au-dessous de $18,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (débit maximum turbinable); une restitution à la rivière de 250 l/s , dont il est tenu compte dans les calculs, étant effectuée. Au-dessus de $18,6 \text{ m}^3/\text{s}$, le débit non turbinable est évalué d'après la hauteur d'eau déversée. Les services intéressés d'Electricité de France estiment que les débits naturels inférieurs à $18 \text{ m}^3/\text{s}$, sont affectés d'une erreur de l'ordre de 5%, celle-ci atteignant 25% pour les débits naturels supérieurs à $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il est enfin important d'insister sur le fait que les débits naturels mesurés à l'usine peuvent être exactement confondus avec les débits naturels de la résurgence, au niveau de laquelle se situe la retenue.

J'ai eu à ma disposition les relevés des débits moyens journaliers pour la période allant du 1er janvier 1945 au 31 décembre 1965.

Afin de donner une image précise du régime général de la résurgence, ces relevés ont été traduits en graphiques (à échelle semi-logarithmique) (voir figures 61.1 à 21). Sur ces graphiques ont été reportées (échelle arithmétique) les hauteurs des précipitations journalières de la station pluviométrique d'OUHANS, la plus proche de la source de la Loue.

Les relevés pluviométriques qui m'ont été confiés par le Service hydrométéorologique d'Electricité de France débutent

le 30 mai 1949. Je n'ai pas retenu, par suite d'une légère incertitude, les relevés de l'année 1950.

J'ai cherché à exploiter l'ensemble de ces données hydrométéorologiques afin d'essayer d'une part de préciser le régime de vidange de la source et d'autre part d'établir, selon la méthode BERKALOFF-TIXERONT, le bilan d'eau de son système aquifère.

62- RESULTATS

La répartition mensuelle régulière des précipitations dans le Jura n'a pas rendu possible, sur les 21 années étudiées, de dégager des périodes sèches suffisamment longues pour permettre une étude des courbes de tarissement de la Loue. De plus, l'hétérogénéité géologique et climatique du bassin versant de la résurgence de la Loue et les différents modes d'alimentation de ses réserves sont susceptibles de fausser l'interprétation des relations entre précipitations et débits.

Quelques périodes "relativement" sèches ont cependant été retenues mais il est apparu très nettement qu'il était impossible de déterminer une courbe unique de tarissement pour la source de la Loue.

L'établissement du bilan d'eau du système aquifère de la Loue, par la méthode BERKALOFF-TIXERONT, a été tenté mais l'impossibilité de déterminer une expression unique, représentative de ce bilan - due à l'absence de périodes pluvieuses et sèches tranchées - nous conduit à conclure que cette méthode ne peut s'appliquer ici, les conditions favorables à son emploi n'étant pas réalisées.

Nous pouvons cependant remarquer que l'influence d'une pluie se manifeste très rapidement à la source (1 jour ou moins).

63 - CONCLUSION

La tentative d'emploi des méthodes d'étude du régime de tarissement et d'évaluation du bilan d'eau de la resurgence de la Loue n'a pas donné de résultat satisfaisant, les conditions favorables à leur utilisation n'étant pas réalisées.

7 - CONCLUSIONS GENERALES

L'ensemble des résultats auxquels a abouti la présente étude est résumé sous forme d'une planche de synthèse (voir figure 7) dont le but est de présenter les relations entre la géologie et l'hydrologie du bassin du Doubs. Le fond de cette planche est constitué par un schéma lithologique et structural du bassin du Doubs où sont distingués, selon l'exposé fait ci-dessus (voir § 522) les principaux ensembles perméables du Jura septentrional :

-ensemble du Jurassique moyen calcaire (plateaux entre Doubs et Ognon (8) ; faisceau bisontin (10) ; région tabulaire entre les faisceaux bisontin (10) et de MAMIROLLE (12) ; plateau de LONS-LE-SAUNIER (9) ;

-ensemble du Jurassique supérieur calcaire (Jura interne (15), plateaux de LEVIER (2) et de MAICHE (3), d'AMANCEY (1), d'ORNANS (5) et de PIERREFONTAINE (6) ; structure de l'ISLE SUR LE DOUBS (7)).

Des figurés différents sont adoptés selon qu'il s'agit de régions tabulaires ou de régions plissées et les principaux accidents tectoniques sont portés. Sur ce schéma géologique, les principaux équipements météorologiques et hydrométriques qui ont permis la réalisation de cette étude sont présentés :

- postes pluviométriques et thermométriques,,
- stations de jaugeage ;

ainsi que les tracés des bassins versants topographiques "partiels" des différentes stations de jaugeage et leurs superficies.

bassin du doubs

LEGENDE

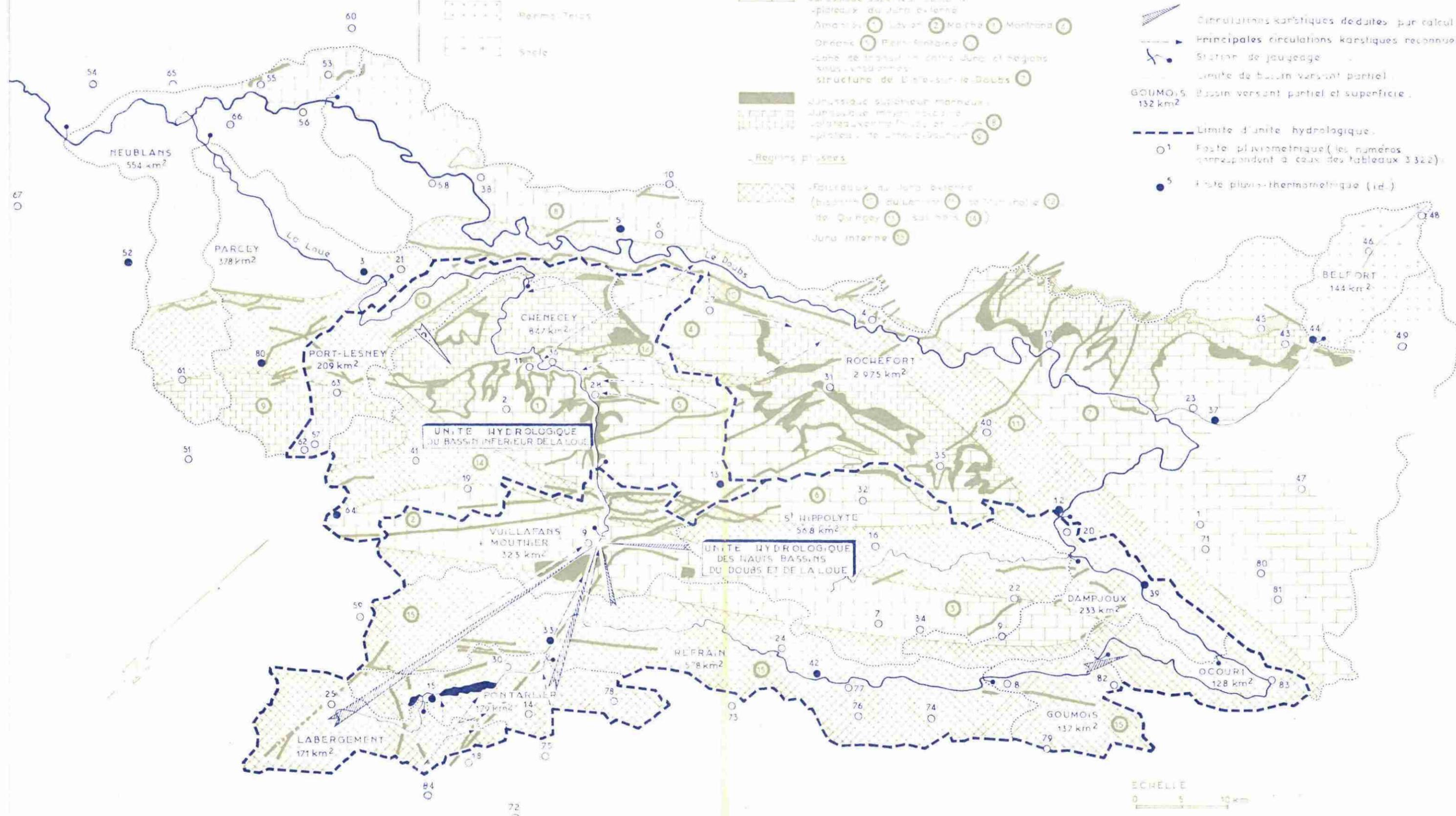
DOMAINE NON KARSTIQUE

- Formations alluviales plio-quaternaires
- Lias
- Permian-Trias
- Shale

DOMAINE KARSTIQUE

- Régions tabulaires
 - Jurassique supérieur plateau -plateaux du Jura externe (Amanvois, Lévain, Maïna, Montbana, Orens, Pâris-Fontaine)
 - Zone de transit entre Jura et régions sous-jacentes - structure de Dôle-sur-le-Doubs
 - Jurassique moyen plateau - plateaux de la Franche-Comté et Jura septentrional - structure de l'Unité de Goumois
- Régions plissées
 - Plateaux du Jura externe (bassin de Belfort, de Trun, de la Vallée de Quingey, de Salin, de Jura interne)

- Cours d'eau
- Conduits karstiques déduits par calcul
- Principales circulations karstiques reconnues
- Station de jaugeage
- Limite de bassin versant partiel
- Bassin versant partiel et superficiel
- Limite d'unité hydrologique
- Poste pluviométrique (les numéros correspondent à ceux des tableaux 3 322)
- Poste pluviométrique-thermométrique (id.)



ECHELLE
0 5 10 km

L'établissement des bilans hydrologiques partiels des différents bassins versants topographiques qui constituent le bassin du Doubs a mis en évidence les zones qui participent soit à l'alimentation soit à la vidange du karst et a permis l'évaluation quantitative des circulations karstiques. Cette planche résume les principales conclusions auxquelles ce travail permet d'arriver :

- schéma des principales circulations karstiques mises en évidence :

- alimentation de la source de la Loue par le haut-bassin du Doubs en amont de PONTARLIER (bassins versants partiels de LABERGEMENT et de PONTARLIER) ; le débit global, moyen, annuel, des pertes de ce haut-bassin représentant 40% du débit moyen de la résurgence ;

- communications souterraines démontrées par le calcul entre les bassins versants partiels de GOUMOIS et d'OCOURT et circulations probables entre les bassins versants de PORT-LESNEY et de CHENECEY ;

- tracé des grandes unités hydrogéologiques définies :

- unité hydrologique et lithologique des hauts-bassins du Doubs et de la Loue (superficie : 2 317 km², précipitations moyennes 137 cm par an, évapotranspiration moyenne annuelle 47 cm, module spécifique d'écoulement : 28,8 l/s/km²) ;

- unité hydrologique et structurale du bassin inférieur de la Loue (superficie : 1 056 km², précipitations moyennes : 128 cm par an, évapotranspiration moyenne annuelle ; 52 cm, module spécifique d'écoulement : 19,9 l/s/km²).

BIBLIOGRAPHIE

=====

ALESSANDRELLO E. (1963) : Etude hydrogéologique de la région de Nérac et Mezin (Lot-et-Garonne).

Thèse 3eme cycle, Université de Bordeaux

1 vol., 141 p., 48 p.h.t., 25 fig., 7 cartes.

ANNALEN DER SCHWEIZERISCHEN METEOROLOGISCHEN ZENTRAL-ANSTALT. (publication annuelle).- Zurich, Suisse.

ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA FRANCE. (publication annuelle).- Société hydrotechnique de France, 199 rue de Grenelle Paris.

ANNUAIRE DES STATIONS DE JAUGEAGE EXPLOITEES PAR LES CIRCONSCRIPTIONS ELECTRIQUES. (publication annuelle depuis 1961).- Ministère de l'industrie, Paris.

ARLERY R. (1961). - La durée d'insolation en France (1946-1960). Monographies de la Météorologie nationale N°24, Paris, Météorologie nationale, oct. 1961, 24 p. 3 tab., 13 cartes.

ARLERY R., GARNIER M., LANGLOIS R. (1954). - Application des méthodes de Thornthwaite à l'esquisse d'une description agromomique du climat de la France. La météorologie, oct. - déc. 1954.

ARLERY R., GRISOLLET H., GUILMET B. (1962). - Climatologie, méthodes et pratiques. Monographies de Météorologie, Paris, Gauthier-Villars, 404 p., 110 fig., 73+7 tab.†., et h.t., réf.

- BAILLAUD R. (1954-55-56-57). - Climatologie comtoise et jurassienne.
Annales scientifiques de l'Université de
Besançon, fasc. 1,2,3.
- BERGER E. (1951). - Le climat du Doubs.
Annales scientifiques de l'Université de
Besançon hors-texte.
- BERGER E. (1953). - Les grandes inondations du Doubs au cours des
siècles passés.
Annales scientifiques de l'Université de Besançon
- BERGER E., CHAUSSARD M. (1959). - Etude sur la répartition des précipi-
tations dans le département du Jura, en fonction
de l'altitude.
Revue de géographie alpine, Grenoble, t. 47,
N° 1, p. 97-102, 6 fig.
- BERKALOFF E. (1966). - Limite de validité des formules courantes de ta-
rissement du débit.
Paris, BRGM, DS 66 A 29, 22 p., 3 fig.
- BIBLIOGRAPHIE HYDROGEOLOGIQUE DE L'ANNEE 1964 (1965). - Paris, BRGM,
DS 65 A 12, 32 p.
- BIBLIOGRAPHIE HYDROGEOLOGIQUE DE L'ANNEE 1965 (1966). - Paris, BRGM,
DS 66 A 58, 72 p.
- BIBLIOGRAPHIE HYDROGEOLOGIQUE DE L'ANNEE 1966 (1967). - Orléans, BRGM,
DS 67 A 62, 86 p.
- BILLY G. Etude des courbes normales de dispersion :
éléments de statistique à l'usage des natura-
listes. Paris, centre de documentation universi-
taire.

- BLAVOUX B. (1965). - Les sources minérales d'Evian. Etude climatologique, hydrogéologique et hydrochimique des formations fluvioglaciales quaternaires du Bas-Chablais. Thèse 3ème cycle, Université de Paris, 1 vol., 366 p., 93 fig., 22 tabl., 3 pl. h.t.
- BLAVOUX B., DUSSART B., MANEGLIER H. (1962). - La région du Léman du point de vue hydrométéorologique.
Suisse, Globe, t. 102, p. 49-68, 7 fig.
- BOURGOGNE : PLAN REGIONAL DE DEVELOPPEMENT ET D'AMENAGEMENT (1964) . - Paris, journal officiel de la République française.
- BRACHET, GOUBET, CHERET (1966). - Note sur l'évaluation des ressources et des besoins en eau.
- BULLETIN ANNUEL DE METEOROLOGIE ET CLIMATOLOGIE. - Commission météorologique départementale, département du Doubs.
- BULLETIN ANNUEL DE METEOROLOGIE ET CLIMATOLOGIE. - Commission météorologique départementale, département du Jura.
- BULLETIN ANNUEL DE METEOROLOGIE ET CLIMATOLOGIE . - Commission météorologique départementale, département de la Haute-Saône.
- BULLETIN ANNUEL DE METEOROLOGIE ET CLIMATOLOGIE . - Section de climatologie Territoire-de-Belfort.
- BULLETIN ANNUEL DE L'ETABLISSEMENT CENTRAL DE LA METEOROLOGIE . -
1er partie : Météorologie générale (caractères du temps en France).

2eme partie : Tableaux climatologiques.
Paris, Météorologie nationale.

- BURGER A. (1959). - Hydrogéologie du bassin de l'Areuse (Jura suisse). Thèse, Université de Neuchâtel. P. Attinger, 304 p., fig., pl., cartes dépl. h.t.
- CAIRE A. (1963). - Problèmes de tectonique et de morphologie jurassienne.
Paris, Société géologique de France, Mémoire hors-série, livre à la mémoire du Professeur P. Fallot consacré à l'évolution paléogéographique et structurale des domaines méditerranéens et alpins d'Europe, imp. Priaster, p. 105-158, 17 fig., réf.
- CAQUINEAU X. (1962). - Le grand canal du Rhône au Rhin, étude géologique des principaux ouvrages entre Bourgogne (Territoire-de-Belfort) et Saint-Symphorien-sur-Saône (Côte-d'Or). Thèse 3eme cycle, Université de Besançon, 197 p., 49 fig.
- CARTES GEOLOGIQUES AU 1/80 000 ET 1/50 000 . - voir tableau 222.
- CARTES TOPOGRAPHIQUES AU 1/100 000 , 1/200 000 ET 1/50 000. - voir tableaux 221 a et 221 b.
- CASPAR P., DUCLAY J. (1964). - Bilans hydrologiques pour 27 bassins français. Monographies de la Météorologie nationale N° 37, Paris, Météorologie nationale, nov. 1964, 34 p., tab., fig., cartes.

- CASTANY G. (1960). - Etude de l'infiltration.
Colloque sur les problèmes relatifs à la nappe
de la craie, Douai-Lille, p. 227-281.
- CASTANY G. (1962). - Traité pratique des eaux souterraines.
Paris, Dunod, 657 p., fig., réf.
- CASTANY G. (1966). - Etablissement de bilan hydrique dans les mas-
sifs calcaires de Tunisie.
Paris, éditions du BRGM, chronique hydrogéolo-
gique, N° 7, p. 79-83.
- CASTANY G., MARGAT J. (1964). - Les cartes hydrologiques. Essai de défini-
tion.
Paris, BRGM DS 64 A 59⁴⁰, 13 p.
- CHAUVE P. (1959). - Bibliographie géologique du Jura français.
Annales scientifiques de l'Université de
Besançon, 2eme série, géologie, fasc. 9, p. 103-
119.
- COLLE R. (1949). - Le bassin du Doubs.
Annales scientifiques de l'Université de
Besançon, 1er série, t. IV, p. 26-52.
- COLLE R. (1952). - Le bassin du Doubs (suite).
Annales scientifiques de l'Université de
Besançon, 1er série, t.VI-VII, p. 1-18.
- COLLIN J.J. (1968) . - Connaissance de l'hydrogéologie de la plaine
Saône-Doubs.
Orléans, BRGM.

- COLLIN J.J., DELAROZIERE O., LEBLANC M., LEGRAND D. (1968). - Abaque de détermination pratique de l'évapotranspiration réelle annuelle selon la formule de TURC. Lyon, BRGM, SGR JURA ALPES, 68 SGL 067 HYD, 5 p., 1 abaque.
- COTTEZ S. (1967). - Applications hydrogéologiques de l'analyse des hydrogrammes des cours d'eau. Orléans, BRGM, DS 67 A 42, 24 p., 7 fig.
- DARVES-BORNOZ R., LECARPENTIER C., BESANVAL G. (1964). - Etude fréquentielle des besoins en eau d'irrigation en France métropolitaine. Paris, Ministère de l'Agriculture, Direction générale du Génie Rural et de l'Hydraulique agricole. Section technique centrale de l'aménagement des eaux, 2 vol. , fasc. I : 171 p., tableaux
fasc. II : 11 p., 13 cartes
- DASSONVILLE G. - Essai de bilan hydrologique du bassin de l'Escaut; Paris, BRGM, A 8.
- DEVUN P. (1967). - Etude pluviométrique de l'impluvium de la Fontaine de Vaucluse. Orléans, BRGM, DS 67 A 137, 33 p., 17 fig.
- DREYFUSS M. (1957). - Conditions de drainage et d'assèchement de quelques régions marécageuses du Jura franc-comtois. Bulletin de la Société géologique de France, (6) VII, p. 965-976.
- DREYFUSS M. (1957). - Contribution à l'étude hydrogéologique du marais de Saône. Annales scientifiques de l'Université de Besançon 2eme série, géologie, fasc. 7, p. 3-20.

- DREYFUSS M. (1963). - Principe d'une méthode d'étude des réseaux karstique par corrélation des débits.
Bulletin de la Société d'histoire naturelle du Doubs, n°65, fasc. 3-4, p. 53-56.
- DREYFUSS M. (1964). - Quelques caractères hydrologiques des plateaux entre Loue, Doubs et Audeux.
Terre, N° 13, t. II, N° 30-33.
- DREYFUSS M. , GLANGEAUD L. (1950). - La vallée du Doubs et l'évolution morpho-tectonique de la région bisontine.
Annales scientifiques de l'Université de Besançon, 1er série, géologie, t. 5, fasc. 2
p. 1-16, 4 fig., 1 tabl.
- DREYFUSS M. , VANCON J.P. (1965). - Identification de caractères propres aux écoulements en pays karstiques, par corrélation des débits.
Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, t. 260, N°8, p. 2270-2271.
- FONTAINE P. (1964). - Considérations sur le bilan hydrologique, bassins fluviaux de moyenne importance.
Monographies de la Météorologie nationale N°37
Paris, Météorologie nationale, oct. 1964, 11 p. tabl., fig.
- FORKASIEWICZ J., PALOC H. (1965). - Le régime de tarissement de la Foux de la Vis. Etude préliminaire. Commune de Vissec, Gard. Paris, BRGM, DS 65 A 84, 13 p. 43 fig.

- FOURNIER E. (1900). - Les réseaux hydrographiques du Doubs et de la Loue dans leurs rapports avec la structure géologique.
Annales de géographie, 15 mai 1900, N°49,
p. 219-228.
- FOURNIER E. (1913). - Le Doubs et la Loue : communication des pertes du Doubs avec la Loue. Expérience de coloration de 1910, notice historique et descriptive.
- FOURNIER E. (1919). - Gouffres, grottes, cours d'eau souterrains, résurgences, exurgences et sources du département du Doubs. Essai de statistique géologique, spéléologique, hydrologique et paléthnologique des communes du département.
Besançon, imp. Jacques et Demontrond, 303 p.
- FOURNIER E. (1926). - Explorations souterraines et recherches hydrogéologiques en Franche-Comté. Les eaux souterraines : sources, résurgences, exurgences et nappes aquifères.
Besançon, imp. de l'Est, 222 p., fig.
- FOURNIER E. (1928). - Explorations souterraines et recherches hydrologiques en Franche-Comté.
A- Phénomènes d'érosion et de corrosion spéciaux aux terrains calcaires.
B- Applications scientifiques et pratiques de l'hydrologie souterraine.
Besançon, imp. de l'Est, 350 p., fig.
- FRANCHE-COMTE : PLAN REGIONAL DE DEVELOPPEMENT ET D'AMENAGEMENT (1961). - Paris, journal officiel de la République française.

- GACHON L. (1953). - L'hydrographie du Jura, hydrographie karstique et hydrographie superficielle.
Besançon, Bulletin de la Société d'histoire naturelle du Doubs, N°57, p.85-86.
- GARNIER M. (1963). - Nombre moyen de jours de précipitations en France.
I. Période 1921-1950.
II. Période 1931-1960
Monographies de la Météorologie nationale N°29, Paris, Météorologie nationale, oct. 1963, 41 p., fig., tabl., cartes.
- GARNIER M. (1964). - Valeurs normales des températures en France (1921-1950).
Monographies de la Météorologie nationale, N°30 Paris, Météorologie nationale, mars 1964, 48 p. tabl.
- GARNIER M. (1966). - Climatologie de la France, éléments de la variation diurne.
Mémorial de la Météorologie nationale, N°51, Paris, Météorologie nationale, 1966, 149 p. tabl.
- GARNIER M. (1966). - Valeurs normales des hauteurs de précipitations en France.
I. Période 1931-1960
II. Période 1901-1950
Monographies de la Météorologie nationale N°55, Paris, Météorologie nationale, sept. 1966, 110 p., tabl., fig.
- GARNIER M. (1967). - Climatologie de la France, sélection de données statistiques.
Mémorial de la Météorologie nationale, N°50

- Paris, Météorologie nationale, 1967, 294 p.,
tabl., 1 carte h.t., 27 réf.
- GEZE B. (1966). - Les conditions hydrogéologiques des roches
calcaires. Paris, éditions du BRGM, chronique
hydrogéologique, N°7, p. 9-39.
- GLANGEAUD L. (1948). - Nouvelles théories sur la formation du Jura.
Bulletin de la Société d'histoire naturelle
du Doubs, N°52, p. 5-16.
- GLANGEAUD L. (1949). - Evolution morphotectonique du Jura septentrio-
nal pendant le Miocène supérieur et le Pliocène.
Comptes-rendus de l'Académie des Sciences,
t. 229, p. 720-722.
- GLANGEAUD L. (1949). - Les caractères structuraux du Jura.
Bulletin de la Société géologique de France,
(5), XIX, p. 669-688.
- GLANGEAUD L. (1955). - Rapport hydrogéologique sur un plan général
d'alimentation en eau potable du Jura.
- GLANGEAUD L., PEZARD R., FRANCOIS S., PERRENOUD M.J., TOITOT M. (1956). -
Les nappes phréatiques et artésiennes du Jura
septentrional (département du Doubs), leurs
relations avec les réseaux karstiques.
Bulletin de la Société géologique de France, (6),
VI, p. 531-546, 6 fig.
- GRENET B. (1963). - La Zorn. Etude hydrologique.
Thèse 3eme cycle, Université de Paris
1 vol., 128 p., 36 pl. h.t., 12 dpl. h.t.

- HENIN S., TURC L. (1945). - Comparaison entre diverses formules reliant l'écoulement et les précipitations.
Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, t. 221, p. 760-762.
- JACQUET J. (1963). - Comparaison de procédés de mesure directe de l'évaporation et de l'évapotranspiration sur des bassins versants expérimentaux.
Publications de l'Association internationale d'hydrologie scientifique, N°62, p. 172-189, 10 fig.
- JACQUET J., CORMARY Y. (1965). - L'étude du cycle de l'eau sur un bassin d'investigation (avec discussion).
La Houille blanche, N°3, mai-juin 1965, p. 269-274.
- JOURNAUX A. (1956). - Les plaines de la Saône et leurs bordures montagneuses : Beaujolais, Mâconnais, Côte-d'Or, Plateaux de la Haute-Saône, Jura occidental, Etude morphologique.
Thèse, Université de Caen, impr. Caron & Cie, 532 p., 111 fig. , 35 photos, 5 pl.
- LALAYE M. (1964). - Note pour le calcul de l'évaporation potentielle, ETP, méthode de TURC.
Rapport BRGM SS. 64 A 11³⁸.
- LEBOEUF A., CHOFARDET P. (1922). - Climat bisontin.
Bulletins météorologiques de l'Observatoire de Besançon, XXXI à XXXVI.

- LIENHARDT G. (1962). - Géologie du bassin houiller stéphanien du Jura et de ses morts-terrains.
Thèse, Université de Paris, Mémoire du BRGM
449 p., fig., pl., photos.
- MARGAT J. (1958). - Etablissement des cartes hydrogéologiques.
Association internationale d'hydrologie scientifique, Assemblée générale de Toronto, 3-14 sept. 1957, vol.2, publication N°44,
Gentbrugge, p. 36-43, 2 fig.
- MARGAT J. (1964). - Guide bibliographique d'hydrogéologie, ouvrages et articles en langue française.
Editions du BRGM
- MARGAT J. (1965). - Quelques recommandations pour l'établissement des bilans d'eau.
Paris, BRGM, DS 65 A 25, 20p.
- MARGAT J. (1965). - Rédaction des notices explicatives de cartes hydrogéologiques.
Paris, BRGM, DS 65 A 38, 9p.
- MARGAT J. (1966). - Colloque de Budapest sur les bassins représentatifs et expérimentaux.
Paris, éditions du BRGM, chronique d'hydrogéologie, N°8, p. 105-110.
- MARGAT J. (1966). - La cartographie hydrogéologique
Orléans, BRGM, DS 66.A.130, 58 p.
- DE MARTONNE E. (1957). - Traité de géographie physique, t. 1, le climat.
Paris, Colin.

- MEGNIEN C. (1959). - Observations hydrogéologiques sur le Sud-Est du bassin de Paris.
Thèse 3eme cycle, Université de Paris, Mémoires du BRGM, N°25, 287 p., fig.
- MONJALLON A. (1966). - Introduction à la méthode statistique.
Paris, Vuibert, 278 p., fig., tabl.
- NOLIN B. (1963). - La haute vallée de l'Ille, partie centrale du Sundgau. Etude hydrologique.
Thèse 3eme cycle, Université de Paris.
- NUFFER. - Expérience de coloration du bassin fermé des Seignes.
- PALOC H. (1966). - Colloque de Dubrovnik sur l'hydrologie des roches fissurées, compte-rendu.
Paris, éditions du BRGM, chronique hydrogéologique, N°8, p. 87-109.
- PARDE M. (1925). - Le régime du Rhône.
Lyon, Institut des études rhodaniennes, 2 vol.
- POIREE M., OLLIER C. (1962). - Irrigation.
Paris, Eyrolles, 405 p., fig., tabl.
- REMENIERAS G. (1965). - L'hydrologie de l'ingénieur.
Paris, Eyrolles, 456 p., fig., tabl.
- REMENIERAS G., BOYER J. (1950). - Monographie hydrologique du bassin de la Maronne.
La Houille blanche, N°2-4-6.
- ROCHE M. (1963). - Hydrologie de surface.
Paris, Gauthier-Villars, 430 p., fig., tabl.

- ROUX J.C. (1963). - Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin de la Somme.
Thèse 3eme cycle, Université de Paris.
508 p., fig., 9 dpl., 19 cartes dpl., dont 6 h.t.
- SANSON J. (1945). - Recueil de données statistiques relatives à la climatologie de la France.
Mémorial de la Météorologie nationale N°30, Paris, Météorologie nationale, 1945, 148 p., tabl., 1 carte dpl.
- SANSON J. (1949). - Climatologie appliquée.
Paris, Blondel la Rougery, 2 vol.
- SANSON J. . - Etude climatologique de la Franche-Comté et d'une partie de la Bourgogne.
Etudes climatologiques des provinces françaises, t. 1, p. 50.
- SCHOELLER H. (1962). - Les eaux souterraines. Hydrologie dynamique et chimique. Recherche, exploitation et évaluation des ressources.
Paris, Masson, 643 p., fig., tabl.
- SOCIETE HYDROTECHNIQUE DE FRANCE (1954). - Pluie, évaporation, filtration, et écoulement.
Compte-rendu des 3emes journées de l'hydraulique Alger.
- TRICART J., HIRSCH F. (1960). - Relations entre le débit et la superficie des bassins fluviaux.
Annales de Géographie, n°375, p. 449- 461.

- TURC L. (1953). - Le bilan d'eau des sols : relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. Thèse, Université de Paris, imp. Bussière, Saint-Amand, Cher, 252 p., 72 tabl., 71 graph.
- TURC L., GOBILLOT T., HALVEK R., LECARPENTIER C. (1963). - Cartes d'évapotranspiration potentielle, interprétation et utilisation. Bulletin technique du Génie rural, n°60, janv. 1963, 20p.
- VANCON J.P. (1965). - Reconnaissance géologique des sites de barrages sur le Doubs, la Loue et leurs affluents jurassiens. Thèse 3eme cycle, Université de Besançon.
- VANCON J.P. (1965). - Etude quantitative des pertes du Doubs et du Danube. Paris, Bulletin du BRGM, N°4, p. 151-167, 7 fig., 3 tabl.
- VANCON J.P. (1966). - Essai d'une méthode de détermination graphique du déficit d'écoulement. Besançon, Annales scientifiques de l'Université de Besançon 3eme série, fasc. 2, p. 7-11, 5 fig.
- VANCON J.P. (1966). - La notion de "surface efficace" : sa signification et son utilité en hydrogéologie. Annales de la Société géologique du Nord, t. LXXXVI, 2e trimestre 1966, p. 139-141.
- WEIMER-CHOFARDET (1946). - Etude du climat bisontin déduite de 60 années d'observations (1/12/1884 - 30/11/1944) Besançon, Annales scientifiques de l'Université de Besançon.

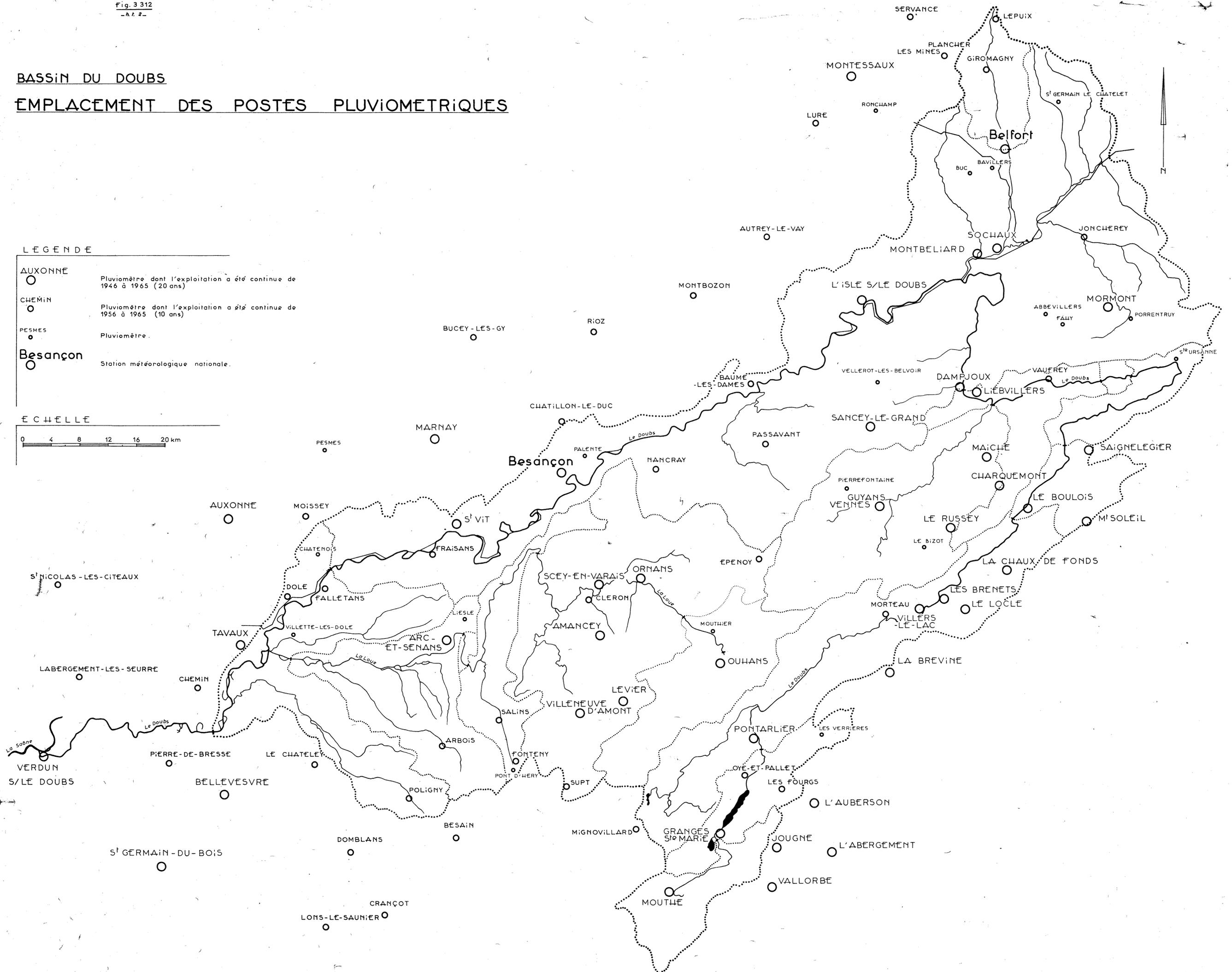
BASSIN DU DOUBS

EMPLACEMENT DES POSTES PLUVIOMETRIQUES

LEGENDE

-  AUXONNE Pluviomètre dont l'exploitation a été continue de 1946 à 1965 (20 ans)
-  CHEMIN Pluviomètre dont l'exploitation a été continue de 1956 à 1965 (10 ans)
-  PESMES Pluviomètre.
-  Besançon Station météorologique nationale.

ECHELLE



(Les stations limitrophes du bassin sont indiquées entre crochets)

No renvoi fig. 7	STATIONS	ALTITUDE en mètres	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
DEPARTEMENT DU DOUBS																						
1	ABBEVILLERS	580																				1379
2	AMANCEY	596	(1237)	1344	1542	926	(1726)	1667	1598	953	1458	(1264)	1316	1265	1629	1074	(1389)	1184	1246	1410	(779)	1588
3	ARC-ET-SENANS	236	900	1041	1120	679	1258	1228	1221	815	1063	972	1088	915	1321	851	1216	821	925	1067	656	1236
4	BAUME-LES-DAMES	280						(1087)	1371	870	1167	894	995	656	1287	(893)	1134	910	973	1269	(783)	1390
5	BESANCON (M.N)	307	912	1145	1205	711	1257	1251	1309	836	1111	1105	1069	931	1247	839	1239	896	919	1209	790	1338
6	BESANCON-PALENTE	345	843	1084	1153	674	1182	1170	1256	849	1153	1194	1152	1021	1347	904	1287	925	929	1260		
7	LE BIZOT	931	1323	1322	1736	911	1668	1544	1615	1027	1504	1431	1432	1416	1600	1226	1495	1338	1291			
8	LE BOULOIS	549	1271	1207	1344	904	1474	1411	1549	923	1293	1278	1417	1270	1392	1203	1223	1178	1153	1205	899	1597
9	CHARQUEMONT	870	1431	(1396)	1585	915	(1510)	(1440)	(1664)	973	1363	1505	1447	1364	(1548)	(1254)	1338	1191	1248	1288	1036	1725
10	CHATILLON-LE-DUC	450						(1279)	(1307)	(846)	1405	1128	(1045)	(875)	(1312)	809	1150	(957)	(920)	(1317)	(819)	1819
11	CLERON	315						(1420)	(1580)	804	1283	1015	1268	1157	1529	1029	1326	(1129)	1147	1205	(793)	1630
12	DAMPJOUX	360	978	997	1160	758	1223	1212	1396	874	1221	1094	1122	1131	1287	1035	1187	1024	981	1081	867	1388
13	EPENOY	730						(1701)	1759	1111	1443	1456	1621	1408	1822	1304	1620	1355	1419	1647	1077	1830
14	LES FOURGS	1100											1469	1488	1790	1227	1666	1377	1173	1630	1097	2015
15	GRANGES-Ste-MARIE	851	1415	1434	1587	906	1749	1558	1750	1037	1617	1615	1366	1323	1623	1297	1541	1384	1269	1486	1021	1913
16	GUYANS-VENNES	810	1113	1227	(1677)	923	1755	1770	1985	818	1505	1605	1555	1488	1971	1308	1552	1405	1358	1456	872	1564
17	L'ISLE-SUR-LE-DOUBS	292	917	(924)	1035	701	1417	1313	1347	850	1206	1254	1061	1170	1176	871	1189	1009	989	1170	805	1329
18	[JOUGNE]	1000	1252	1302	1515	965	1701	1646	1815	900	1720	1618	1379	1333	1574	1395	1651	1361	1286	1555	(1067)	2046
19	LEVIER	720	1379	1577	1857	987	1851	1752	1925	1041	1690	1553	1668	1470	(1628)	1216	(1687)	1195	(1356)	1597	1019	(2028)
20	LIEBVILLERS	365	1029	1000	1241	774	1242	1300	1307	850	1191	1065	1159	1155	1333	1105	1213	1108	1079	1153	900	1519
21	LIESLE	250	886	1163	1162	(729)	1352	1282	(1408)	(851)	1129	1063	1160	1109	(1441)	910	(1210)					
22	MAICHE	820	(1114)	1371	(1422)	(902)	(1417)	(1333)	(1678)	(857)	(1319)	(1337)	(1151)	1066	(1236)	(1252)	(1285)	(1041)	(1134)	1264	886	1526
23	MONTBELIARD	316	844	847	1034	668	1327	1378	1414	858	1172	1013	985	988	1229	911	1121	945	942	1120	792	1358
24	MORTEAU	759	1510										1638	1225	1760	1458	1464	1286	1196	1250	901	(1753)
25	MOUTHE	935	(1619)	(1642)	1827	1029	2103	(1721)	(2187)	1139	(1972)	1950	1883	1703	2142	1635	2155	1875	1702	1807	1211	2312
26	MOUTIER-HAUTE-PIERRE	420																		1410	904	1786

BASSIN DU DOUBS : HAUTEURS DES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES (1946-1965)

Tableau 3322a
feuille 1

(Les stations limitrophes du bassin sont indiquées entre crochets)

No renvoi fig.7	STATIONS	ALTITUDE en mètres	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
DEPARTEMENT DU DOUBS																						
27	NANCRAY	430											(1205)	(1027)	1373	998	1301	1074	1064	1307	829	1539
28	ORNANS	841	1044	(941)	1195	766	(1574)	(1435)	1480	912	1261	1121	1335	1158	1415	1008	1298	(1163)	1088	1377	846	1749
29	OUHANS	600	1349	1452	1817	1084	1903	1617	1625	959	1461	(1391)	1394	1416	1727	1198	1608	1353	1395	1565	994	1930
30	OYE-ET-PALLET	850	(1387)	1310	1615		(1715)	1650	(1900)	1061	1643	1596	1395	1301	1696	1126	1545	1244	1009	1466	1070	2018
31	PASSAVANT	564						1508	1527	1013	1334	1282	1338	1111	1444	1037	1316	1173	1102	1349	932	1559
32	PIERREFONTAINE	709			1687		1496	1510	1529	889	1355	(1430)					1295	1127	1030	1224	867	1569
33	PONTARLIER	840	1295	1226	1709	908	1731	1588	1758	1150	1561	1510	1388	1294	1580	1320	1532	1285	1293	1583	952	1847
34	LE RUSSEY	900	1323	1323	1735	911	1670	1544	(1690)	1021	1505	1432	1433	1413	1602	1226	1495	1339	1290	1259	911	1681
35	SANCEY-LE-GRAND	510	(974)	(1020)	(1324)	726	(1605)	(1433)	(1696)	(895)	(1374)	1301	1251	1282	(1590)	(1203)	(1397)	(1217)	(1118)	(1208)	820	1392
36	SCEY-EN-VARIS	334	578	487	1343	833	1601	1442	1596	937	1306	(1205)	1258	1225	1504	1075	1428	1157	1214	1401	852	1692
37	SOCHAUX	318	(899)	969	977	607	1116	1142	1123	696	1043	1015	947	989	1107	857	1191	951	844	1022	707	1351
38	SAINT-VIT	260	679	888	912	598	1035	1074	1039	772	907	(919)	845	800	1030	852	1119	(828)	(893)	(1039)	533	1258
39	VAUFREY	403						1522	1479	862	1225	(1069)	1298	1249	1389	1099	1242	1169	1066	1168	888	1506
40	VELLEROT-LES-BELVOIRS	837																(1138)	(1010)	1263	921	1462
41	VILLENEUVE-D'ARMENT	700	1264	1428	1697	853	1659	1555	1660	913	1261	1324	1265	1240	1463	1178	1744	1392	1480	1644	1054	1941
42	VILLERS-LE-LAC	950	1567	1509	1699	1107	1847	1813	1963	1121	1619	1575	1494	1444	1747	1419	1557	1487	1442	1409	1032	1898
TERRITOIRE DE BELFORT																						
43	BAVILLERS	350																			781	1344
44	BELFORT (M.N)	422	876	835	988	573	1214	1245	1297	713	1171	1088	1019	941	1187	938	1116	928	884	1035	749	1277
45	BUC	370		902	975	653	1119	1086	1160	618	839											
46	GIROMAGNY	471										1827	1755	1634	1965	1293	1835	1896	1181	1319	1017	1841
47	JONCHEREY	388										1056	1007	976	1106	907	1047	935	915	(949)	722	1327
48	LEPUIX	1100										2325	2278	2483	3094	1895	(2573)	2711	2122	2183	1661	2534
49	SAINT-GERMAIN-LE CHATELET	395										1187		1106		906	(1112)	(1143)	(1081)	1063	(790)	1176

BASSIN DU DOUBS : HAUTEURS DES PRECIPITATIONS ANNUELLES (1946-1965)

(Les stations limitrophes du bassin sont indiquées entre crochets)

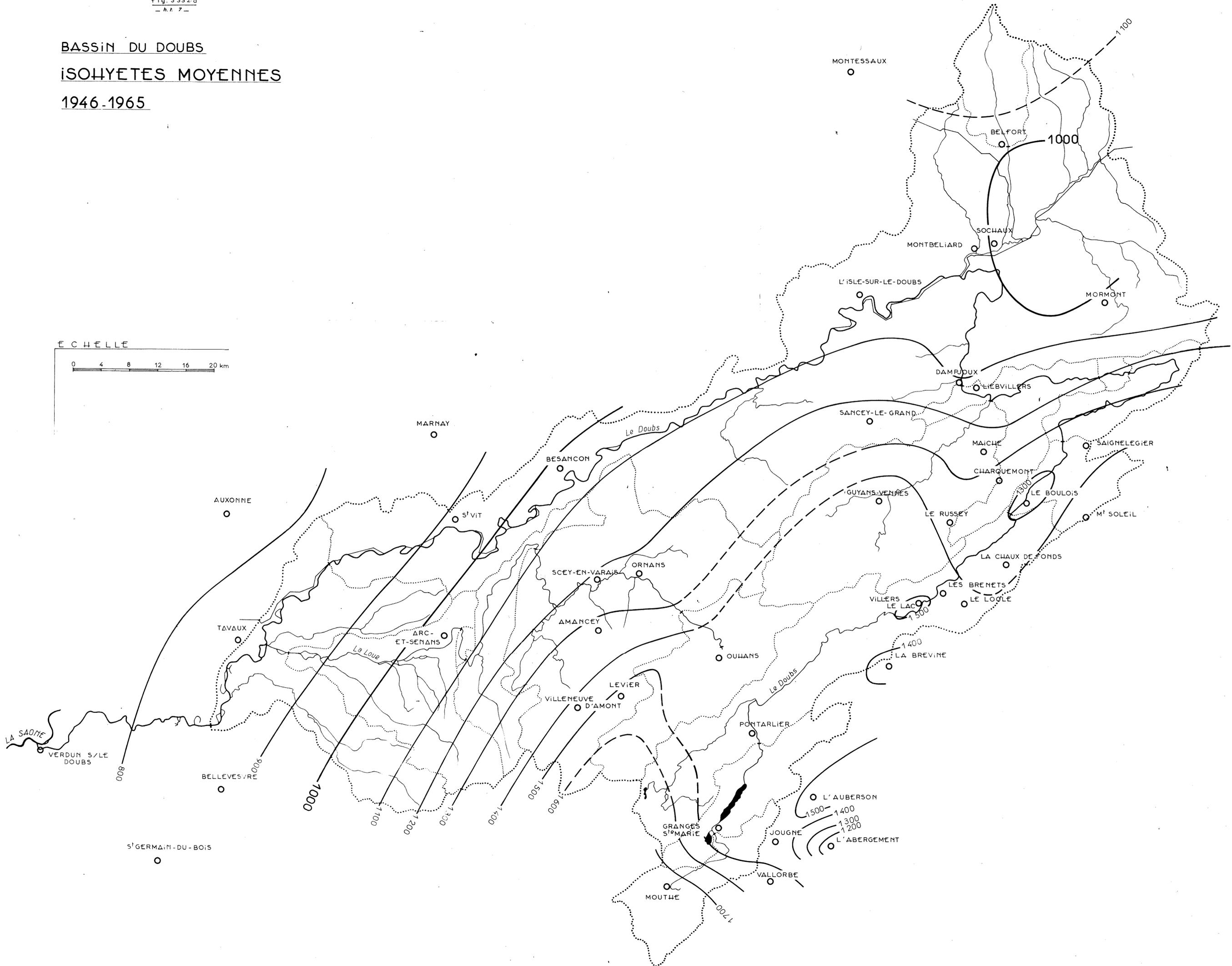
N° renvoi Fig. 7	STATIONS	ALTITUDE en mètres	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
DEPARTEMENT DU JURA																						
50	ARBOIS	291		1292	1481	853	1418	1548	1643	991	1394	(1198)	1401	1199	1753	994	1351	1047	1165	1340	784	1526
51	[BESAIN]	535					(1784)	(1632)	1927	1052	1638	1398	1645	1460	1877	1318	1760	1307	1510	1619	970	2106
52	[LE CHATELEY]	240						1400	1295	767	1112	1031	1175	902	1262	828	1295	962	993	1221	652	1405
53	CHATENOIS	224														748	1026	721	812	1016	583	1191
54	[CHELAIN]	190											(778)	664	869	668	(856)	621	660	808	379	955
55	DOLE	238					(1035)	1080	988	756	936	884	1031	889	1136	679	1016	776	783	950	492	1124
56	FALLETANS	240					1192	1073	1067	841	1098	1032	1129	(971)	1339	(785)	1196	922	983	1063	648	(1343)
57	FONTENY	670									1494	1331	1590	1384	1720	1122	1710	1230	1329	1566	944	(1962)
58	FRAISANS	217					1279	1274	1268	841	1069	1058	865	946	1378	954	1193	888	961	1077	641	(1364)
59	[MIGNOVILLARD]	870					(1916)	1838	2142	1056	1947	1748	1697	1647	1954	1544	1996	1730	1665	1858	1178	2354
60	[MOISSEY]	240										848	961	845	1087	799	1075	870	786	936	514	1222
61	POLIGNY	322			1297	866	1359	1405	1439	837	1365	950	1194	1079	1352	957	1405	1098	1225	1291	740	1746
62	PONT-D'HERY	675									1494	1337	1590	1384	1720	1122	1710	1230	1349	1519		
63	SALINS	350											(1390)	(1241)	2057	1017	1237	1113	(1193)	1438	914	1697
64	SOPT	725				1168	2093	2163	2333	1364	1914	1908	1949	1745	2124	1534	2126	1586	1726	1857	1227	2267
65	TAVANX	185	(830)	919	848	549	919	984	955	723	869	879	972	823	1085	638	(990)	(698)	708	1024	491	1161
66	VILLETTE-LES-DOLE	214																				
DEPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE																						
67	[BELLEVESVRE]	191	(880)	(885)	918	611	(969)	1099	989	628	795	837	1056	719	1043	662	791	832	927	1123	508	1237
68	[PIERRE-DE-BRESSE]	208				567	947	1112	1086	705	882	930	1028	701	1031	777	1105	822	845	926	(483)	1217
69	[SAINT-GERMAIN-DU-BOIS]	208	(690)	(709)	855	633	1029	1138	1055	685	855	773	792	695	1162	890	1085	839	856	985	513	1291
70	[VERDUN-SUR-LE-DOUBS]	176	(580)	(606)	666	536	699	915	866	677	664	785	(825)	(676)	920	750	981	745	786	379	515	1126

BASSIN DU DOUBS : HAUTEURS DES PRÉCIPITATIONS ANNUELLES (1946-1965)

(Les stations limitrophes du bassin sont indiquées entre crochets)

N° renvoi fig.7	STATIONS	ALTITUDE en mètres	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
SUISSE																						
71	FANY	596											(1043)	1106	998	1062	940	818	1078	803	1304	
72	[L'ABERGEMENT]	645	1183	1205	1232	720	1368	1360	1503	729	1356	1282	1217	1070	1245	1117	1347	1125	1074	1204	800	1579
73	[LA BREVINE]	1043	1325	1234	1515	915	1658	1539	1645	1119	1447	1453	1377	1384	1546	1159	1353	1295	1279	1401	1023	1971
74	LA-CHAUX-DE-FONDS	990	1301	1155	1413	900	1597	1456	1598	965	1467	1421	1475	1284	1394	1206	1455	1298	1289	1298	887	1706
75	[L'AUBERSON]	1102	1294	1369	1433	929	1619	1623	1839	1335	1711	1665	1537	1515	1722	1321	1794	1463	1318	1797	1142	2235
76	LE LOCLE	920	1433	1296	1480	1046	1765	1614	1879	1143	1502	1406	1441	1324	1552	1279	1439	1382	1411	1415	962	1843
77	LES BRENETS	875	1376	1308	1483	1003	1754	1701	1826	1043	1512	1470	1450	1292	1466	1306	1465	1321	1307	1356	987	1793
78	LES VERRIERES	930														1697	1500	1530	1618	1047	2223	
79	MONT-SOLEIL	1183	1432	1480	1604	1073	1707	1574	1779	1023	1510	1416	1523	1470	1537	1245	1406	1449	1261	1490	1115	1929
80	MORMONT	548	934	977	1134	734	1192	1255	1212	695	998	933	1105	983	1083	890	1038	1048	886	987	905	1274
81	PORRENTROY	444			1117	700	1237	1235	1222													
82	SAIGNELEGIER	980	1421	1298	1582	1029	1695	1598	1565	1054	1400	1318	1485	1463	1435	1240	1321	1293	1208	1296	1069	1730
83	STE-URSANNE	750														1044	1074	1084	893	1104		
84	[VALLORBE-REPOSOIR]	920	1341	1473	1567	1108	1784	1654	1976	1127	1553	1685	1392	1334	1607	1519	1828	1285	1420	1484	1055	2106

BASSIN DU DOUBS
ISOTHERMES MOYENNES
1946-1965



E C H E L L E

0 4 8 12 16 20 km

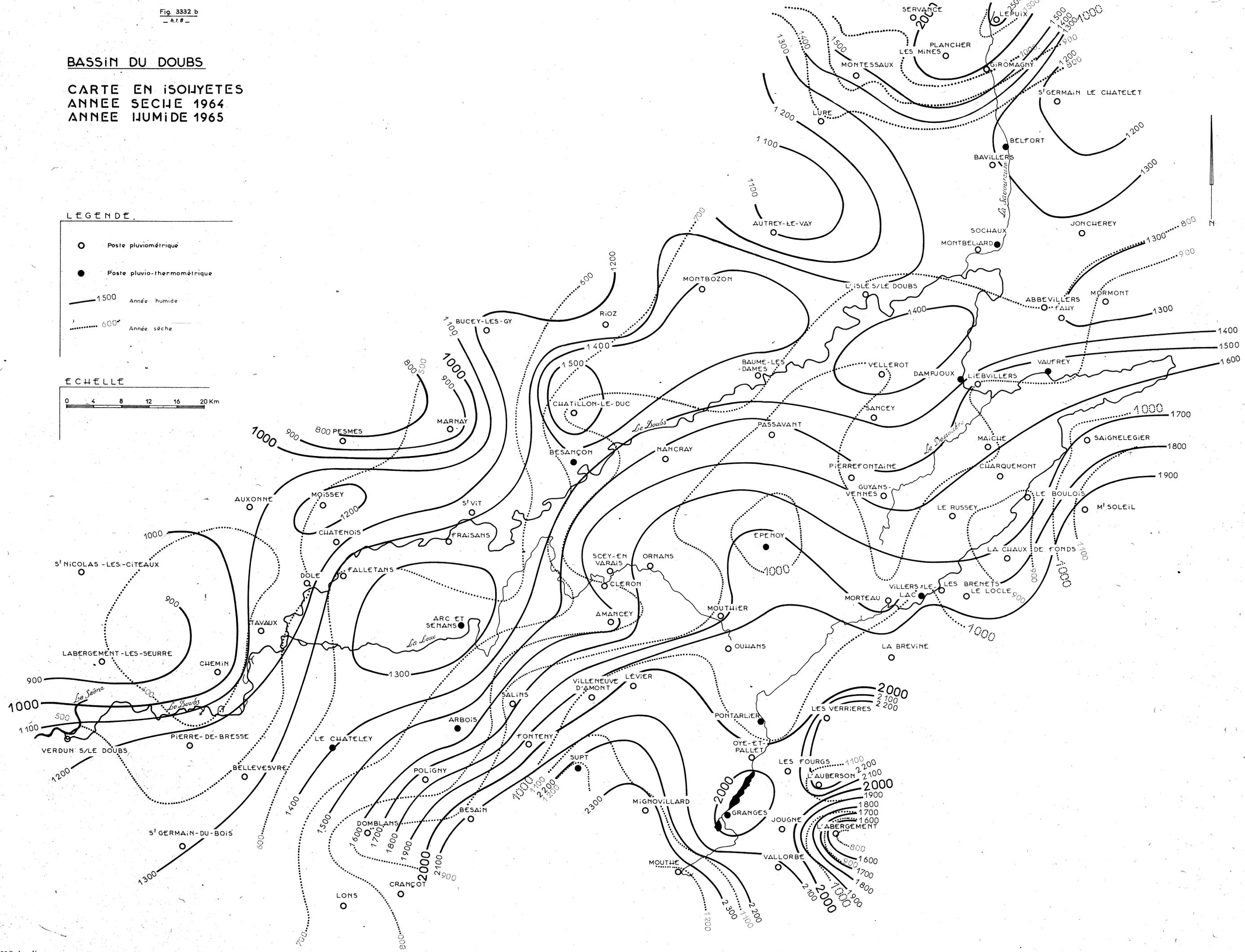
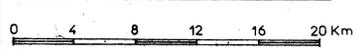
BASSIN DU DOUBS

CARTE EN ISOHYETES
ANNEE SECHE 1964
ANNEE HUMIDE 1965

LEGENDE

- Poste pluviométrique
- Poste pluvio-thermométrique
- 1500 Année humide
- ⋯ 600 Année sèche

ECHELLE



STATIONS DE JAUGEAGE SITUÉES SUR LE DOUBS : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

Station de jaugeage	Superficie du bassin versant topographique km ²	Altitude de la station m	Équipement de la station	Nature des débits mesurés	Durée d'exploitation de la station	Organisme exploitant
Cours d'eau : DOUBS COURS SUPÉRIEUR						
LABERGEMENT	171	851,8 NGF	limnigraphe	débits naturels	Courbe de tarage extrapolée au-delà de 12 m ³ /s	depuis 1960 : 2e CE
PONTARLIER	350	839,8 NGF	limnigraphe	débits influencés par la retenue du lac de Saint-Point	Courbe de tarage extrapolée au-delà de 50 m ³ /s	depuis 1957 : 2e CE
REFRAIN	928	Cote de restitution à l'étiage : 542,0 NGF chute brute max. : 67,5 min. : 66,5	Usine hydro-électrique ouvrage d'aménée : 1 galerie en charge Nombre de conduites : 2 Nombre de groupes : 4 alternateurs	débits influencés par la retenue du lac de Saint-Point et l'usine du Chatelôt	Débits turbinés + déversés + variation de réserve	depuis 1925 : E.D.F.
ROUSBOIS	1065	486,2 NGF	limnigraphe	débits influencés par la retenue du lac de Saint-Point et l'usine du Chatelôt	Courbe de tarage extrapolée au-delà de 275 m ³ /s	depuis 1956 : 2e CE
DOUBS COURS MOYEN						
OCOURT	1193	417	limnigraphe	débits influencés par la retenue du lac de Saint-Point et les usines du Chatelôt et du Refrain		depuis 1938 : S.F.E. (SUISSE)
COURCLAVON	1211	410	limnigraphe	débits influencés par la retenue du lac de Saint-Point et les usines du Chatelôt et du Refrain et de Vaufrey	Courbe de tarage extrapolée au-delà de 200 m ³ /s	depuis 1959 : 2e CE
LIEBVILLERS GROSBOIS	1969	Liebvillers : cote de restitution à l'étiage : 359,5 NGF chute brute max. : 37 ; min. : 34 Grosbois : cote de restitution à l'étiage : 385,5 NGF, chute brute max. : 11 ; min. : 8	Usines hydroélectriques de Liebvillers : ouvrage d'aménée : 1 galerie en charge ; nombre de conduites : 4, nombre de groupes : 4 alternateurs. Grosbois : usine barrage à 1 groupe alternateur	débits influencés par la retenue du lac de Saint-Point et les usines du Chatelôt, du Refrain et de Vaufrey	Débits turbinés + déversés + variation de réserve	depuis 1931 : E.D.F.
DAMPJOUX	1994	Cote de restitution à l'étiage : 352,3 NGF chute brute max. : 7,2 min. : 5,2	Usine hydroélectrique usine barrage à 2 groupes alternateurs	débits influencés par la retenue du lac de Saint-Point et les usines du Chatelôt du Refrain de Vaufrey et de Liebvillers-Grosbois	Débits turbinés + déversés + variation de réserve	depuis 1943 : E.D.F.
DOUBS COURS INFÉRIEUR						
ROCHEFORT	4969	201 NGF	limnigraphe		Courbe de tarage extrapolée au-dessous de 8 m ³ /s et au-delà de 457 m ³ /s	depuis 1960 : 2e CE
NEUBLANS	7290	180,4 NGF	limnigraphe		Débits non précisés au-delà de 400 m ³ /s	depuis 1966 (septembre) : 2e CE

DEBITS MOYENS ANNUELS DU DOUBS ET DES AFFLUENTS (en m³)

	Superficie	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
DOUBS																						
LABERGEMENT	171															4,96	3,85	3,56	5,10	2,18	5,80	4,73
PONTARLIER	350											6,32	9,87	6,17	8,53	6,75	6,65	9,05	3,55	10,7	9,40	
REFRAIN	928			32,22	13,54	30,47	30,0	35,6	16,4	24,4	26,2	26,4	21,2	29,8	18,8	27,0	22,0	21,9	28,8	11,4	37,3	32,1
GOULMOIS	1.065											26,69	25,44	33,18	21,70	30,91	26,7	21,6	29,0	11,8	39,0	36,8
OCOURT	417	30,5	27,1	38,55	19,4	39,3	40,2	44,7	22,1	32,3	33,7	34,5	28,1	37,7	23,7	33,2	28,3	27,9	35,6	16,2	45,2	40,4
COURCLAVON	410														25,71	32,2	28,09	28,5		16,2	48,5	42,2
LIEBVILLERS GROSBOIS	1.969			40,23	18,60	38,37	40,2	45,6	22,2	32,9	34,7	35,9	30,8	38,2	24,9	33,6	28,5	29,1	36,4	16,2	48,7	43,4
DAMPJOUX	1.994			55,4	25,3	51,5	57,3	69,8	32,2	48,7	49,6	53,4	46,5	58,8	37,7	50,2	41,6	45,1	54,4	24,2	72,2	63,3
ROCHEFORT	4.969															95,55	78,68	81,5	99,0	48,3	132	127
NEUBLANS	7.290																					
DESSOUBRE																						
ST HIPPOLYTE	568													14,72	8,94	12,57	10,67	12,1	14,0	6,90	18,7	16,2
SAVOUREUSE																						
BELFORT	144																				6,00	5,50
LOUE																						
MOUTHIER	160	9,10	8,10	11,37	6,27	11,9	12,12	12,79	8,61	11,0	10,82	10,25	9,65	11,44	7,94	10,3	7,88	8,35	17,3	8,99	21,6	
VJILLAFANS	163									21,2	20,7	20,9	17,89	24,23	16,11	21,59	17,77	17,6	22,8	10,7	28,1	24,3
CHENECEY	1.170										43,95	50,24	41,51	55,0	35,12	48,41	39,27	41,1	51,0	23,6	61,0	57,5
PORT-LESNEY	1.379																40,72	42,8	51,0	25,4	65,0	59,5
CHAMPAGNE	1.389																			27,1	69,0	66,5
PARCEY	1.767											53,65						50,5				

BASSIN DU DOUBS

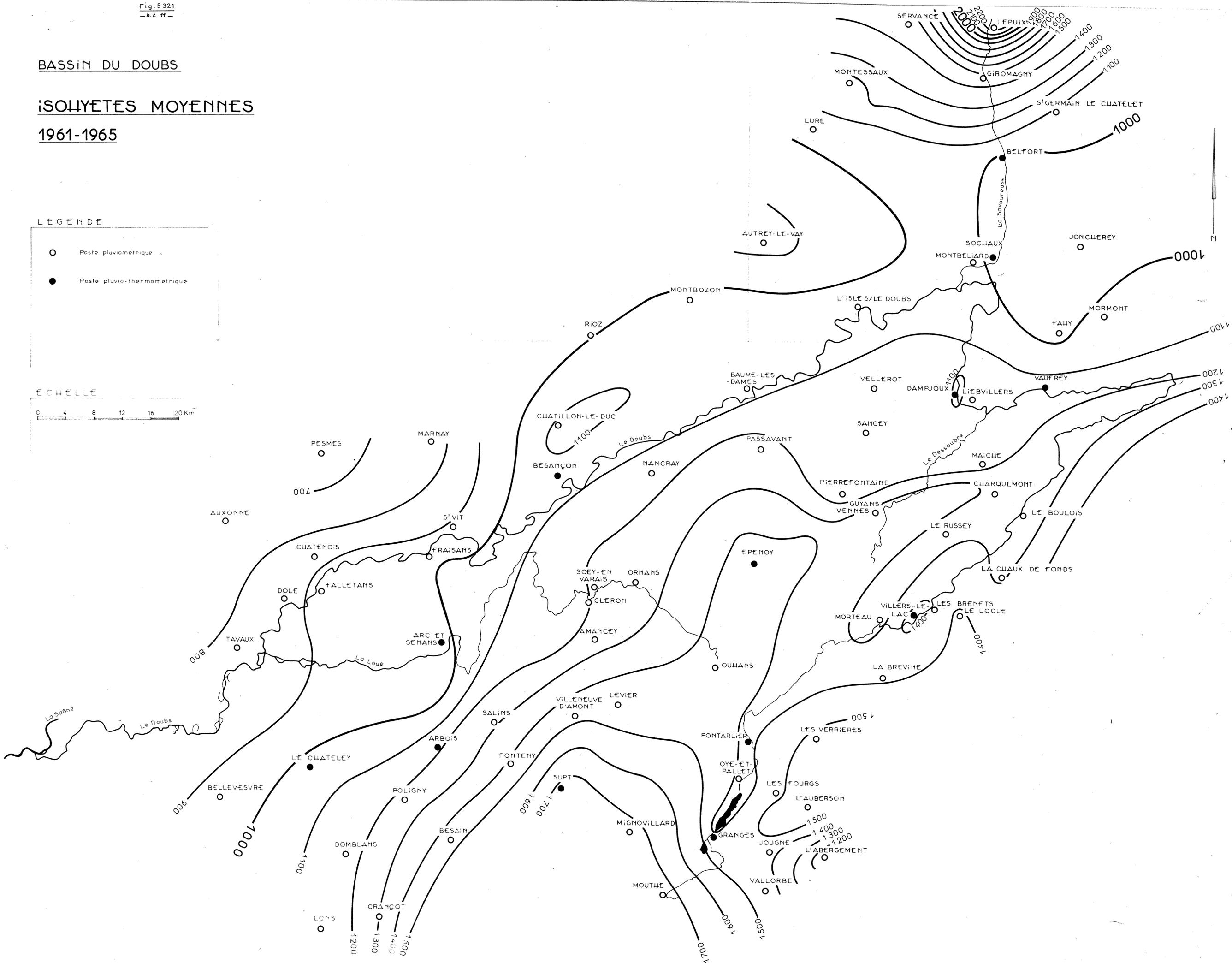
ISOTHERMES MOYENNES

1961-1965

LEGENDE

- Poste pluviométrique
- Poste pluvio-thermométrique

ECHÉLLE



BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES
74 rue de la Fédération 75- PARIS XV Tel : 783.94.00

DIRECTION DU SERVICE GEOLOGIQUE ET DES LABORATOIRES
Boîte Postale 818 45- ORLEANS La Source Tel : 87.06.60

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU BASSIN DU DOUBS :

CLIMATOLOGIE, HYDROLOGIE ET DEFICIT D'ECOULEMENT RAPPORTES

AUX UNITES GEOLOGIQUES

(Départements du Doubs, Jura, Saône-et-Loire, Haute-Saône, Territoire
de Belfort ; Suisse)

ANNEXE I

=====

Par

O. DELAROZIERE

Tableau 221a

- 1 -

BASSIN DU DOUBS : CARTES TOPOGRAPHIQUES AU 1/100.000

	Numéro IGN
THANN	Q 10
VESOUL	P 11
BELFORT	Q 11
DIJON	O 12
BESANCON	P 12
MORTEAU	Q 12
LONS-LE-SAUNIER	O 13
PONTARLIER	P 13

BASSIN DU DOUBS : CARTES TOPOGRAPHIQUES AU 1/200.000

	Numéro IGN
VESOUL-BELFORT	35
MULHOUSE	36
AUTUN	41
BESANCON	42
BERNE	42b

BASSIN DU DOUBS : CARTES TOPOGRAPHIQUES AU 1/50.000

Nom de la carte	Numéro IGN	Numéro B.R.G.M.
GIROMAGNY	XXXV 20	411
THANN	XXXVI 20	412
LURE	XXXV 21	443
BELFORT	XXXV 21	444
BAUME-LES-DAMES	XXXIV 22	473
MONTBELIARD	XXXV 22	474
DELLE	XXXVI 22	475
PESMES	XXXII 23	501
BESANCON	XXXIII 23	502
VERCEL	XXXIV 23	503
MAICHE	XXXV 23	504
DAMPRIEUX	XXXVI 23	505
SEURRE	XXXI 24	527
DOLE	XXXII 24	528
QUINGEY	XXXIII 24	529
ORNANS	XXXIV 24	530
MORTEAU	XXXV 24	531
NEUCHATEL		532
PIERRE	XXXI 25	554
POLIGNY	XXXII 25	555
SALINS	XXXIII 25	556
PONTARLIER	XXXIV 25	557
LES SEIGNES	XXXV 25	558
LONS-LE-SAUNIER	XXXII 26	581
CHAMPAGNOLE	XXXIII 26	582
MOUTHE	XXXIII 26	583

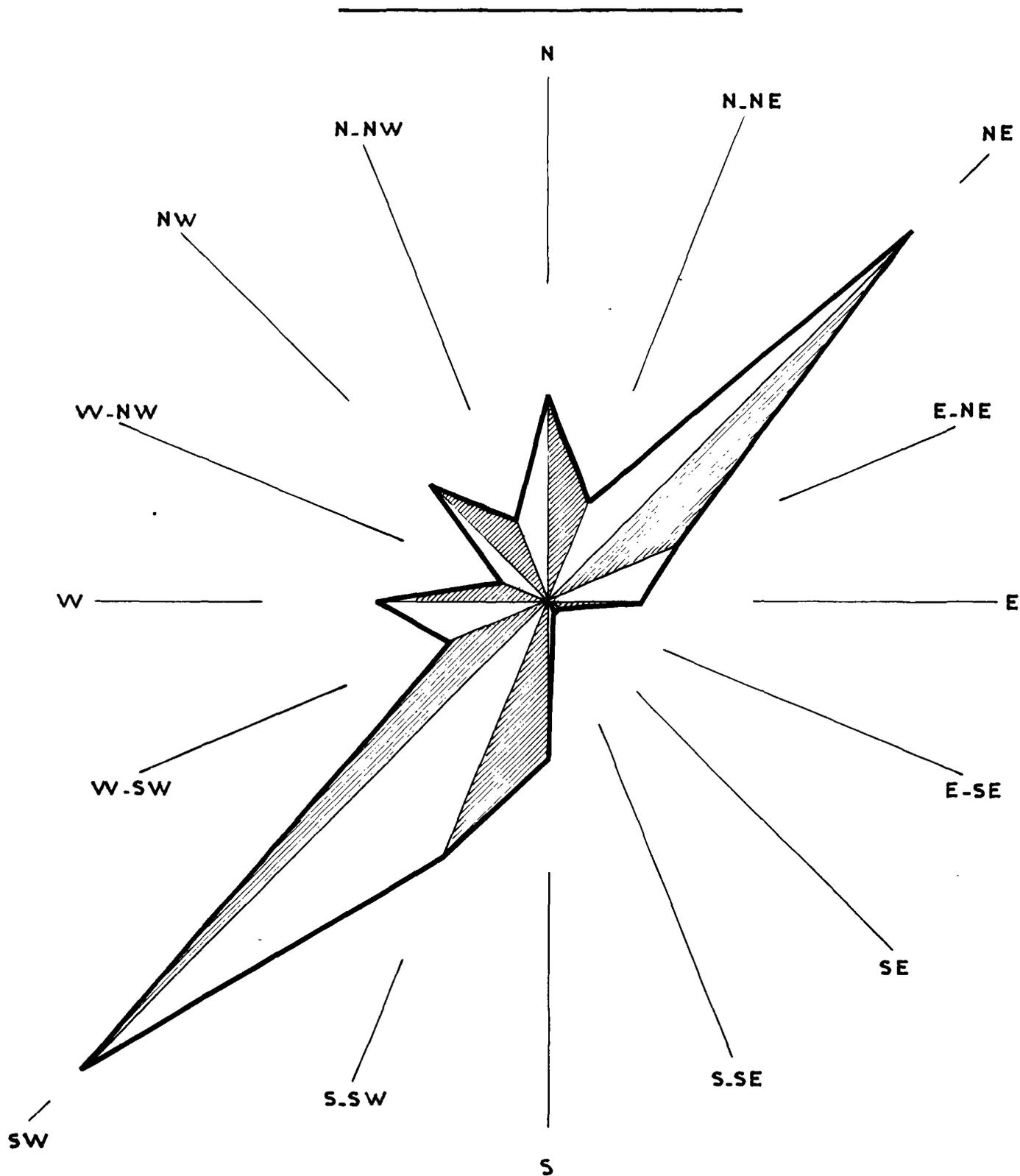
BASSIN DU DOUBS : CARTES GEOLOGIQUES AU 1/80.000

Nom de la carte	Numéro
LURE	100
GRAY	113
MONTBELIARD	114
FERRETTE	115
BEAUME	125
BESANCON	126
ORNANS	127
CHALON-SUR-SAONE	137
LONS-LE-SAUNIER	138
PONTARLIER	139

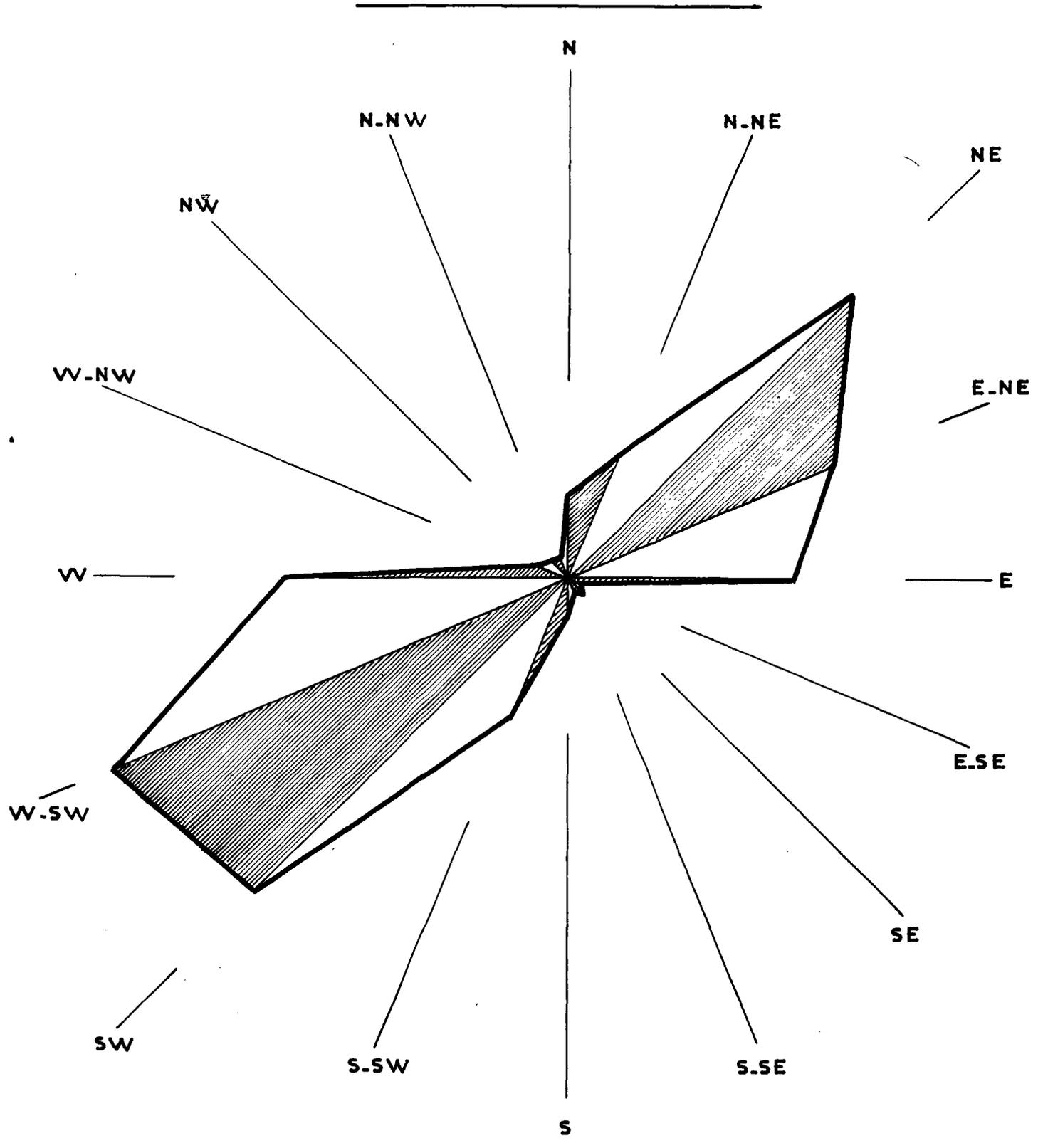
CARTES GEOLOGIQUES AU 1/50.000

Nom de la carte	Numéro	Numéro B.R.G.M.
LURE	XXXV 21	443
BELFORT	XXXVI 21	444
BESANCON	XXXIII 23	502
VERCEL	XXXIV 23	503
MAICHE	XXXV 23	504
DAMPRICHARD	XXXVI 23	505
ORNANS	XXXIV 24	530
MORTEAU	XXXV 24	531
SALINS	XXXIII 25	556
PONTARLIER	XXXIV 25	557
LONS-LE-SAUNIER	XXXII 26	581
CHAMPAGNOLE	XXXIII 26	582
MOUTHE	XXXIV 26	583

BESANÇON: FREQUENCE POUR 1000 DES DIRECTIONS DU VENT
(calmes exclus) D'APRES LES OBSERVATIONS QUOTIDIENNES
TRIHORAIRES (6h._12h._18h._TU) DE LA PERIODE 1951-1960.



BELFORT : FREQUENCE POUR 1000 DES DIRECTIONS DU VENT
(calmes exclus) D'APRES LES OBSERVATIONS QUOTIDIENNES
TRIHORAIREES (6h..12h..18h.TU) DE LA PERIODE 1951_1960



PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES & ANNUELLES

DEPARTEMENT : DOUBS

STATION : Granges S^{re} Marie E.D.F.

Altitude : 851 m

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
1946	78	162	21	37	128	201	70	244	181	93	91	103	1415
1947	72	65	290	59	79	189	113	106	28	81	210	142	1434
1948	245	74	22	178	113	218	239	219	38	93	120	28	1587
1949	82	20	69	123	133	34	20	77	68	68	96	111	906
1950	66	186	25	180	108	101	93	226	154	44	518	48	1749
1946-1950	110	101	85	115	112	149	107	174	94	77	207	86	1417
1951	114	123	152	77	138	162	128	154	121	53	230	109	1558
1952	167	113	161	43	109	80	26	125	191	293	267	145	1750
1953	46	105	6	77	99	316	87	72	131	61	30	37	1037
1954	76	104	46	118	128	96	76	271	233	116	88	265	1617
1955	294	217	41	5	162	158	148	176	94	47	47	226	1615
1951-1955	139	132	81	58	127	162	93	160	154	114	132	162	1514
1956	170	10	54	89	116	97	208	230	136	150	71	35	1366
1957	48	299	26	38	51	216	198	96	191	35	54	71	1323
1958	161	227	95	82	121	192	165	150	95	174	55	106	1623
1959	180	4	146	131	72	176	77	40	48	107	79	237	1297
1960	94	132	84	30	87	163	136	201	213	176	142	73	1541
1956-1960	131	134	83	74	89	169	157	163	137	128	80	104	1429
1961	99	151	40	154	69	125	200	106	48	115	71	206	1384
1962	194	114	166	135	131	30	57	62	97	46	34	203	1269
1963	64	68	141	75	119	267	87	270	75	61	251	8	1486
1964	43	39	124	127	104	82	57	82	76	175	73	39	1021
1965	117	43	215	140	183	97	219	94	242	46	199	318	1913
1961-1965	103	83	137	126	121	120	124	123	108	89	126	155	1415
1966	168	185	125	138	133	103	106	123	67	130	105	252	1640
1967	79	113	131	60	204	69	116	134	158	104	183	134	1485
1968													
1969													
1970													
1966-1970													
1946-1965	121	112	91	93	112	150	120	150	123	102	136	127	1442

STATIONS PLUVIOMETRIQUES IMPLANTEES SUR LE BASSIN DU DOUBS
OU A SA PERIPHERIE : LISTE DES FICHES PLUVIOMETRIQUES ETABLIES

DEPARTEMENTS	STATIONS PLUVIOMETRIQUES	STATIONS DE JAUGEAGE DETERMINANT DES SOUS BASSINS.					
DOUBS	MOUthe	LABERGEMENT					
"	LES FOURGS	(Le Doubs)	PONTARLIER				
"	GRANGES - ST ^e MARIE		(Le Doubs)				
"	OYE - ET - PALLET						
SUISSE	LES VERRIERES						
"	LES BRENETS			REFRAIN			
"	LA CHAUX-DE-FONDS			(Le Doubs)			
"	LE LOCLE						
DOUBS	MORTEAU				GOUMOIS		
"	PONTARLIER				(Le Doubs)		
"	VILLERS-LE-LAC						
"	LE BOULOIS						
SUISSE	MONT-SOLEIL						
"	SAIGNELEGIER					OCOURT	
"	SAINTE URSANNE					(Le Doubs)	
DOUBS	LE BIZOT						
"	CHARQUEMONT						
"	GUYANS-VENNES		SAINTE HIPPOLYTE				
"	MAICHE		(Le Dessoubre)				
"	PIERREFONTAINE						
"	LE RUSSEY						
"	DAMPJOUX						
"	LIEBVILLERS						
"	VAUFREY					DAMPJOUX	
"						(Le Doubs)	
T. DE BELFORT	BELFORT						
"	GIROMAGNY		BELFORT				
"	LEPLUX		(La Savoureuse)				
"	ST GERMAIN-LE-CHATELET						
DOUBS	ABBEVILLERS						
"	BAUME-LES-DAMES						
T. DE BELFORT	BAVILLERS						ROCHFORD
DOUBS	BESANCON (M.N)						(Le Doubs)
"	BESANCON-PALENTE						
T. DE BELFORT	BUC						
DOUBS	CHATILLON LE DUC						
SUISSE	FAHY						
JURA	FRAISANS						
DOUBS	L'ISLE SUR LE DOUBS						
T. DE BELFORT	JONCHEREY						
DOUBS	MONTBELIARD						
SUISSE	MORMONT						NEUBLANS
DOUBS	NANCRAY						(Le Doubs)
"	PASSAVANT						
SUISSE	PORRENTROY						
DOUBS	SANCEY-LE-GRAND						
"	SOCHAUX						
"	SAINT VIT						
"	VELLERDT-LES-BELVOIR						
"	DUHANS	MOUTHIER					
"		(La Loue)					
"	MOUTHIER-HAUTEPIERRE		VUILLAFANS				
"			(La Loue)				
"	AMANCEY						
"	CLERON						
"	EPENOY						
"	LEVIER			CHENECEY			
"	ORNANS			(La Loue)			
"	SCEY-EN-VARAI						
JURA	SUPT						
DOUBS	VILLENEUVE D'AMONT				PORT-LESNEY		
"					(La Loue)		
JURA	FONTENY						
"	PONT D'HERY						
"	SALINS					PARCEY	
"						(La Loue)	
"	ARBOIS						
DOUBS	ARC-ET-SENANS						
"	LIESIE						
JURA	CHATENOIS						
"	DOLE						
"	FALLETANS						
"	POLIGNY						
"	TAYAUX						
"	VILLETTE-LES-DOLE						
SUISSE	L'ABERGEMENT						
"	L'AUBERSON						
S. ET L.	BELLEVESVRE						
JURA	BESAIN						
SUISSE	LA BREVINE						
JURA	LE CHATELEY						
"	CHEMIN						
DOUBS	JOUGNE						
JURA	MIGNOVILLARD						
"	MOISSEY						
S. ET L.	PIERRE DE BRESSE						
"	ST GERMAIN DU BOIS						
SUISSE	VALLORBE REPOSOIR						
S. ET L.	VERDUN S/LE DOUBS						

Stations situées aux limites du bassin du Doubs
ou sur la partie du bassin entre Neublans
et le confluent de la Saône.

STATIONS	Alt. en m	Modules pluviométriques annuels par périodes de 5 ans				Hauteur maximale des précipitations annuelles (1946-1965) valeur Hm : année		Hauteur minimale des précipitations annuelles (1946-1965) valeur Hm : année		Module plu- viométrique annuel H (1946-65)	HM/H	Hm/H	Hm/Hm
		1946-1950	1951-1955	1956-1960	1961-1965								
DEPARTEMENT DU DOUBS													
ABBEVILLERS	580												
AMANCEY	596	(1356)	(1409)	(1333)	(1241)	1698	1952	926	1949	(1335)	(1,27)	(0,69)	1,83
ARC-ET-SENANS	236	1001	1060	1077	941	1321	1958	656	1964	1020	1,29	0,64	2,01
BAUME-LES-DAMES	280		(1075)	(993)	(1064)								
BESANCON (M.N)	307	1046	1121	1064	1030	1338	1965	711	1949	1065	1,26	0,67	1,88
BESANCON-PALENTL	345	987	1126	1144									
LE BIZOT	931	1391	1424	(1433)									
LE BOULOIS	549	1241	1289	1301	1307	1597	1965	899	1964	1259	1,27	0,71	1,78
CHARQUEMONT	870	(1366)	(1389)	(1390)	1298	1725	1965	915	1949	(1360)	(1,27)	(0,67)	1,88
CHATILLON-LE-DUC	450		(1193)	(1037)	(1166)								
CLERON	315		(1219)	(1262)	(1182)								
DAMPJOUX	360	1023	1159	1152	1068	1396	1952	758	1949	1100	1,27	0,68	1,84
EPENOY	730		(1495)	1534	1465								
LES FOURGS	1100			1527	1457								
GRANGLS-STE-MARIE	851	1417	1514	1429	1415	1913	1965	906	1949	1442	1,33	0,63	2,11
GUYANS-VENNES	810	(1339)	1536	1575	1332	1985	1952	818	1953	1445	1,37	0,57	2,43
L'ISLE-SUR-LE-DOUBS	292	(999)	(1194)	(1093)	1059	1417	1950	701	1949	(1086)	(1,30)	(0,65)	2,02
[JOUGNE]	1000	1348	1540	1467	(1464)	2046	1965	900	1953	(1454)	(1,49)	(0,62)	2,27
LEVIER	720	1530	1592	(1534)	(1440)	1925	1952	987	1949	(1524)	(1,26)	(0,65)	1,95
LIEBVILLERS	365	1058	1142	1191	1151	1519	1965	774	1949	1135	1,34	0,68	1,96

STATIONS	Alt. en m	Modules pluviométriques annuels par périodes de 5 ans				Hauteur maximale des précipitations annuelles (1946-1965)		Hauteur minimale des précipitations annuelles (1946-1965)		Module pluvio- métrique annu- el H (1946-1965)	HM/H	Hm/H	HM/Hm
		1946-1950	1951-1955	1956-1960	1961-1965	valeur Hm : année	valeur Hm : année						
DEPARTEMENT DU DOUBS													
LIESLE	250	(1060)	(1147)	(1165)									
MAICHE	820	(1246)	(1303)	(1197)	(1170)	1526	1965	386	1964	(1229)	(1,24)	(0,72)	1,72
MONTBELIARD	316	944	1168	1046	1031	1414	1952	668	1949	1046	1,35	0,64	2,12
MORTEAU	759			1510	(1268)								
MOUTHE	935	(1643)	(1794)	1905	1782	2312	1965	1029	1949	(1781)	(1,30)	(0,58)	2,25
MOUTIER-HAUTEPIERRE	420												
NANCRAY	430			(1181)	1163								
ORNANS	341	(1106)	(1243)	1242	(1247)	1749	1965	766	1949	(1209)	(1,44)	(0,63)	2,23
OURANS	600	1521	(1408)	1468	1450	1930	1965	959	1953	(1462)	(1,32)	(0,66)	2,01
OYE-ET-PALLET	850		(1571)	1413	1360								
PASSAVANT	564		(1333)	1247	1223								
PIERREFONTAINE	709		1343		1163								
PONTARLIER	840	1375	1515	1421	1391	1847	1965	908	1949	1425	1,30	0,64	2,03
LE RUSSEY	900	1392	(1438)	1434	1295	1735	1948	911	1949	(1390)	(1,25)	(0,66)	1,90
SANCEY-LE-GRAND	510	(1130)	(1339)	(1348)	(1152)	1392	1965	726	1949	(1242)	(1,12)	(0,58)	1,92
SCEY-EN-VARAI	334	969	(1297)	1299	1264	1692	1965	833	1949	(1206)	(1,40)	(0,69)	2,09
SUCHAUX	318	(915)	1005	1020	974	1351	1965	607	1949	(978)	(1,38)	(0,62)	2,23
SAINTE-VIT	260	821	(943)	929	(910)	1258	1965	533	1964	(900)	(1,40)	(0,59)	2,36
VAUFREY	403		(1230)	1255	1160								
VELLEROT-LES-BELVOIR	837				(1158)								

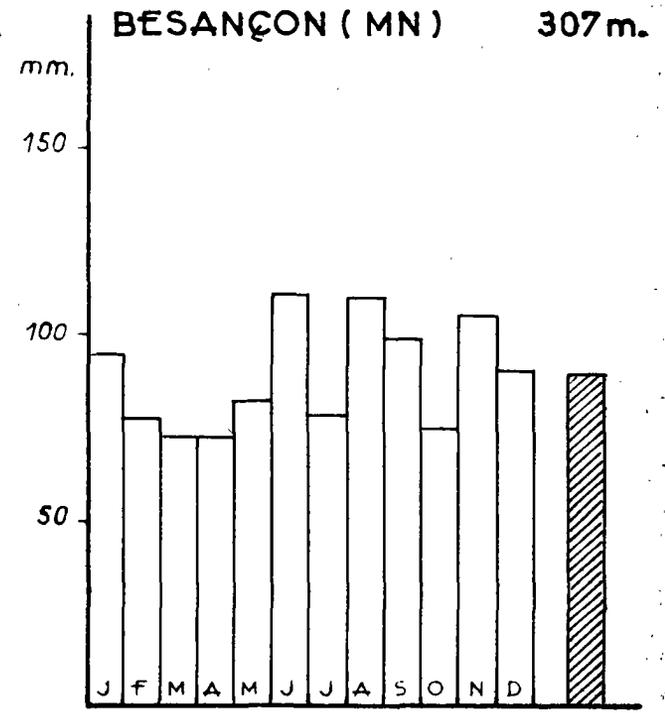
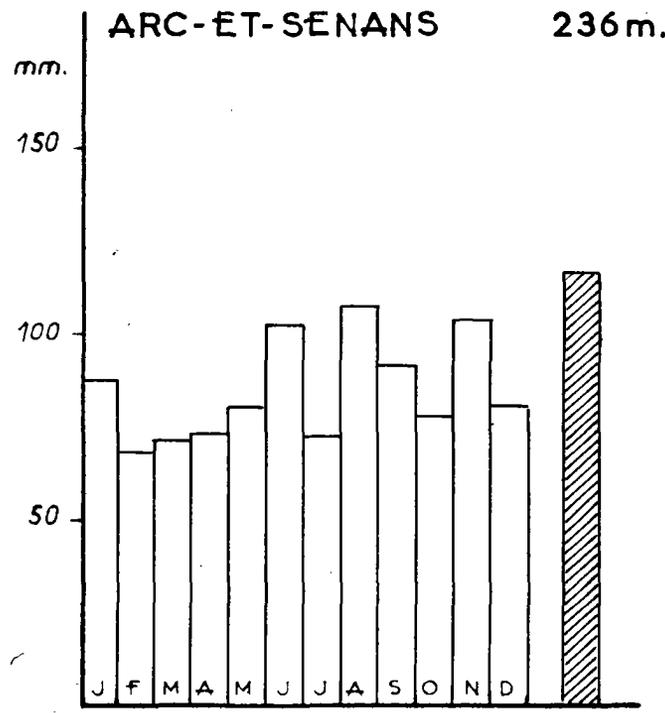
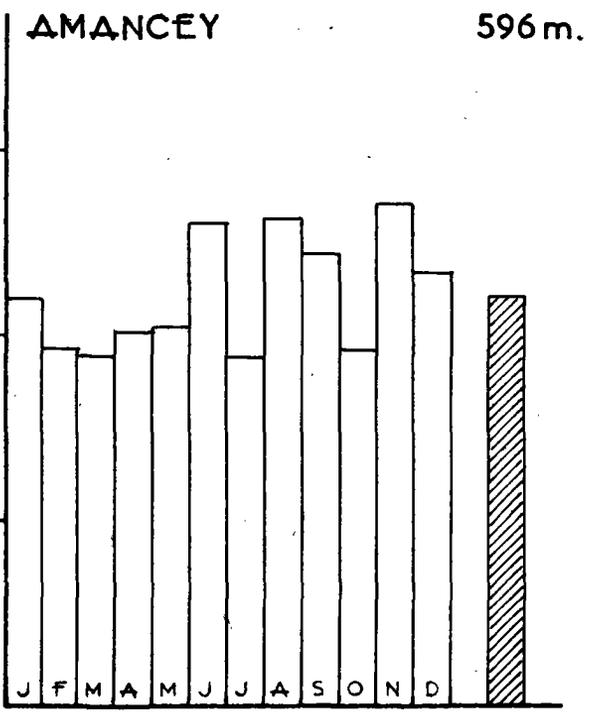
STATIONS	Alt. en m	Modules pluviométriques annuels par périodes de 5 ans				Hauteur maximale des précipitations annuelles (1946-1965) valeur Hm	Hauteur minimale des précipitations annuelles (1946-1965) valeur Hm	Module pluvio- métrique annu- el H (1946-1965)	HM/H	Hm/H	HM/Hm		
<u>DEPARTEMENT DU DOUBS</u>													
VILLENEUVE D'AMONT	700	1381	1343	1379	1499	1941	1965	853	1949	1400	1,39	0,61	2,28
VILLERS-LE-LAC	950	1546	1618	1581	1453	1898	1965	1032	1964	1537	1,24	0,67	1,84
<u>TERRITOIRE-DE-BELFORT</u>													
BAVILLERS	350												
BELFORT (M.N.)	422	(897)	1101	1040	974	1297	1952	573	1949	(1003)	(1,29)	(0,57)	2,26
BUC	370												
GIROMAGNY	471			1696	1452								
JONCHEREY	388			1008	(969)								
LEPUIX	1100			(2463)	2240								
ST-GERMAIN-LE-CHATELET	395				(1052)								
<u>DEPARTEMENT DU JURA</u>													
ARBOIS	291		(1356)	1340	1171								
{BESAIN}	535		(1529)	1611	1502								
{LE CHATELEY}	240		1122	1094	1047								
CHATENOIS	224				864								
{CHEMIN}	190			(767)	683								
DOLE	238		928	952	825								
FALLETANS	240		1024	(1084)	(991)								

STATIONS	Alt. en m	Modules pluviométriques annuels par périodes de 5 ans				Hauteur maximale des précipitations annuelles (1946-1965) valeur Hm: année		Hauteur minimale des précipitations annuelles (1946-1965) valeur Hm: année		Module pluvio- métrique annu- el H (1946-1965)	HM/H	Hm/H	HM/Hm
		1946-1950	1951-1955	1956-1960	1961-1965								
<u>DEPARTEMENT DU JURA</u>													
FONTENY	670			1504	(1407)								
FRAISANS	217		1101	1068	(986)								
[MIGNOVILLARD]	870		1747	1770	1756								
[MOISSEY]	240			(954)	865								
POLIGNY	322		(1198)	(1198)	1220								
PONT-D'HERY	675			1504									
SALINS	350			(1390)	(1272)								
SUPT	725		1936	1895	1732								
TAVAUX	185	(814)	882	(901)	(816)	1161	1965	491	1964	(853)	(1,36)	(0,58)	2,36
VILLETTE-LES-DOLE	214												
<u>DEPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE</u>													
[BELLEVESVRE]	191	(852)	869	855	925	1237	1965	508	1964	(875)	(1,41)	(0,58)	2,44
[PIERRE-DE-BRESSE]	208		945	929	(857)								
[SAINT-GERMAIN-DU-BOIS]	208	(795)	901	924	896	1291	1965	513	1964	(879)	(1,47)	(0,58)	2,52
[VERDUN-SUR-LE-DOUBS]	176	(618)	780	(830)	811	1126	1965	515	1964	(759)	(1,48)	(0,68)	2,19
<u>SUISSE</u>													
FAHY	596				989								
[L'ABERGEMENT]	645	1141	1246	1199	1156	1579	1965	720	1949	1185	1,33	0,61	2,19
[LA BREVINE]	1043	1332	1440	1364	(1394)	1971	1965	915	1949	(1382)	(1,43)	(0,66)	2,15

BASSIN DU DOUBS : VALEURS MOYENNES ET EXTREMES DES HAUTEURS DES PRECIPITATIONS ANNUELLES (1946-1965)

STATIONS	Alt. en m	Modules pluviométriques annuels par périodes de 5 ans				Hauteur maximale des précipitations annuelles (1946-1965) valeur HM : année		Hauteur minimale des précipitations annuelles (1946-1965) valeur hm : année		Module pluvio- métrique an- nuel H (1946-1965)	HM/H	Hm/H	HM/Hm
		1946-1950	1951-1955	1956-1960	1961-1965								
<u>SUISSE</u>													
LA CHAUX-DE-FONDS	990	1272	1382	1363	1296	1706	1965	887	1964	1328	1,28	0,67	1,92
{L'AUBERSON}	1102	1329	1634	1577	1591	2235	1965	929	1949	1532	1,46	0,61	2,41
LE LOCLE	920	1407	1508	1408	1403	1879	1952	962	1964	1431	1,31	0,67	1,95
LES BRENETS	875	1386	1511	1395	1353	1826	1952	987	1964	1411	1,29	0,70	1,85
LES VERRIERES	930				1584								
MONT-SOLEIL	1183	1459	1460	1436	1449	1929	1965	1023	1953	1451	1,33	0,71	1,89
MORMONT	548	995	1017	1019	1020	1274	1965	695	1953	1012	1,26	0,70	1,83
PORRENTROY	444												
SAIGNELEGIER	980	1406	1386	1388	1290	1730	1965	1029	1949	1367	1,27	0,75	1,68
SAINTE-URSANNE	750												
VALLORBE-REPOSOIR	920	1454	1625	1535	1470	2106	1965	1055	1964	1521	1,38	0,69	2,00

68 SGR 162 JAL



SGR Jura-41.100

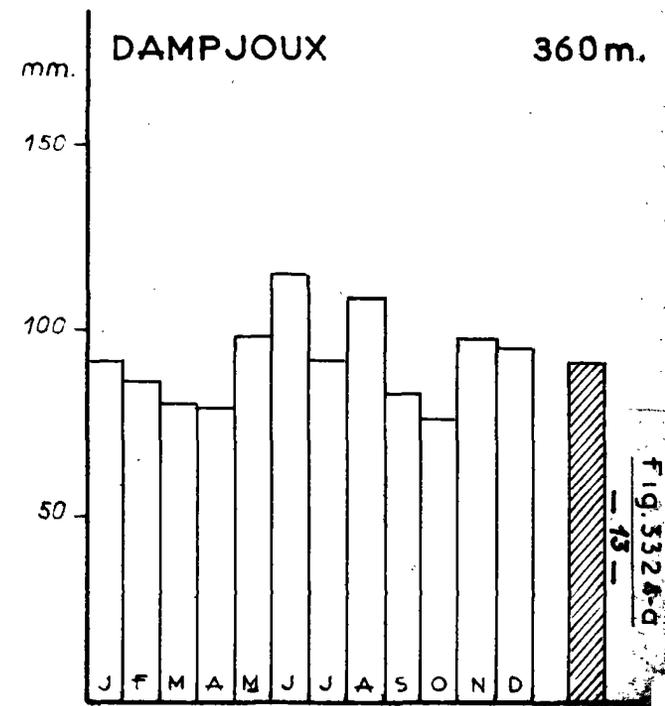
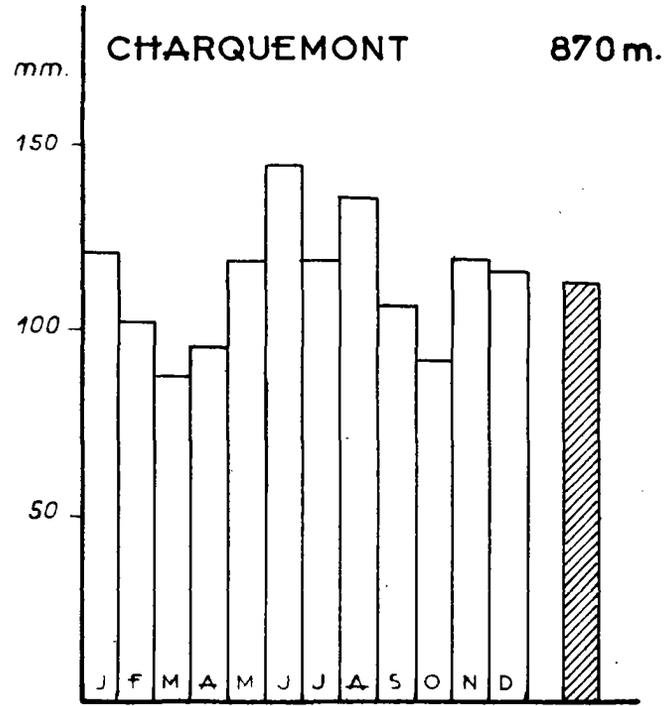
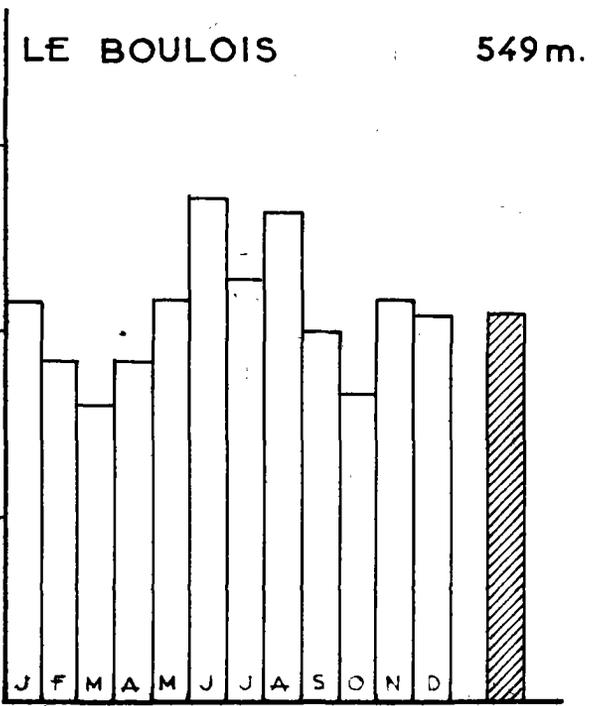
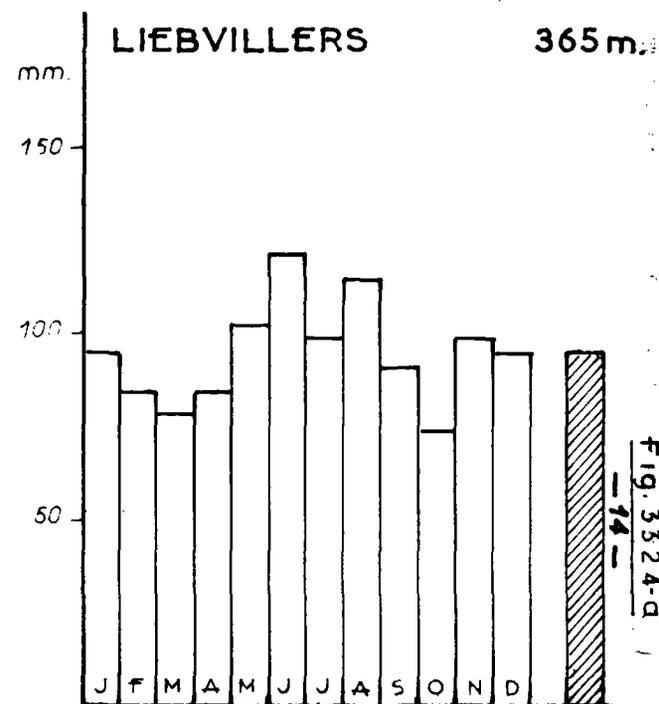
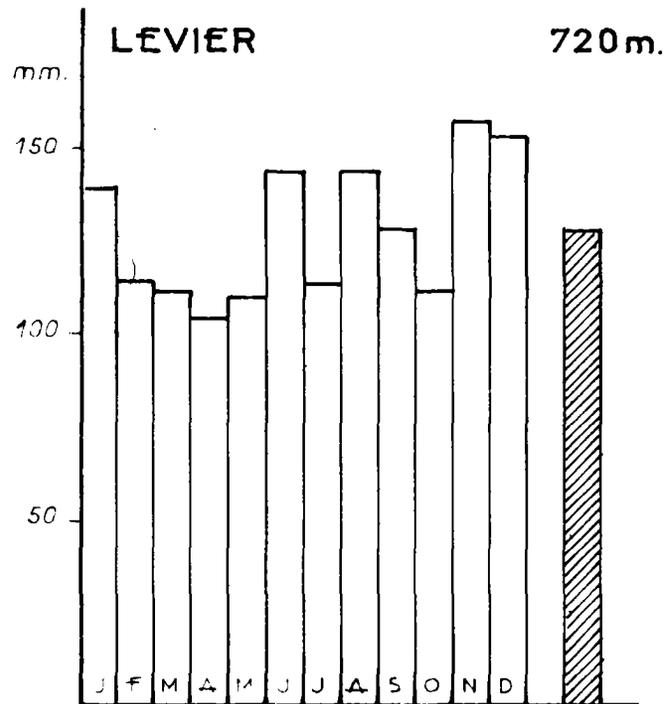
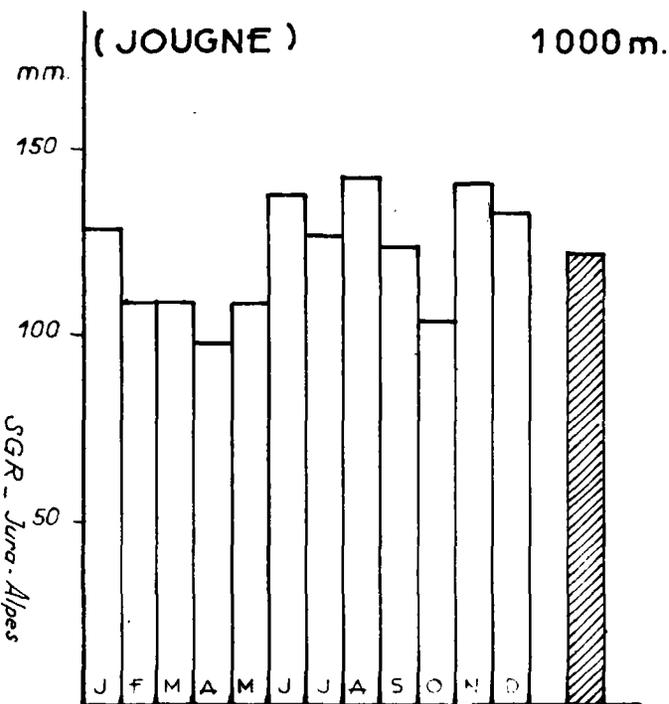
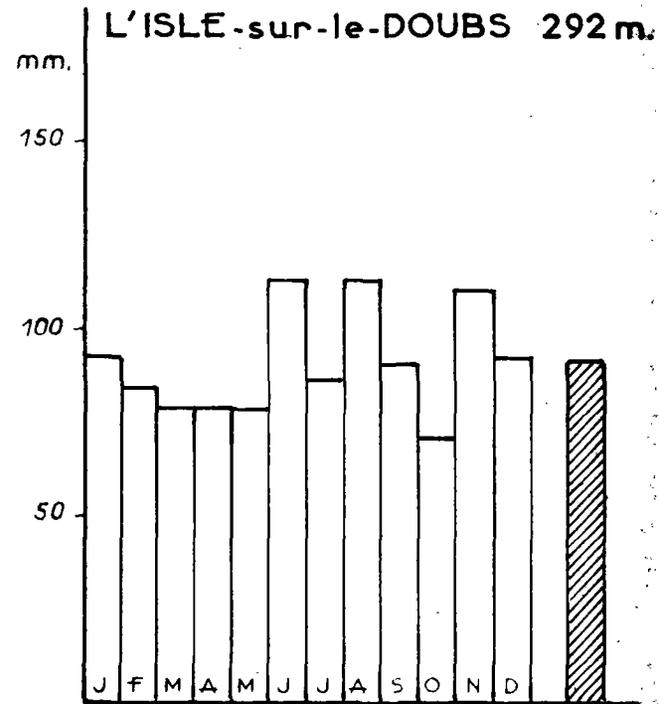
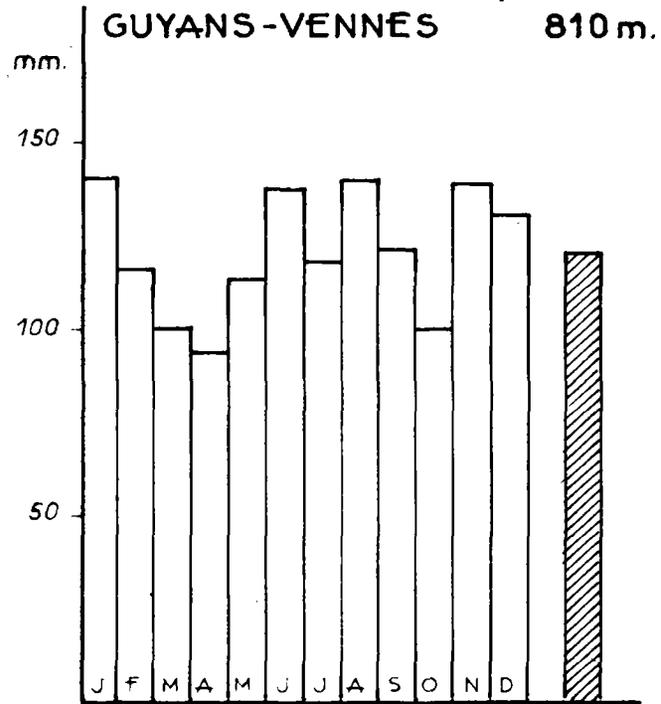
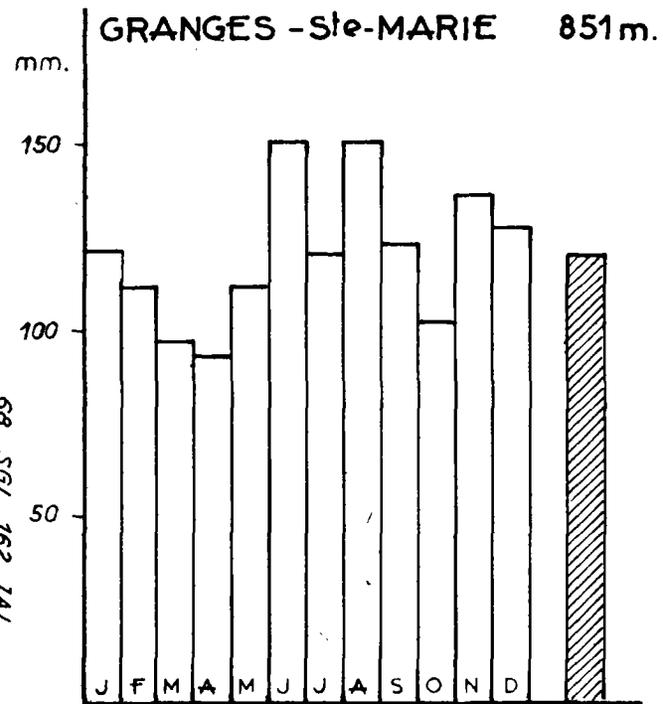
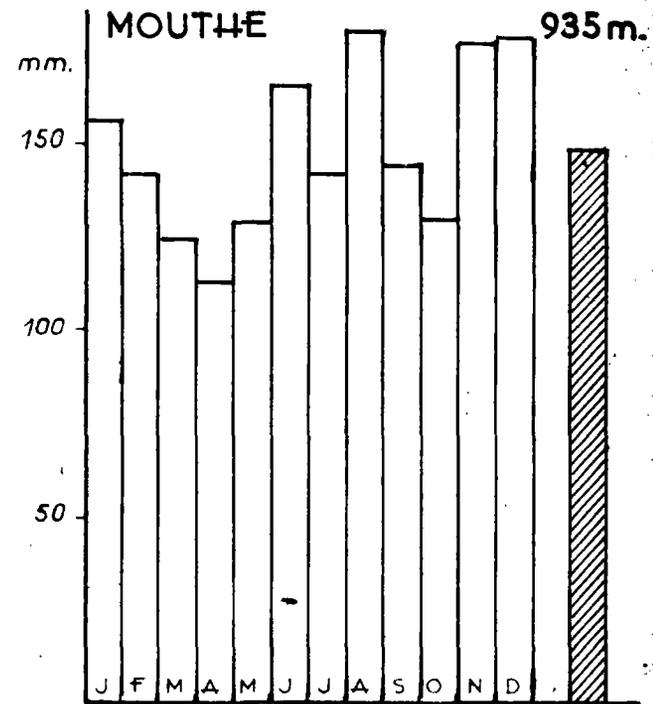
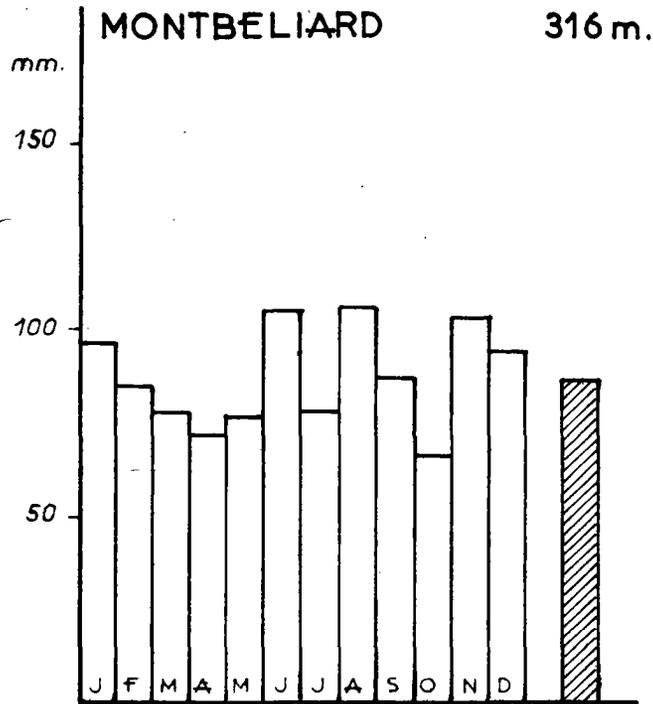
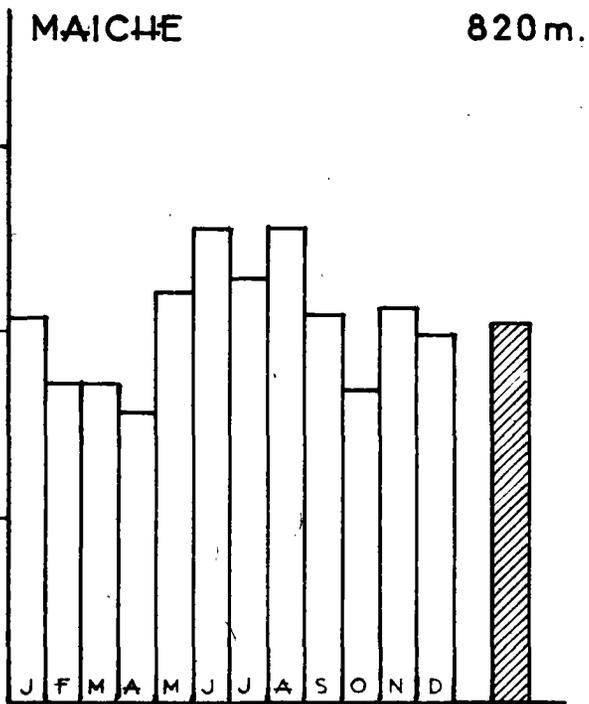


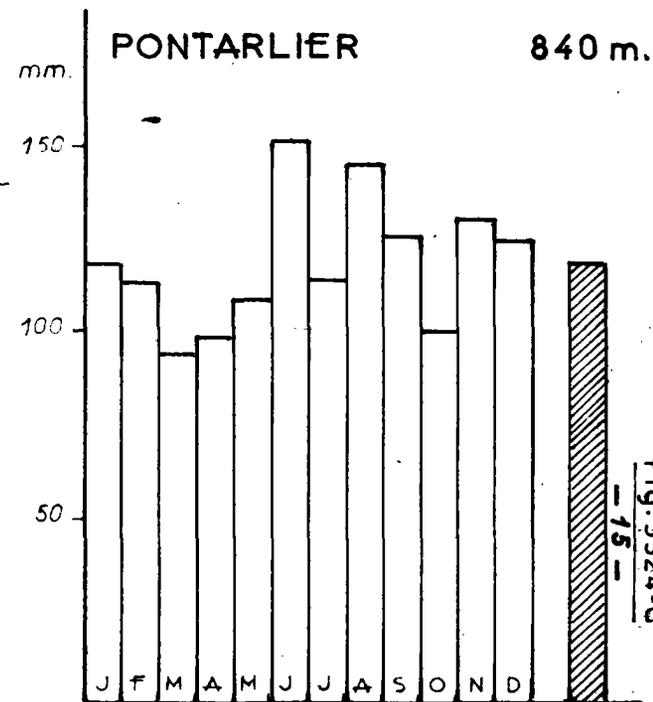
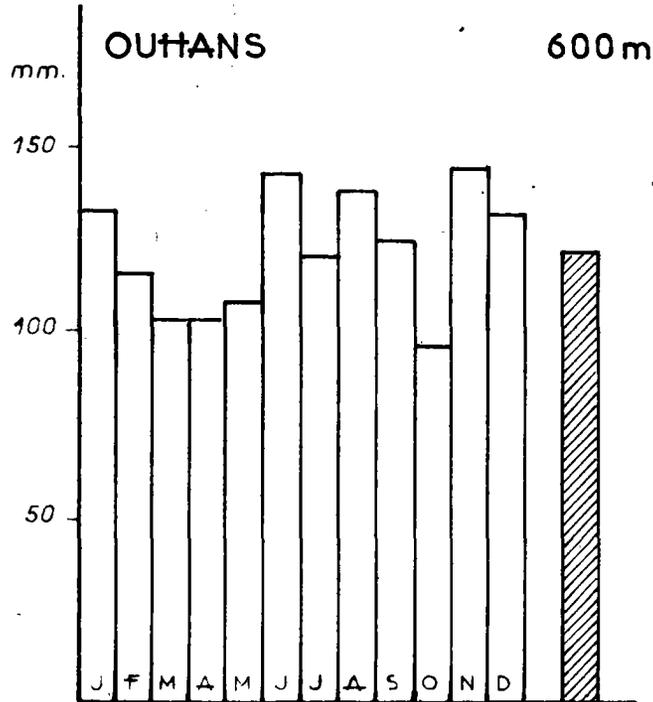
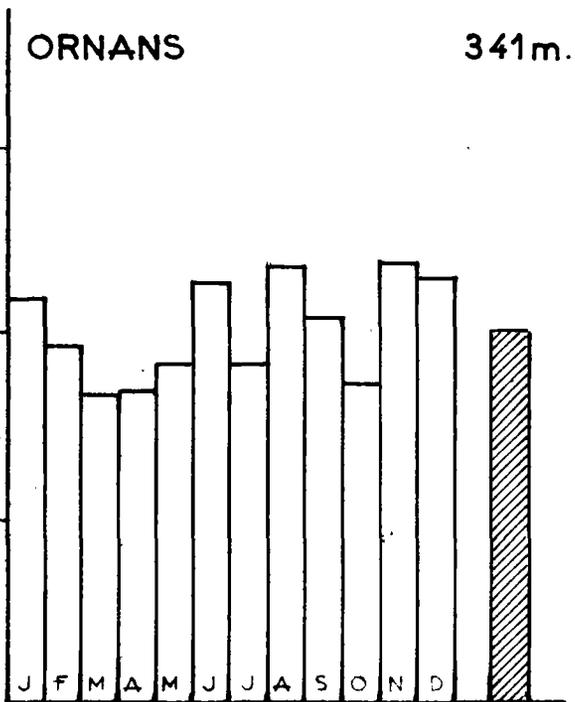
Fig. 3328-D

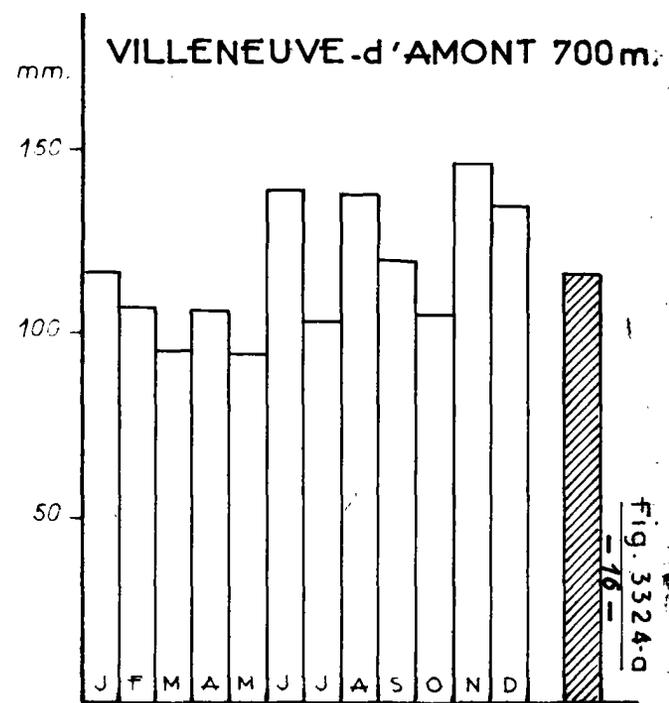
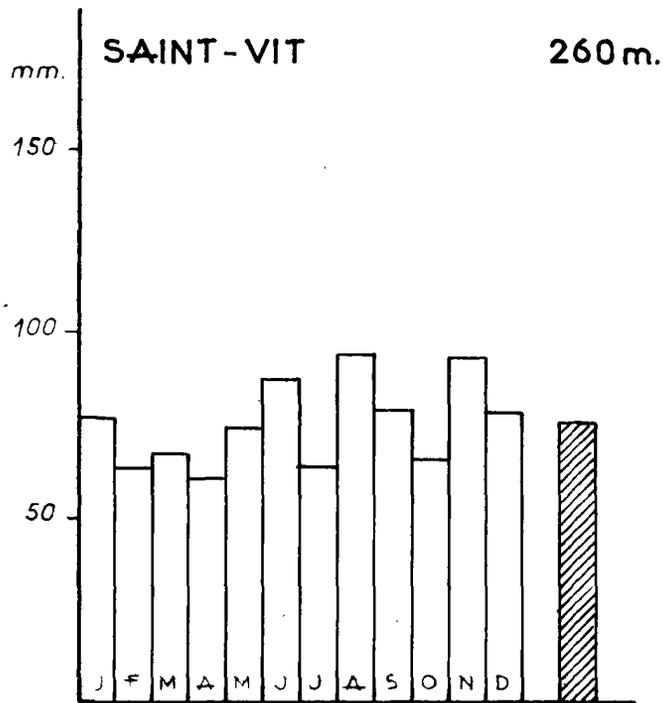
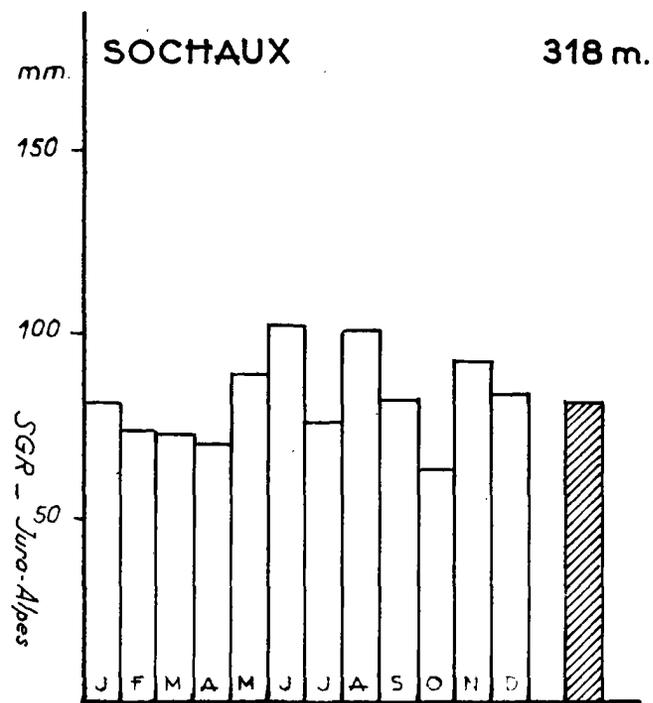
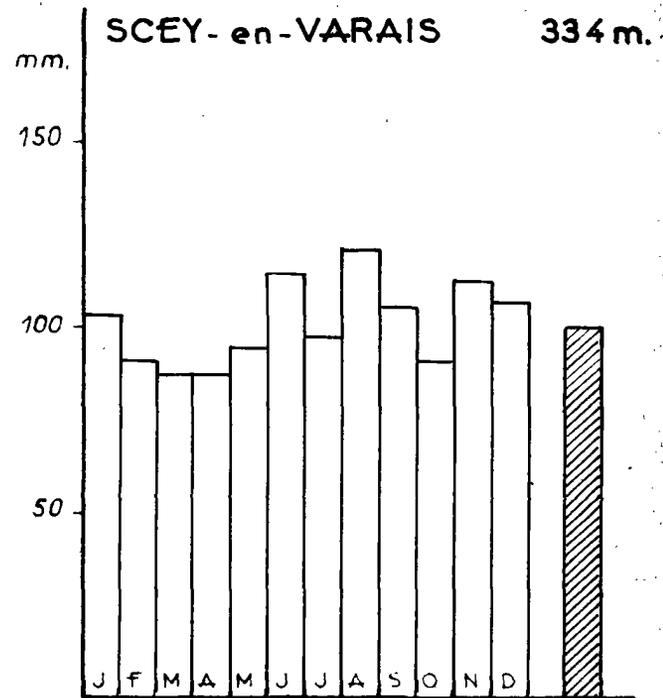
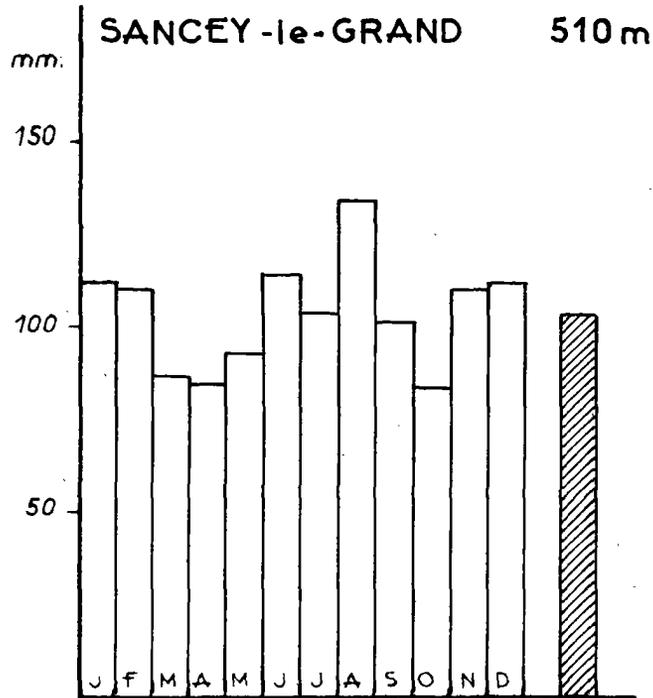
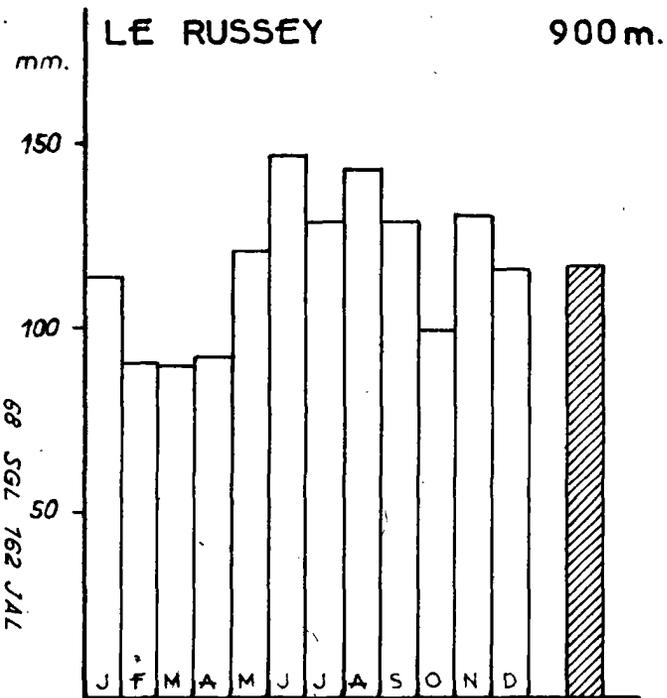


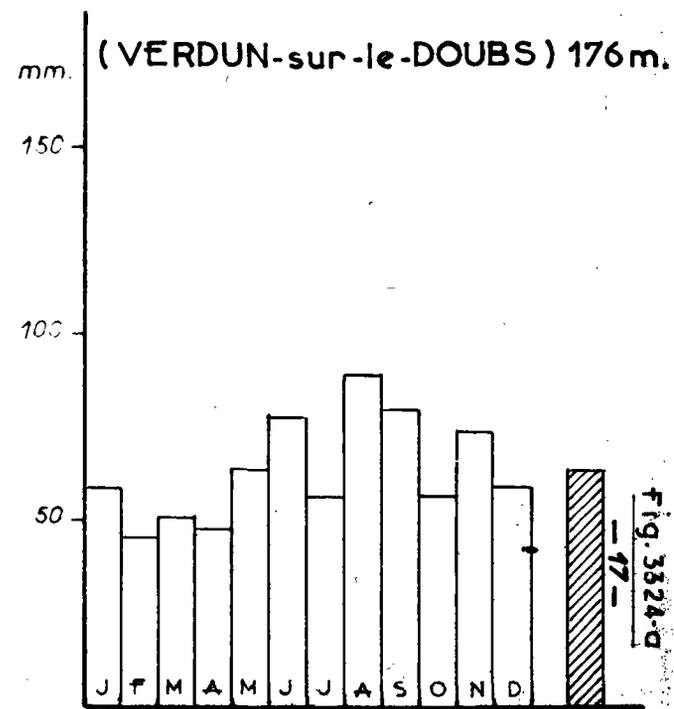
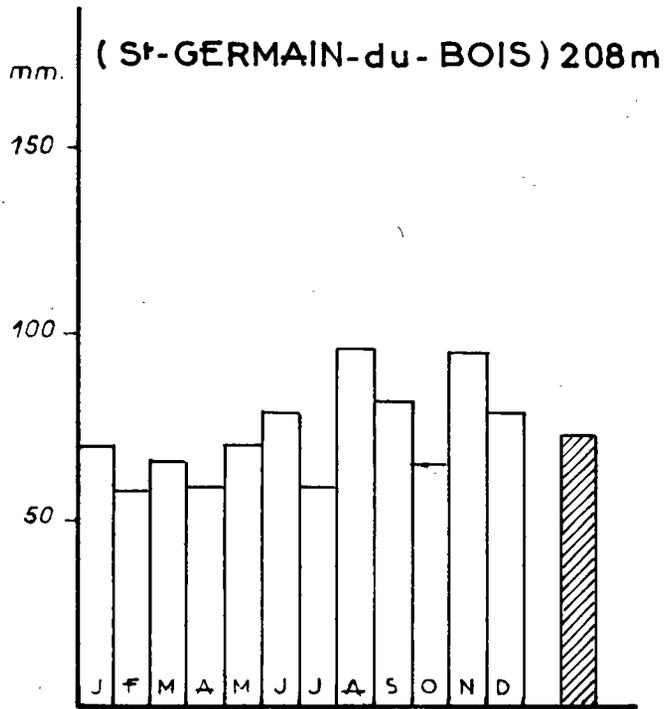
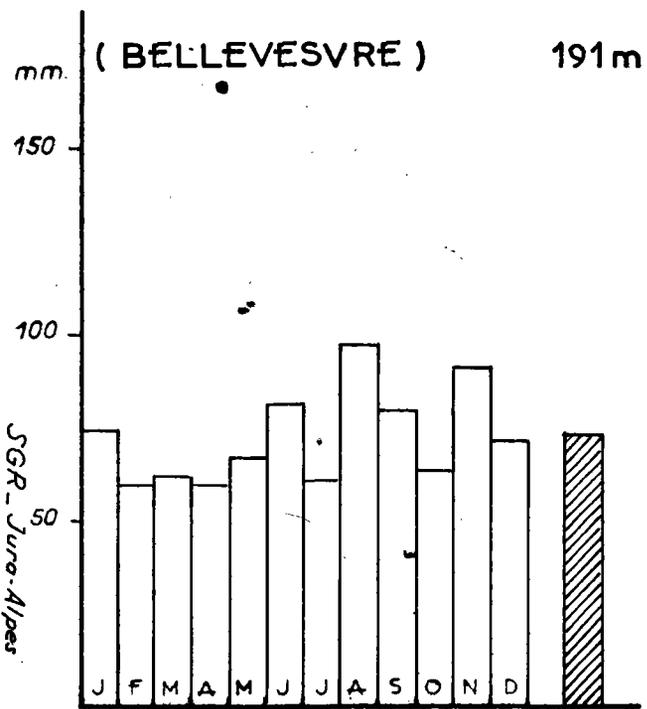
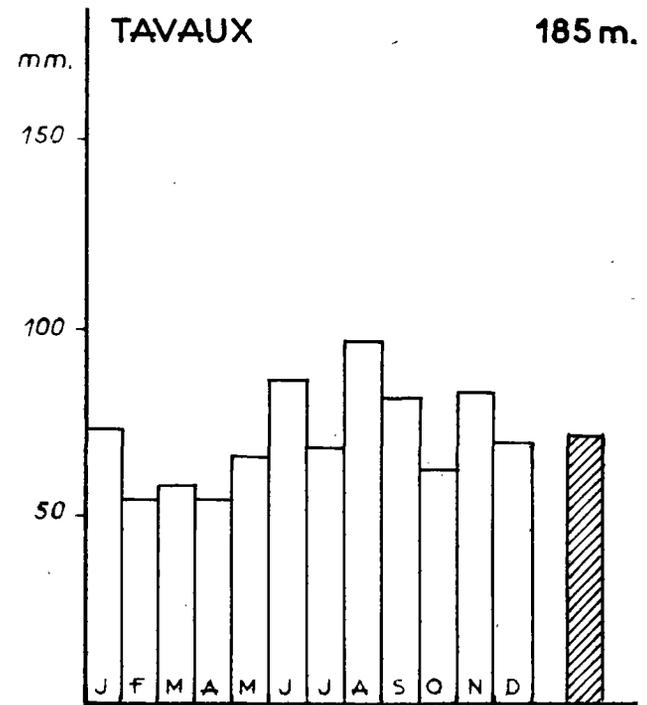
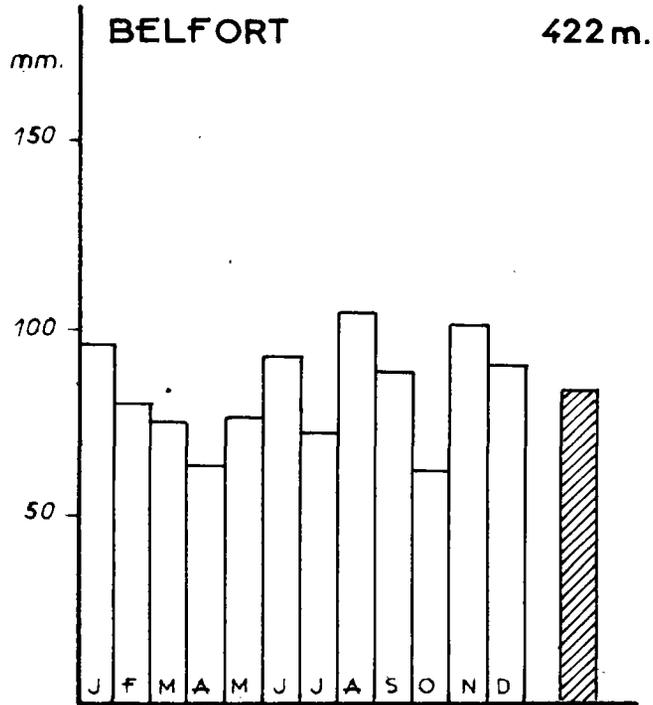
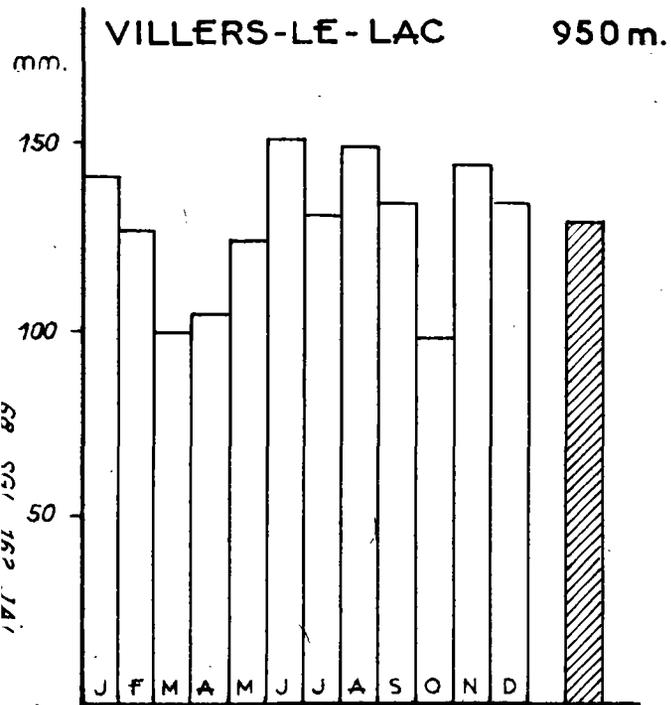
88 SGL 162 JAL



SGR - Juin - Alpes



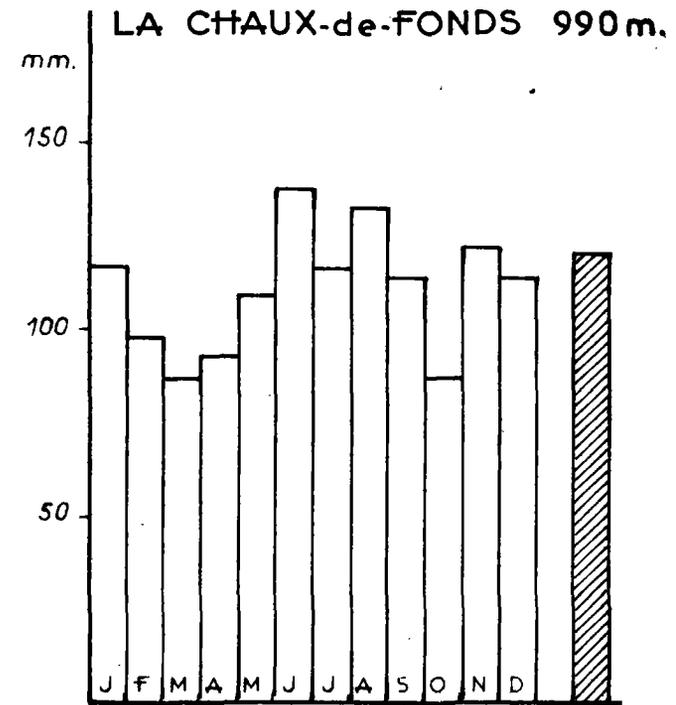
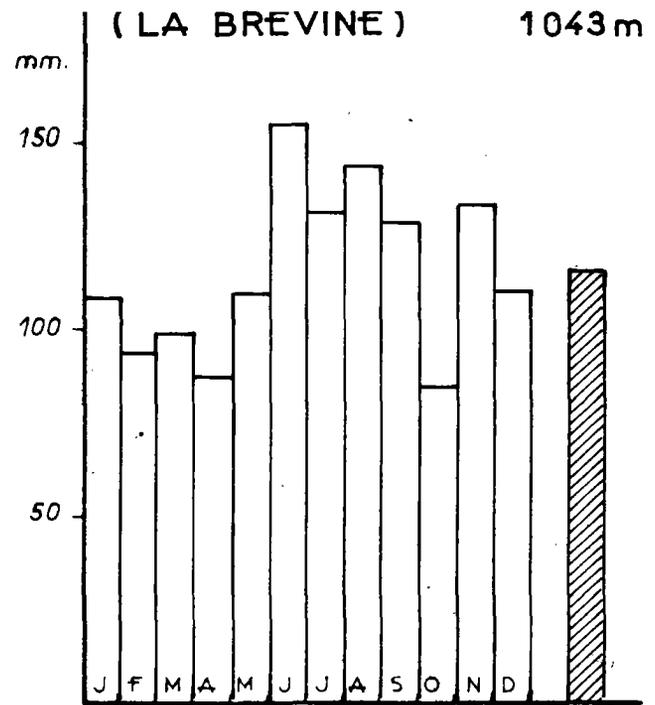
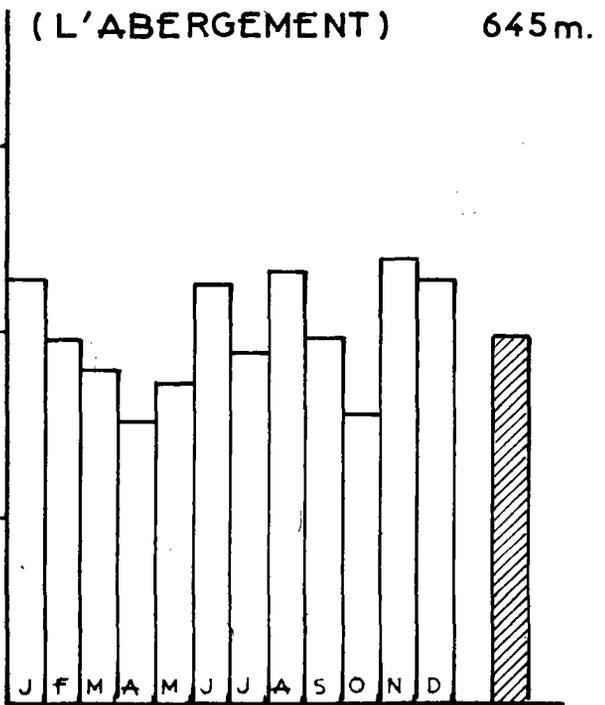




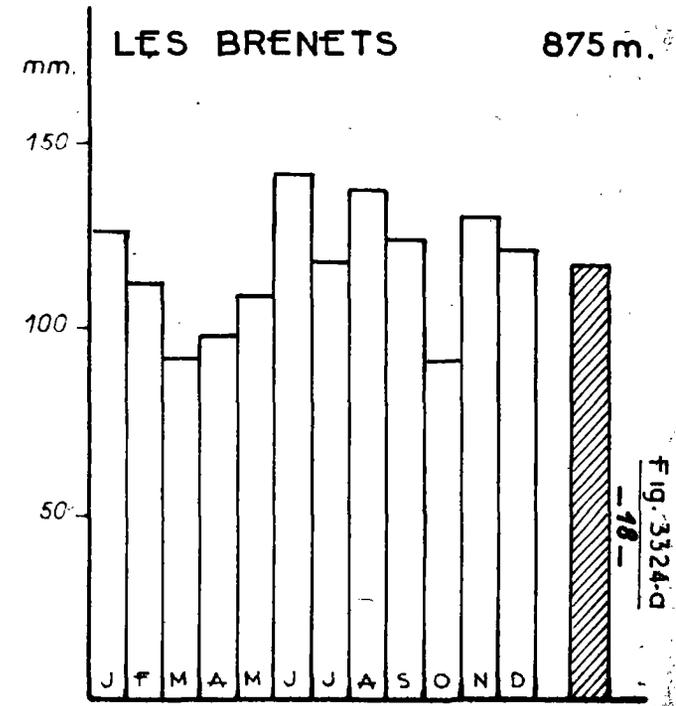
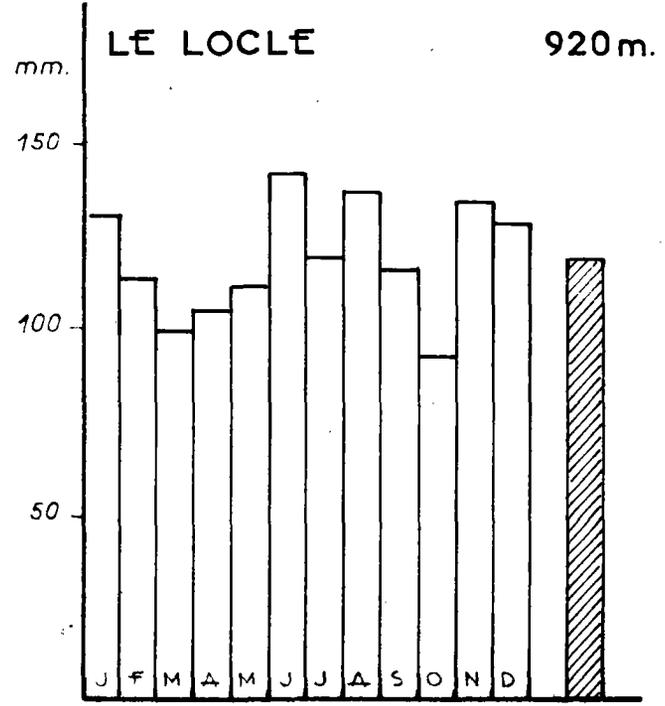
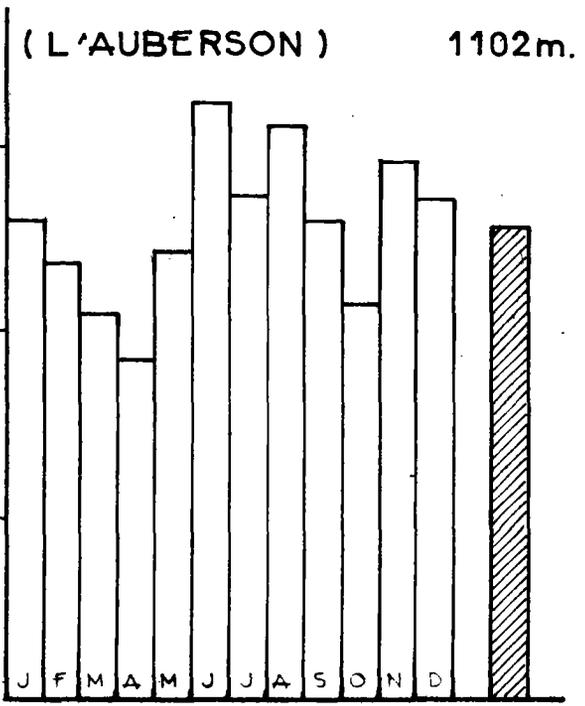
68 SGI 162 141

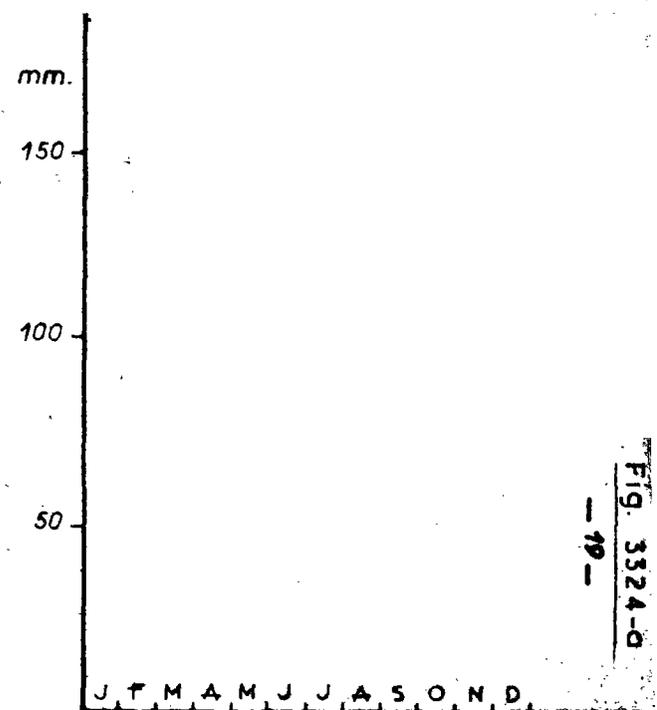
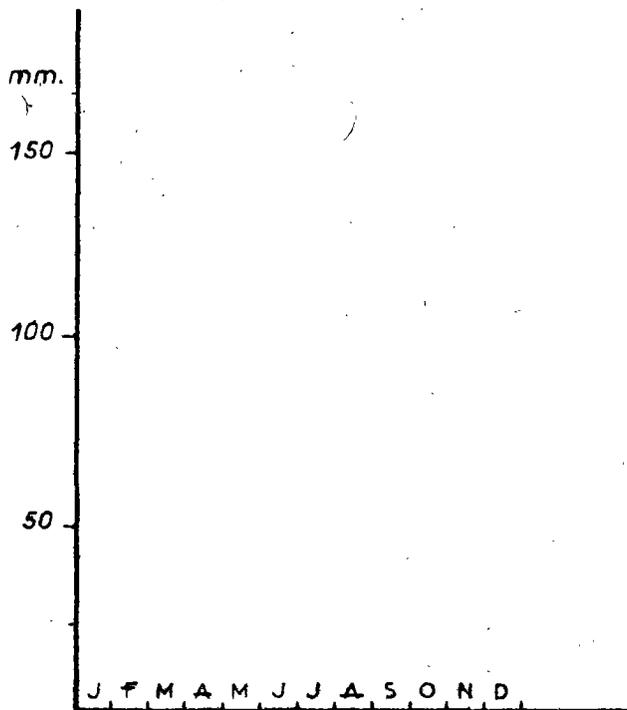
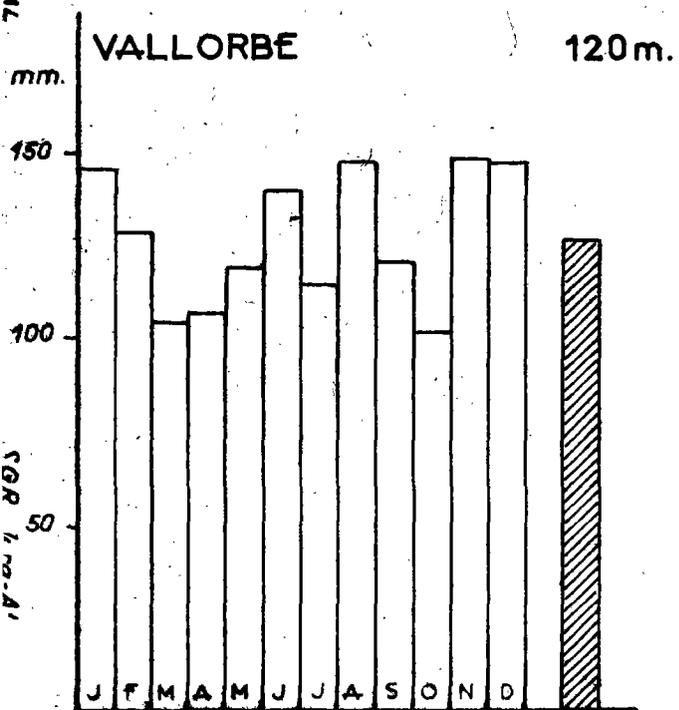
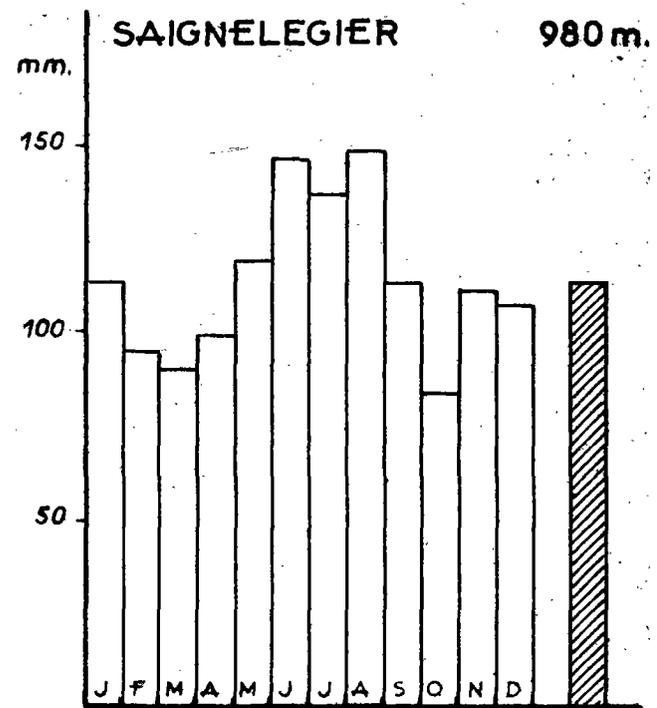
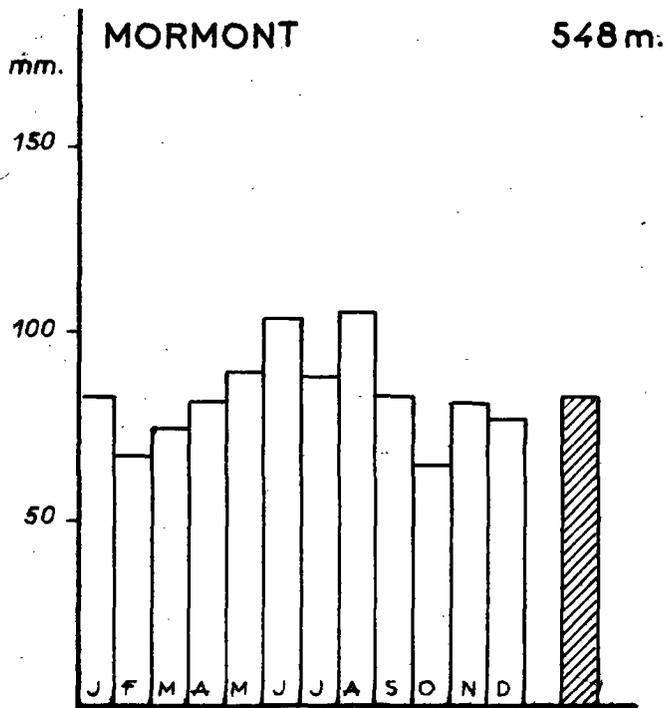
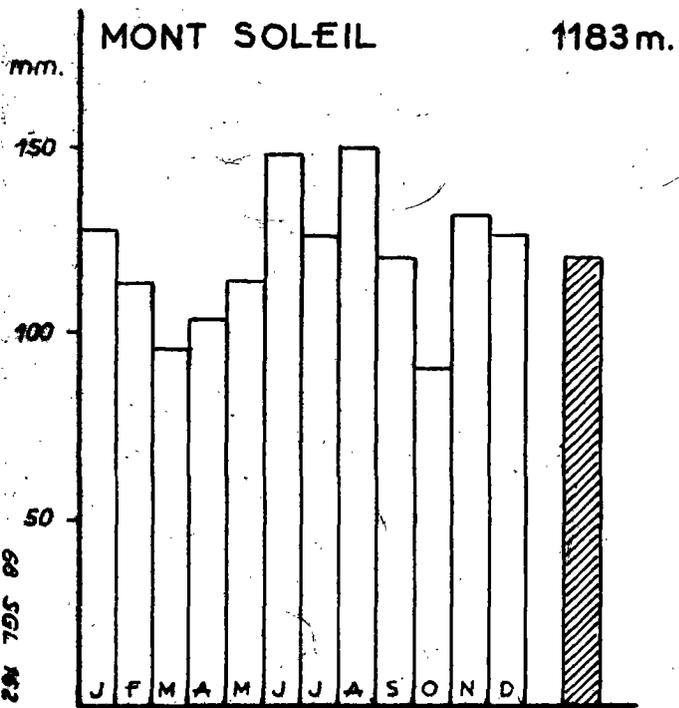
SGR - Jura-Alpes

68 SGL 162 JAL



SGR - Jura-Alpes





BASSIN DU DOUBS : PRECIPITATIONS MENSUELLES (1946-1965) : MOYENNES, MAXIMUMS, MINIMUMS.

ECARTS ENTRE MAXIMUMS ET MINIMUMS ET COEFFICIENTS PLOUVIOMETRIQUES RELATIFS.

ARC-ET-SENANS 236 m

Mois	Moyenne	Maximum	Année du maximum	Minimum	Année du minimum	Maximum - minimum	Coefficient pluviométrique
J	88	188	1948	20	1953	168	1,04
F	69	169	1957	6	1959	163	0,81
M	71	159	1947	18	1946	141	0,84
A	73	155	1950	9	1955	146	0,86
M	81	143	1965	43	1960	100	0,95
J	103	258	1953	11	1949	247	1,21
J	72	152	1956	9	1952	143	0,85
A	108	211	1954	36	1949	175	1,27
S	92	195	1965	4	1959	191	1,08
O	78	186	1952	25	1965	161	0,92
N	104	353	1950	20	1953	333	1,22
D	81	139	1954	7	1963	132	0,95
Année	1020	2308		208		2100	12,00

BELFORT 422 m

Mois	Moyenne	Maximum	Année du maximum	minimum	Année du minimum	Maximum - minimum	Coefficient pluviométrique
J	(96)	203	1959	17	1953	186	(1,15)
F	(80)	183	1958	7	1959	176	(0,96)
M	75	153	1951	6	1950 et 1953	147	0,90
A	63	122	1950	5	1955	117	0,75
M	76	127	1951	14	1947	113	0,91
J	93	198	1953	21	1962	177	1;11
J	72	147	1956	10	1949	137	0,86
A	104	233	1963	34	1953	199	1,24
S	89	164	1965	18	1947	146	1,07
O	62	217	1952	19	1962	198	0,74
N	102	346	1950	19	1953	327	1,22
D	91	192	1965	10	1963	182	1,09
Année	1003	2285		180		2105	12,00

BASSIN DU DOUBS : PRÉCIPITATIONS MENSUELLES (1946-1965) : MOYENNES, MAXIMUMS, MINIMUMS,

ECARTS ENTRE MAXIMUMS ET MINIMUMS ET COEFFICIENTS PLUVIOMETRIQUES RELATIFS.

BESANCON

307 m

Mois	Moyenne	Maximum	Année du maximum	Minimum	Année du minimum	Maximum - minimum	Coefficient pluviométrique
J	95	218	1948	23	1953	195	1,07
F	77	178	1957	7	1959	171	0,87
M	72	200	1947	13	1953	187	0,81
A	72	176	1950	16	1955	160	0,81
M	82	148	1965	44	1959	104	0,92
J	111	264	1953	16	1962	248	1,25
J	78	133	1953	13	1949	120	0,88
A	110	213	1963	47	1953 et 1959	166	1,24
S	99	189	1952	14	1959	175	1,12
O	74	196	1952	22	1965	174	0,83
N	105	356	1950	15	1953	341	1,18
D	90	167	1965	6	1963	161	1,02
Année	1065	2438		236		2202	12,00

LA-CHAUX-DE-FONDS

990 m

Mois	Moyenne	Maximum	Année du maximum	Minimum	Année du minimum	Maximum - minimum	Coefficient pluviométrique
J	117	239	1955	21	1953	218	1,06
F	98	250	1957	3	1959	247	0,88
M	87	200	1947	10	1953	190	0,79
A	93	158	1965	23	1955	135	0,84
M	109	180	1950	36	1947	144	0,98
J	138	245	1953	53	1954	192	1,25
J	116	248	1956	13	1964	235	1,05
A	133	236	1954	45	1953	191	1,20
S	114	222	1954	38	1947	184	1,03
O	87	217	1952	24	1962	193	0,79
N	122	451	1950	31	1955	420	1,10
D	114	260	1965	5	1963	255	1,03
Année	1328	2906		302		2604	12,00

BASSIN DU DOUBS : PRECIPITATIONS MENSUELLES (1946-1965) : MOYENNES, MAXIMUMS, MINIMUMS,
ECARTS ENTRE MAXIMUMS ET MINIMUMS ET COEFFICIENTS PLUVIOMETRIQUES RELATIFS.

DAMPJOUX 360 m

Mois	Moyenne	Maximum	Année du maximum	Minimum	Année du minimum	Maximum - minimum	Coefficient pluviométrique
J	92	162	1959	20	1953	142	1,00
F	86	230	1957	6	1959	224	0,94
M	80	179	1947	10	1950	169	0,87
A	79	150	1950	8	1955	142	0,86
M	98	150	1964	45	1959	105	1,07
J	115	265	1953	40	1949	225	1,25
J	92	210	1948	15	1949 et 1962	195	1,00
A	109	195	1954	36	1962	159	1,19
S	83	201	1954	9	1959	192	0,91
O	73	191	1952	25	1957	166	0,80
N	98	341	1950	16	1955	325	1,07
D	25	204	1954	6	1963	198	1,04
Année	1100	2478		236		2242	12,00

OUHANS 600m

Mois	Moyenne	Maximum	Année du maximum	Minimum	Année du minimum	Maximum - minimum	Coefficient pluviométrique
J	133	287	1948	24	1953	263	1,09
F	116	313	1957	10	1959	303	0,95
M	103	292	1947	16	1953	276	0,85
A	103	193	1965	14	1955	179	0,85
M	108	175	1946	27	1959	148	0,89
J	(143)	300	1963	50	1954	250	(1,17)
J	(121)	279	1948	21	1949	258	(0,99)
A	138	288	1963	45	1959	243	1,13
S	125	244	1960	23	1947	221	1,03
O	96	211	1952	35	1957 et 1962	176	0,79
N	144	519	1950	37	1953	482	1,18
D	132	291	1965	8	1963	283	1,08
Année	(1462)	3392		310		3082	12,00

S.G.R. Jura-Alpes

BASSIN DU DOUBS : PRECIPITATIONS MENSUELLES (1946-1965) : MOYENNES, MAXIMUMS, MINIMUMS,

ECARTS ENTRE MAXIMUMS ET MINIMUMS ET COEFFICIENTS PLUVIOMETRIQUES RELATIFS.

PONTARLIER 840 m

Mois	Moyenne	Maximum	Année du maximum	Minimum	Année du minimum	Maximum-minimum	Coefficient pluviométrique
J	118	241	1948	28	1953	213	1,00
F	113	243	1957	9	1959	234	0,95
M	94	213	1965	11	1953	202	0,79
A	99	176	1965	16	1955	160	0,83
M	109	195	1950	61	1947	134	0,92
J	152	300	1963	37	1962	263	1,28
J	114	249	1948	19	1949	230	0,96
A	145	304	1963	57	1962	247	1,22
S	126	244	1954	27	1947	217	1,06
O	100	240	1952	33	1957	207	0,84
N	130	458	1950	34	1962	424	1,10
D	125	232	1965	11	1963	221	1,05
Année	1425	3095		343		2752	12,00

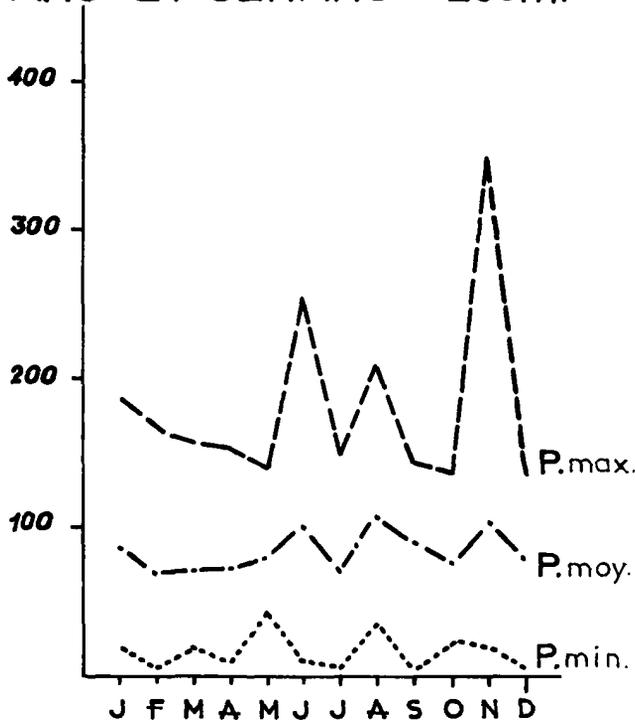
VILLENEUVE D'AMONT 700 m

MOIS	Moyenne	Maximum	Année du maximum	Minimum	Année du minimum	Maximum-minimum	Coefficient pluviométrique
J	116	259	1948	20	1953	239	0,99
F	107	254	1957	7	1959	247	0,92
M	95	223	1965	13	1953	210	0,82
A	106	296	1947	6	1955	290	0,91
M	94	173	1965	27	1956	146	0,81
J	138	322	1963	33	1962	289	1,18
J	103	210	1948	10	1952	200	0,88
A	137	314	1963	41	1949 et 1953	273	1,17
S	119	267	1960	16	1959	251	1,02
O	105	298	1952	30	1965	268	0,90
N	146	273	1963	23	1955	250	1,25
D	134	314	1965	7	1963	307	1,15
Année	1400	3203		233		2970	12,00

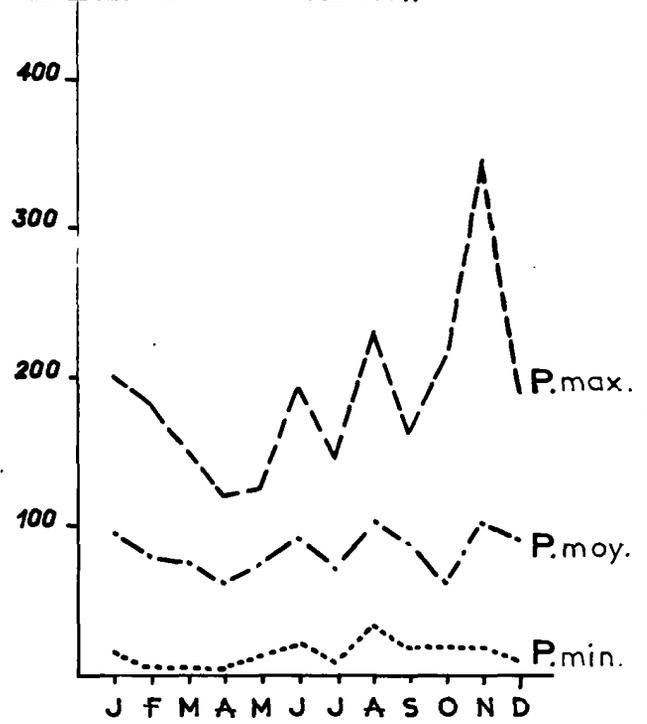
68 SGL 162 JAL

PRECIPITATIONS MENSUELLES MOYENNES
 MAXIMA ET MINIMA
 (1946 - 1965)

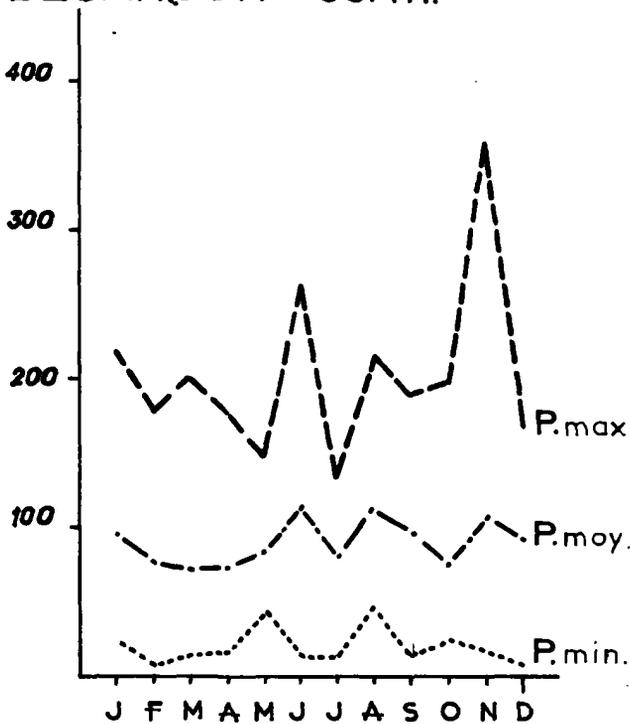
ARC-ET-SENANS 236m.



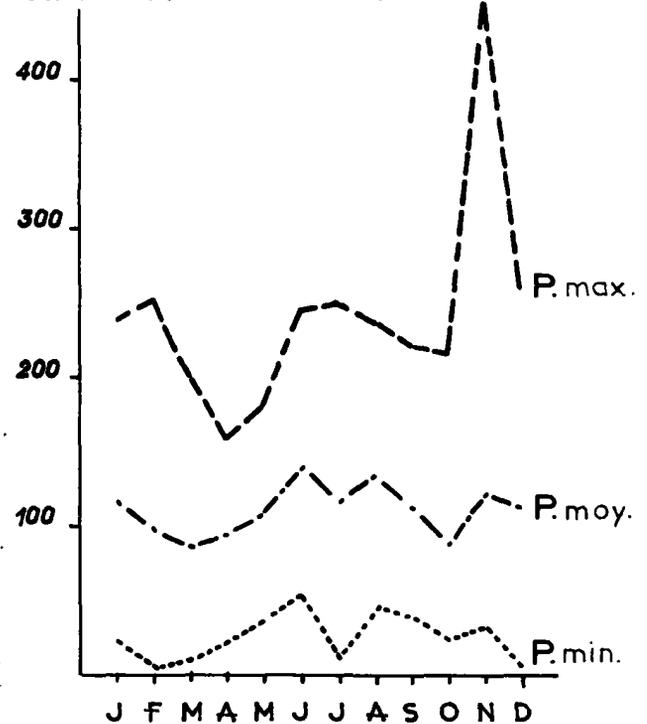
BELFORT 422m.



BESANÇON 307m.

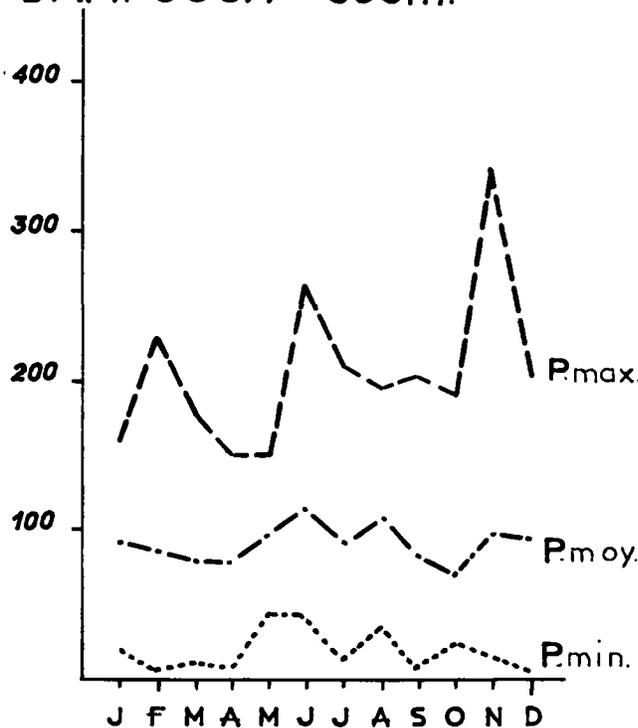


LA CHAUX-DE-FONDS 990m.

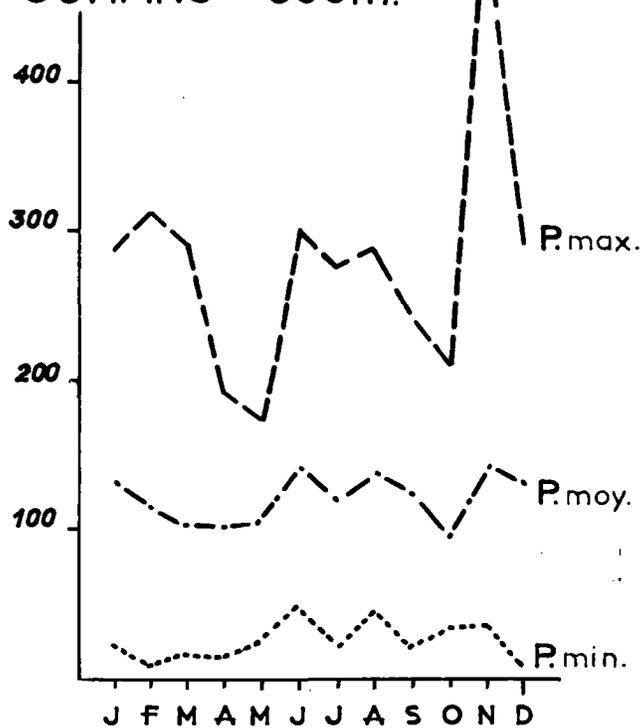


PRÉCIPITATIONS MENSUELLES MOYENNES
MAXIMA ET MINIMA
(1946 - 1965)

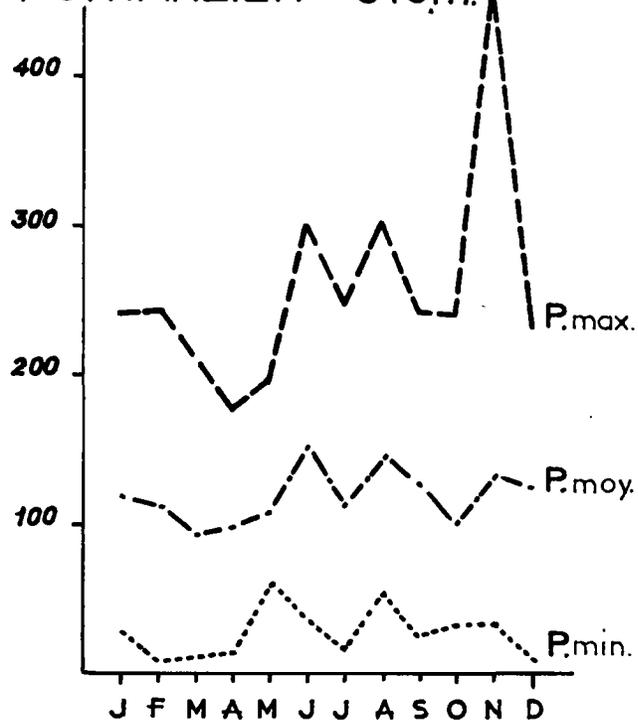
DAMPJOUX 360m.



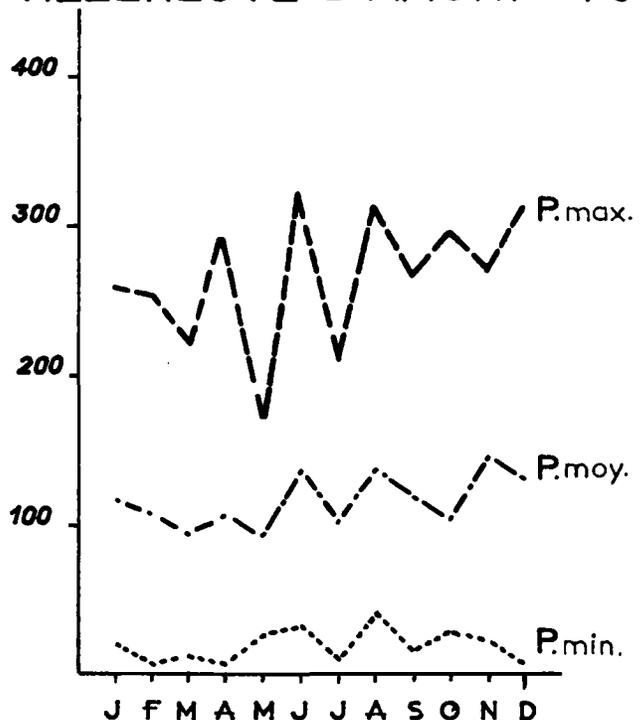
OUTHANS 600m.



PONTARLIER 840m.



VILLENEUVE D'AMONT 700m.



BESANCON : PRECIPITATIONS JOURNALIERES, NOMBRE DE JOURS DE PLOIE (1946 - 1965)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Hauteur des précipitations (en mm)	95	77	72	72	82	111	78	110	99	74	105	90	1065
Nombre moyen de jours de Précipitations	17	15	14	14	15	14	13	14	13	12	18	17	176
Nombre moyen de jours ≥ 1 mm de pluie	14	12	10	11	11	12	10	12	10	9	12	13	136
correspondant ≥ 5 mm à une hauteur	6	6	6	5	6	6	5	7	6	5	6	8	72
de précipitations ≥ 10 mm	3	3	2	2	3	4	3	4	4	2	3	3	36
Hauteurs maximales des précipitations recueillies en 24 h (en mm)	32,4	23,5	34,2	34,4	46,7	106,4	46,8	73,5	45,7	35,3	54,4	75,4	106,4
Hauteur moyenne des précipitations par jour de pluie	5,6	5,1	5,1	5,1	5,5	7,9	6,0	7,9	7,6	6,2	5,9	5,3	6,1

NIVOMETRIE A BESANCON ET A BELFORT (1951 - 1965)BESANCON

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Hauteur moyenne des précipitations	98	88	64	59	68	125	86	122	114	91	84	93	1092
Nombre de jours de précipitations	19	17	16	14	15	16	15	15	15	15	16	19	192
Nombre de jours de neige	9	8	3	2	0,2	-	-	-	-	0,3	2	4	28,5

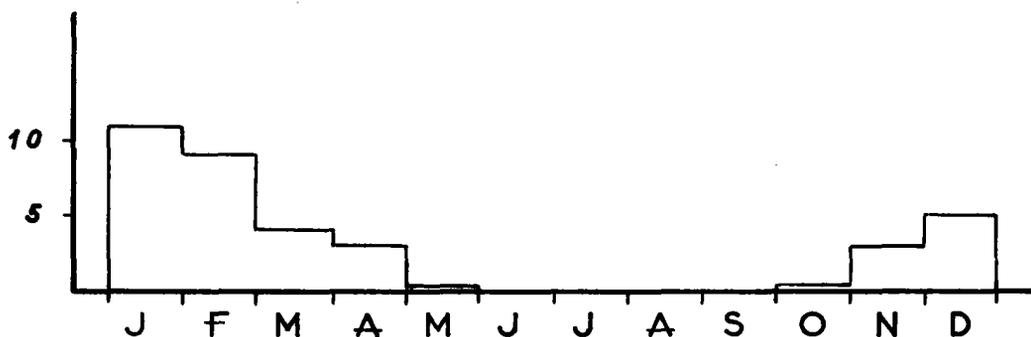
BELFORT

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Hauteur moyenne des précipitations	108	90	73	61	76	111	83	110	101	80	81	96	1070
Nombre de jours de précipitations	20	17	15	15	17	17	15	15	15	17	17	19	199
Nombre de jours de neige	11	9	4	3	0,4	-	-	-	-	0,3	3	5	35,7

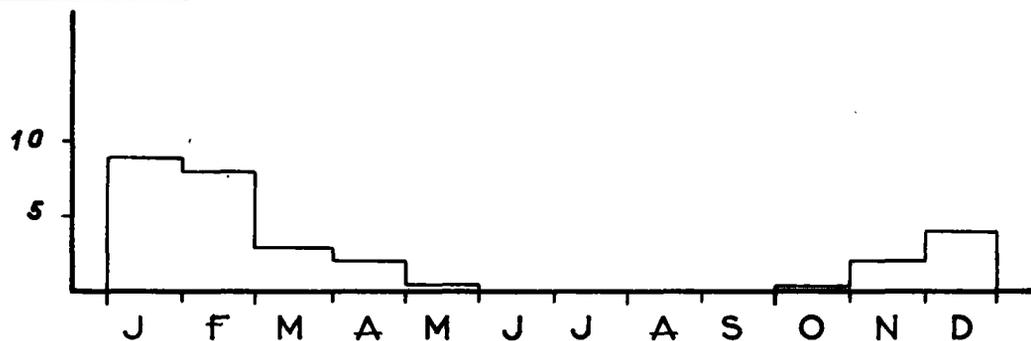
NOMBRE MOYEN DE JOURS DE CHUTE DE NEIGE

1951 - 1960

BELFORT



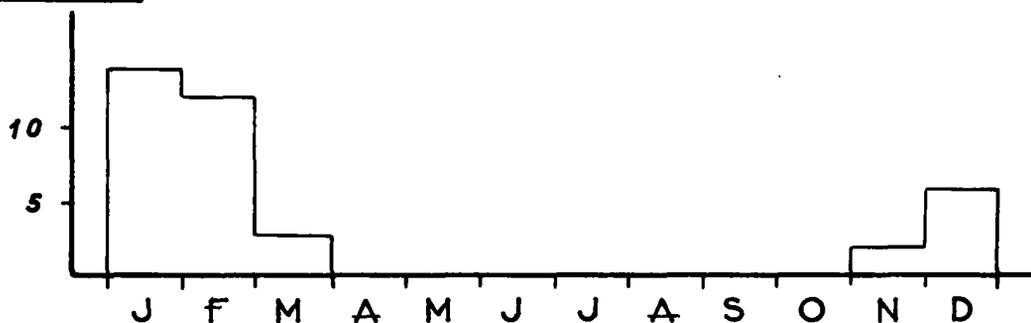
BESANÇON



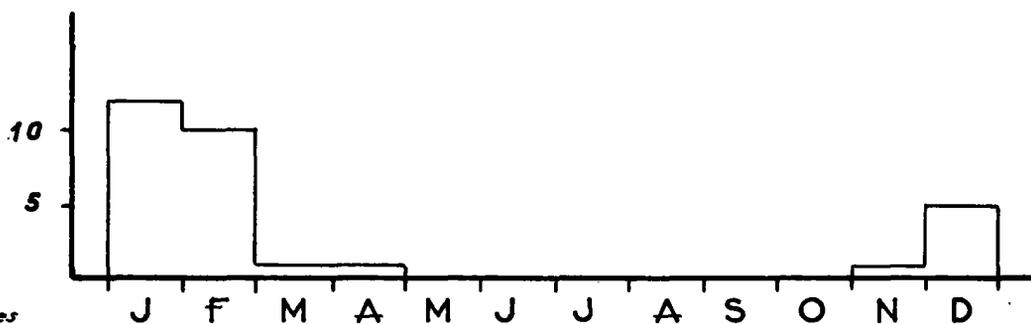
NOMBRE MOYEN DE JOURS DE SOL COUVERT DE NEIGE

1951 - 1960

BELFORT



BESANÇON



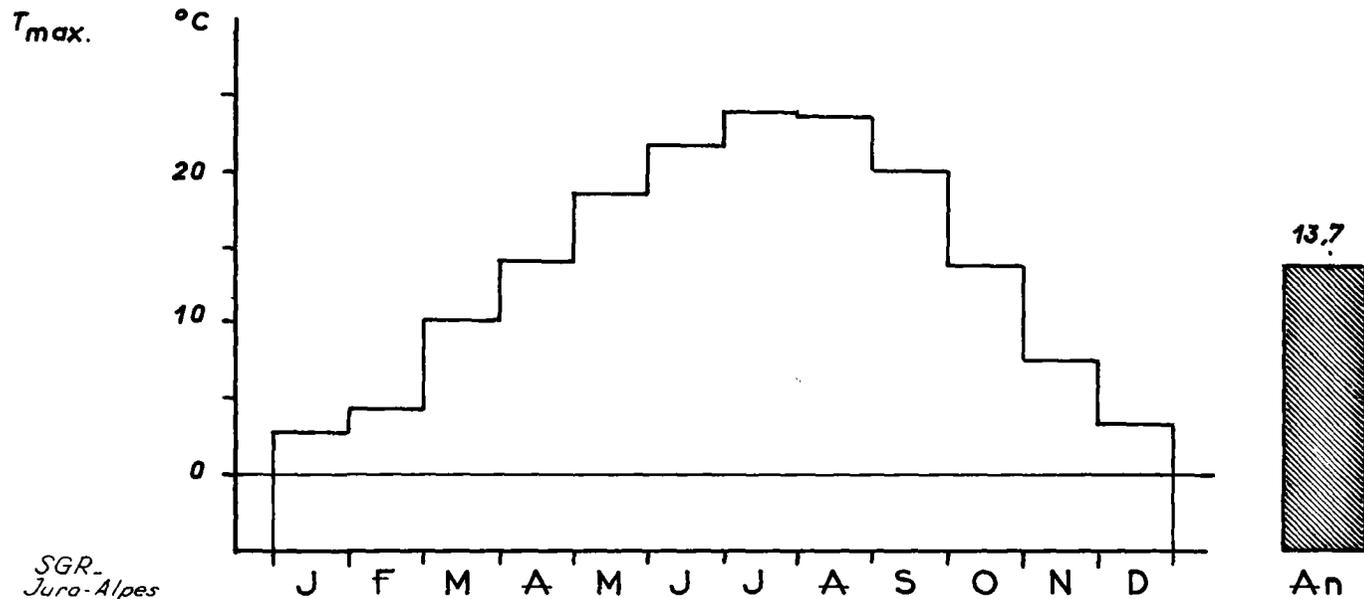
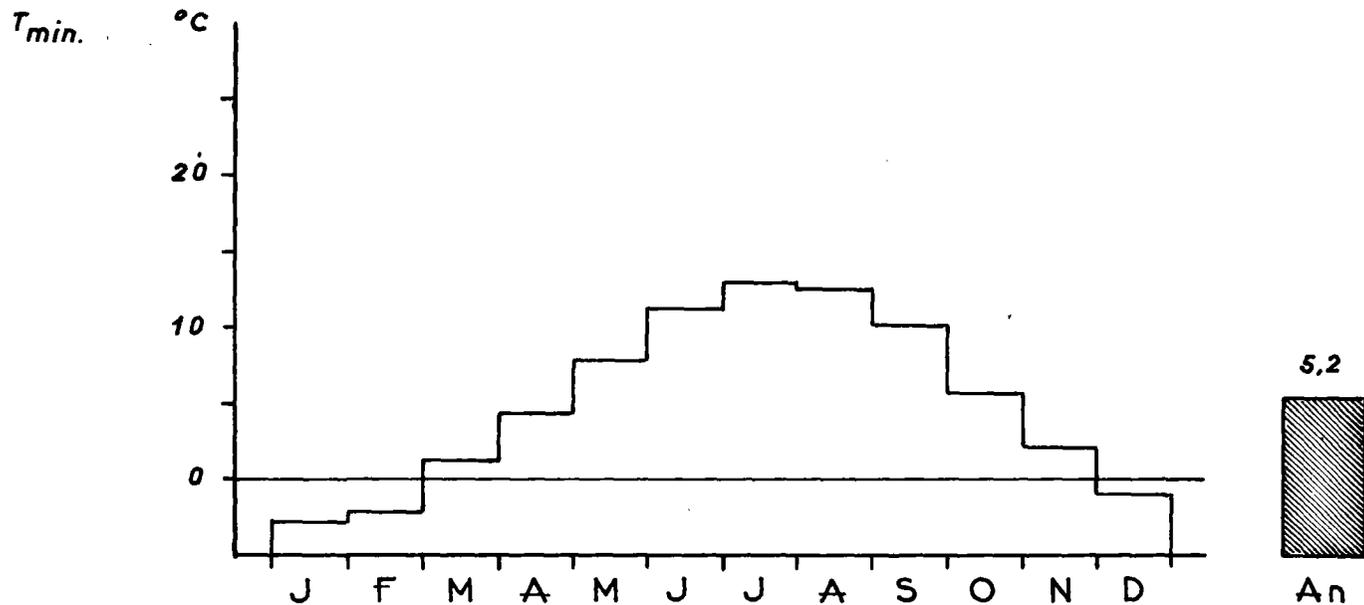
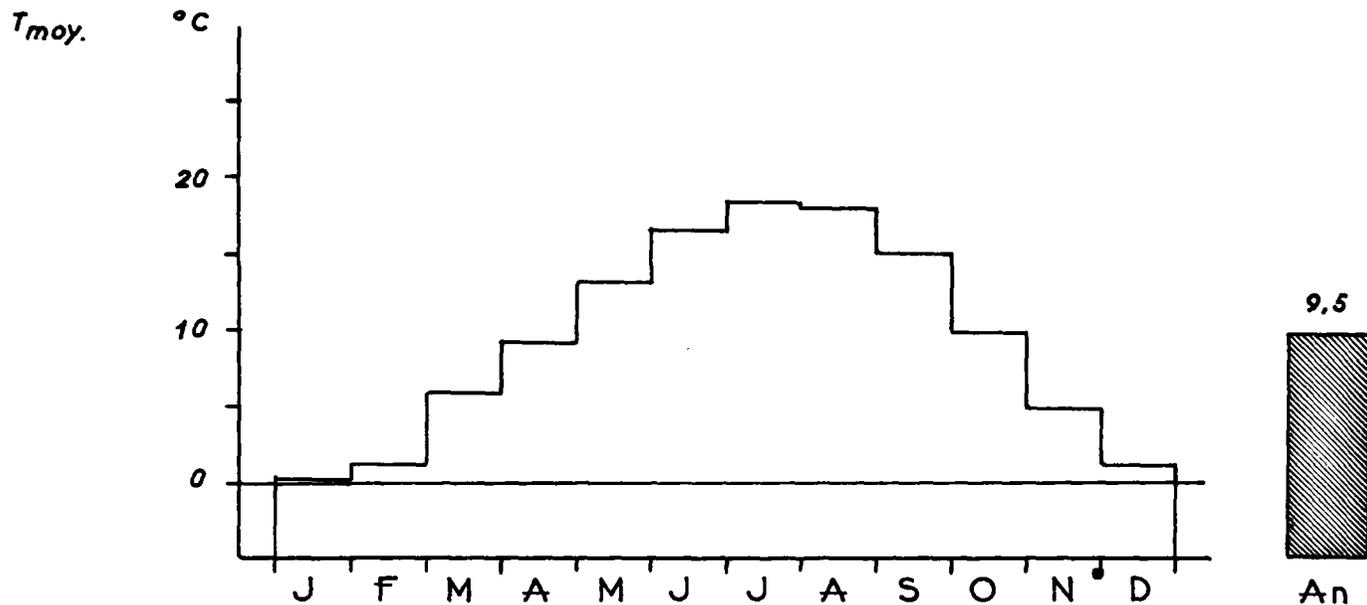
TEMPÉRATURES ANNUELLES DES STATIONS DE BELFORT ET DE BESANCON (1946 - 1965)ET TEMPÉRATURES ANNUELLES MOYENNES ET EXTRÊMES

BELFORT		BESANCON	
Températures annuelles (1946-1965)		Températures annuelles (1946-1965)	
1946 : 9°8	1956 : 7°8	1946 : 10°2	1956 : 8°9
1947 : 10°3	1957 : 9°4	1947 : 11°2	1957 : 10°4
1948 : 10°0	1958 : 9°3	1948 : 11°0	1958 : 10°2
1949 : 10°4	1959 : 10°3	1949 : 11°4	1959 : 11°5
1950 : 9°8	1960 : 9°4	1950 : 10°9	1960 : 10°4
1951 : 9°6	1961 : 10°4	1951 : 10°6	1961 : 11°3
1952 : 9°5	1962 : 8°4	1952 : 10°5	1962 : 9°3
1953 : 9°9	1963 : 8°2	1953 : 10°4	1963 : 9°2
1954 : 8°9	1964 : 9°4	1954 : 9°9	1964 : 10°3
1955 : 8°9	1965 : 8°6	1955 : 10°3	1965 : 9°6
Température annuelle maximum(1946-1965) : 10°4 en 1949 et en 1961		Température annuelle maximum(1946-1965) : 11°5 en 1959	
Température annuelle minimum(1946-1965) : 8°2 en 1963		Température annuelle minimum(1946-1965) : 8°9 en 1956	
Température annuelle moyenne(1946-1965) : 9°4		Température annuelle moyenne(1946-1965) : 10°4	
Température annuelle moyenne(1931-1960) : 9°5		Température annuelle moyenne(1931-1960) : 10°3	

BELFORT

TEMPERATURES SOUS ABRI

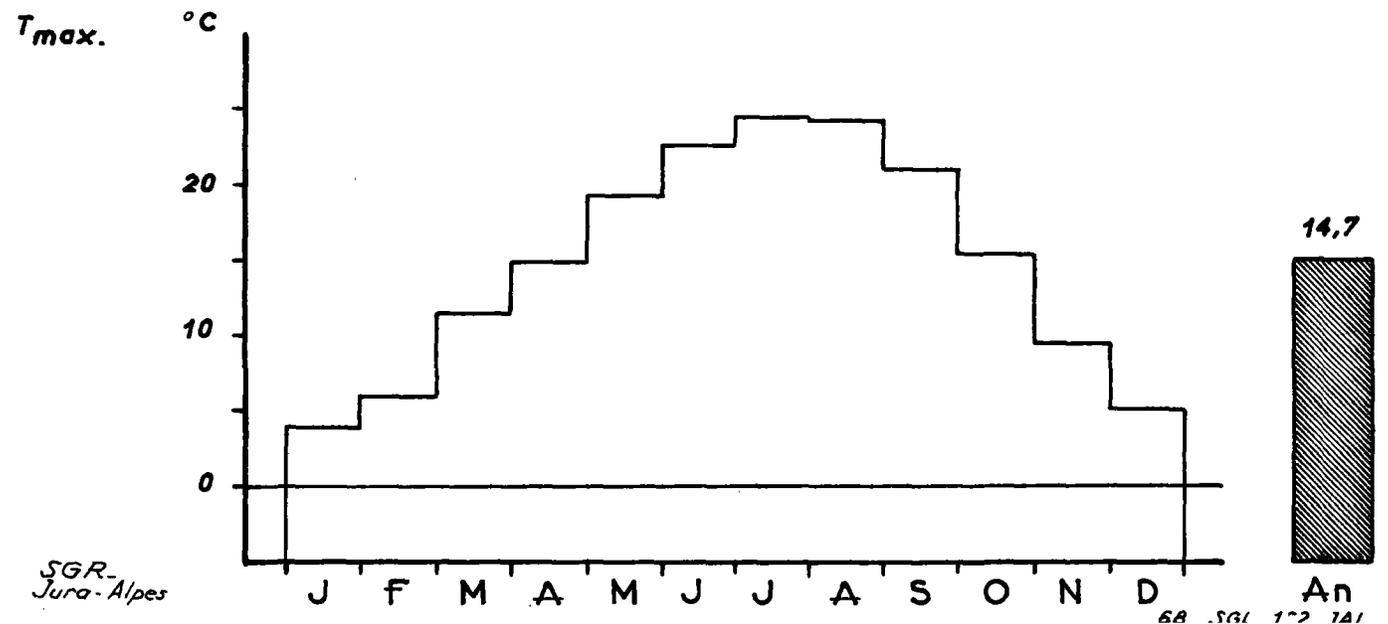
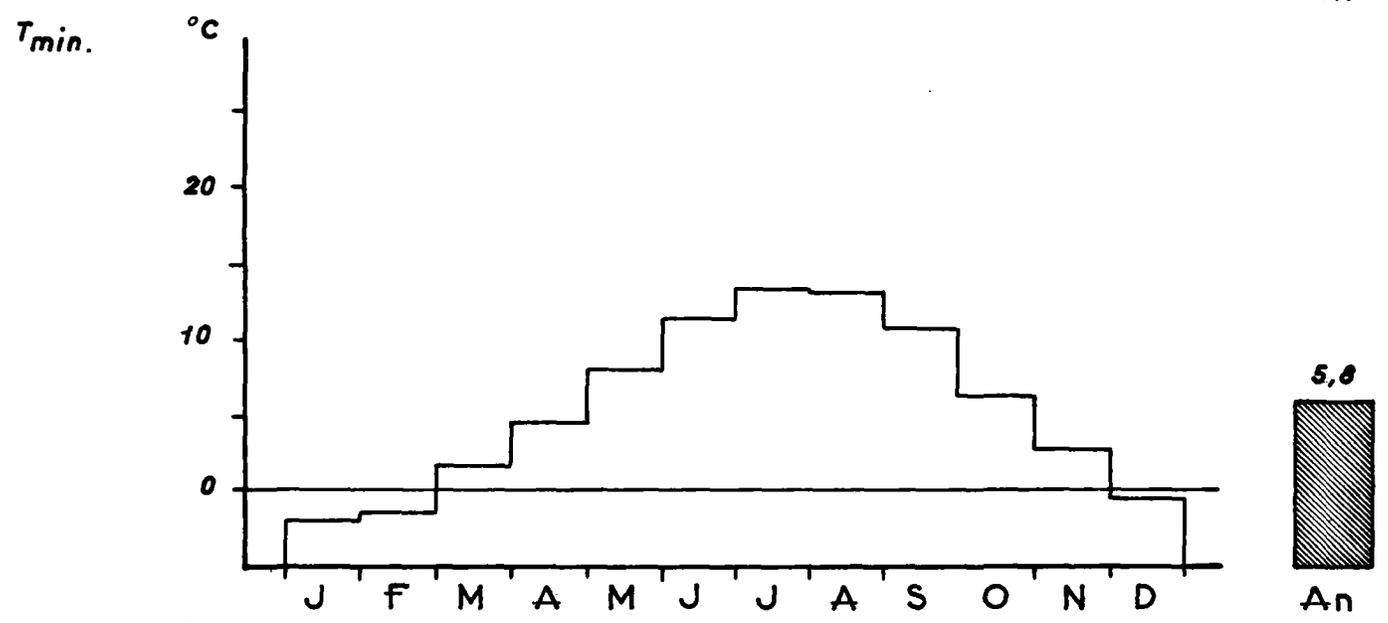
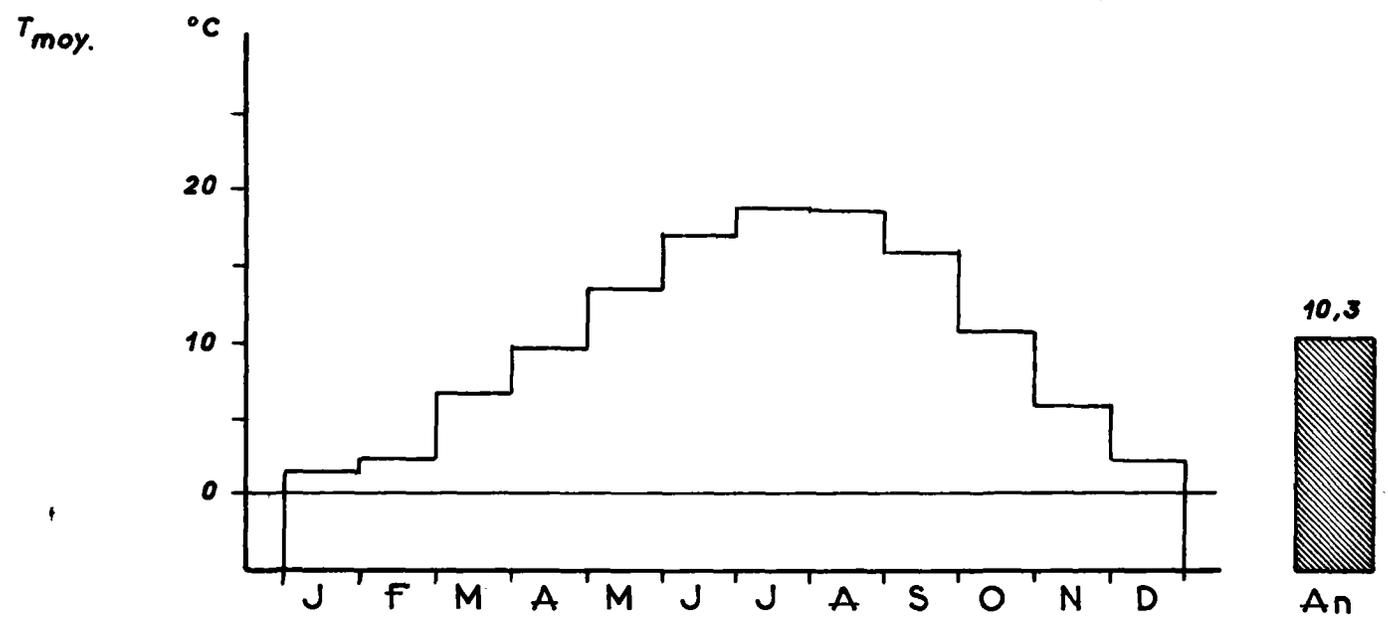
NORMALE 1931-1960



BESANÇON

TEMPÉRATURES SOUS ABRI

NORMALE 1 931 - 1 960



BASSIN DU DOUBS : TEMPERATURES ANNUELLES ET TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES (1961-1965)

POSTES THERMOMETRI- QUES	ARBOIS	ARC-ET- SENANS	BELFORT	BESANCON	(LE CHATE- LEY)	DAMPJOUX	EPENOY	GRANGES - Ste-MARIE	PONTARLIER	SOCHAUX	SUPT	VAUFREY	VILLERS- LE-LAC
Altitudes en m	291	236	422	307	240	360	730	851	840	318	725	403	950
1961	12°4	(11°1)	10°4	11°3	10°6	(9°5)	(8°6)	(7°4)	(8°6)	(10°2)	8°7	(9°6)	(8°1)
1962	10°0	9°3	8°4	9°3	8°6	8°4	7°0	5°6	6°7	8°5	6°9	7°9	6°2
1963	10°0	9°6	8°2	9°2	8°5	8°4	7°0	5°8	7°0	8°7	7°2	8°1	6°5
1964	10°8	10°6	9°4	10°3	9°5	9°7	7°1	6°9	7°9	9°9	8°0	8°9	7°3
1965	10°6	9°9	8°6	9°6	8°2	9°1	6°5	6°1	6°9	9°1	6°9	8°4	6°5
Température annuelle moyenne(1961- 1965)	10°8	10°1	9°0	9°9	9°1	9°0	7°2	6°3	7°4	9°3	7°5	8°6	6°9

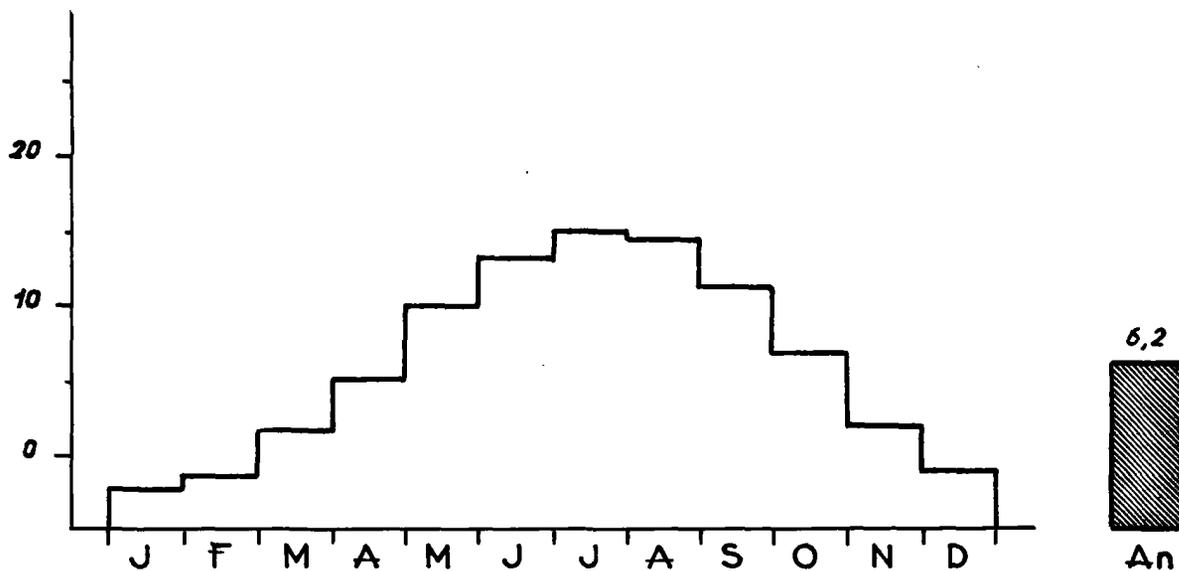
BASSIN DU DOUBSTEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES (1961-1965)

Postes thermométriques	Arbois	Arc-et- Senans	Belfort	Besançon	(Le Chateley)	Dampjoux	Epenoy	Granges- Ste- Marie	Pontarlier	Sochaux	Supt	Vaufrey	Villers le Lac
Altitudes en m.	291	236	422	307	240	360	730	851	840	318	725	403	950
Janvier	1°5	0°6	-0°8	0°8	0°3	-0°7	-1°3	-3°1	-1°0	-0°2	-0°8	-1°1	-1°5
Février	3°1	2°2	1°0	2°4	1°5	0°8	-1°1	-1°7	-0°2	1°5	-0°3	0°6	-0°8
Mars	6°7	5°9	4°4	5°8	5°1	4°1	2°7	1°5	2°7	4°5	2°8	3°7	2°5
Avril	11°3	10°6	9°6	10°3	9°2	9°7	7°0	6°5	7°2	10°0	7°0	9°0	6°6
Mai	14°3	13°7	12°2	12°8	12°5	12°4	10°0	9°6	9°9	12°7	9°9	11°8	9°5
Juin	18°4	17°9	16°2	16°7	16°4	16°5	13°9	13°7	14°0	16°4	15°0	16°2	13°8
Juillet	19°3	19°2	17°8	18°4	17°4	18°0	15°0	14°8	15°6	18°0	15°3	17°5	15°3
Août	18°1	18°2	17°2	17°8	16°6	17°4	14°9	14°3	14°9	17°2	14°6	17°1	14°7
Septembre	17°2	16°2	15°2	16°2	14°8	15°3	13°1	12°6	13°5	15°6	13°1	15°0	13°1
Octobre	11°3	10°7	9°8	10°9	9°5	10°2	8°5	8°2	8°9	10°2	8°7	10°0	8°7
Novembre	6°3	5°7	4°7	5°9	5°1	4°9	3°9	2°8	3°9	5°2	4°7	4°3	3°2
Décembre	1°7	0°6	0°2	1°2	0°7	-0°5	-0°6	-2°6	-0°5	0°3	0°4	-0°9	-1°1

LA CHAUX DE FONDS

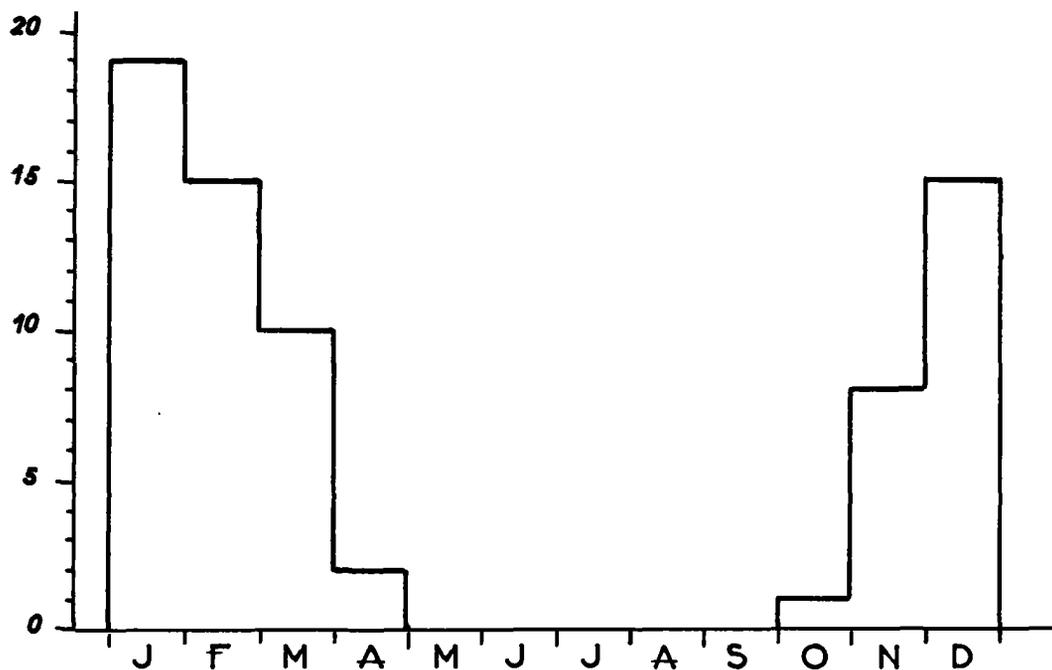
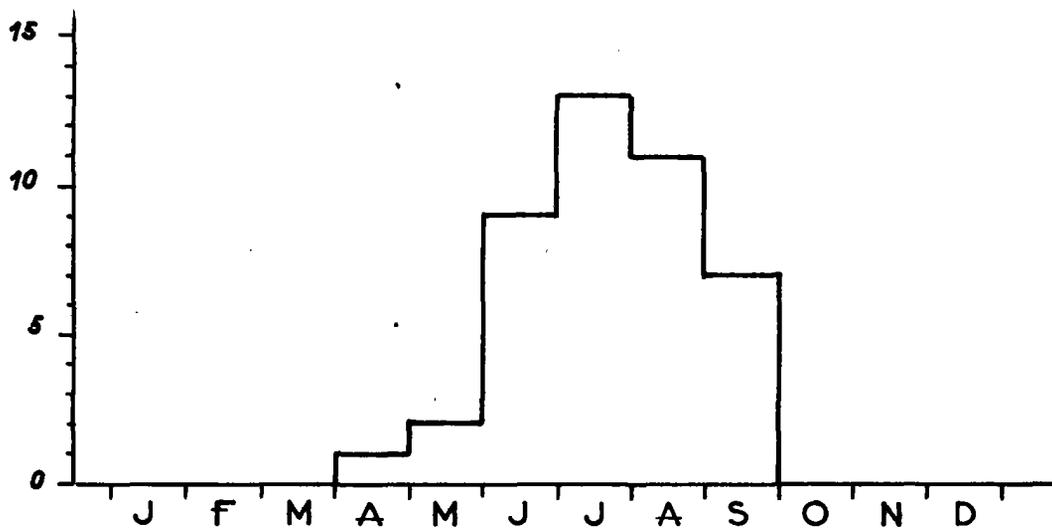
990m.

TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES (1904-1953)
d'après BURGER



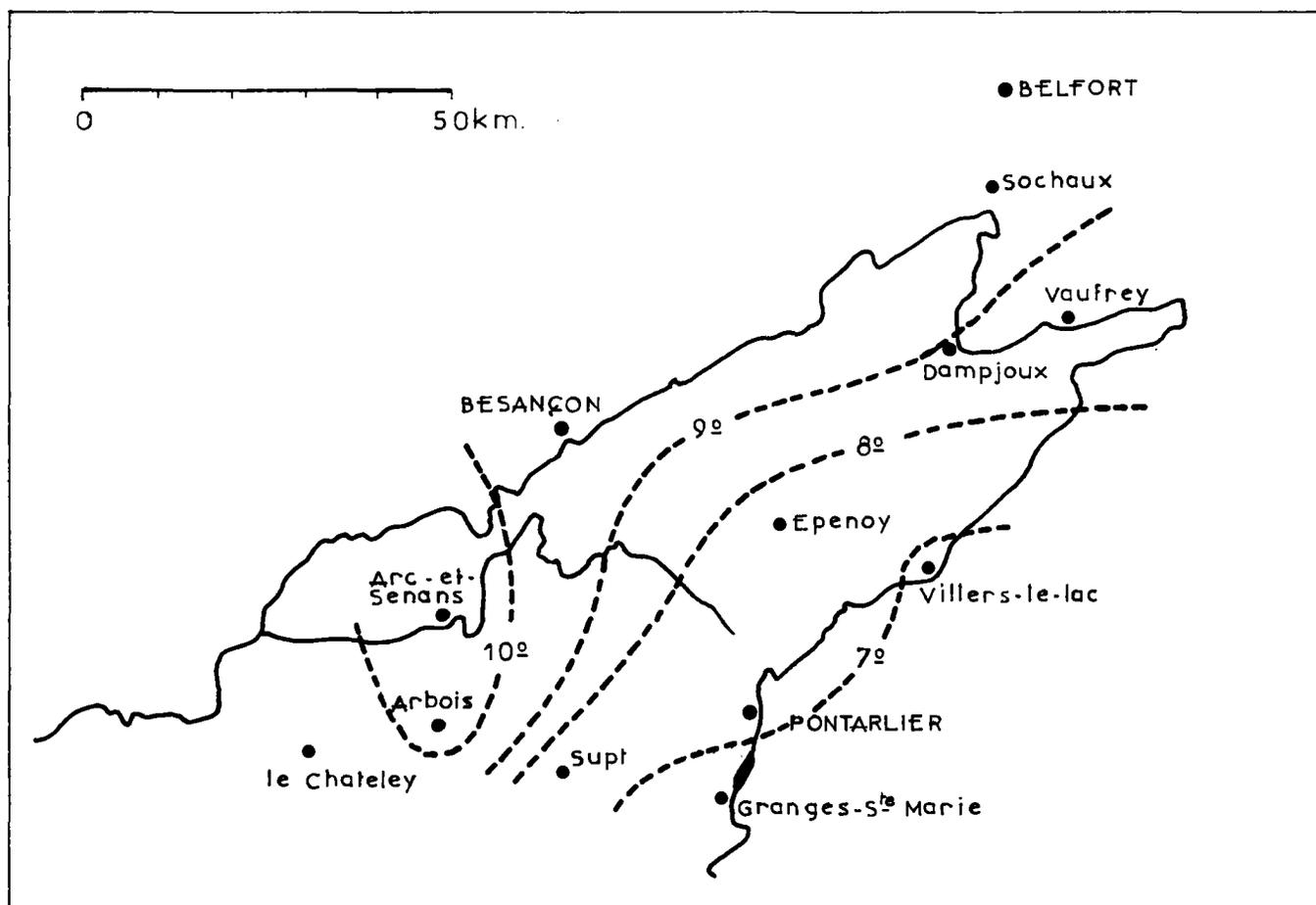
BESANÇON

NOMBRE DE JOURS DE GELEE SOUS ABRI (1946-1965)

NOMBRE DE JOURS OU LA TEMPERATURE SOUS ABRI
A ATTEINT OU DÉPASSE 25° (1946-1965)

BASSIN DU DOUBS

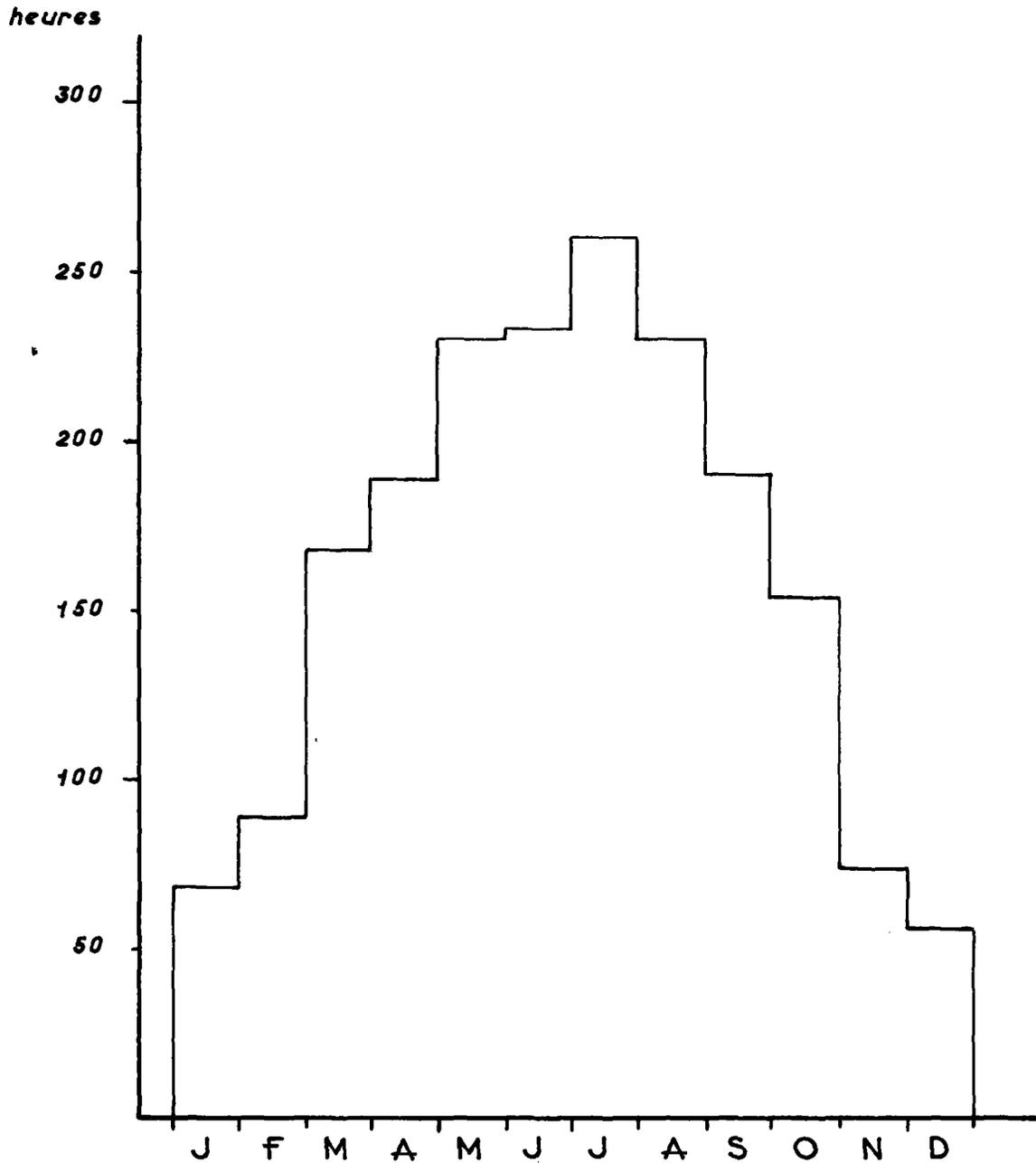
ISOTHERMES MOYENNES 1961-1965



DURÉE MOYENNE DE L'INSOLATION 1946-1960

BESANÇON lat : 47°15' N

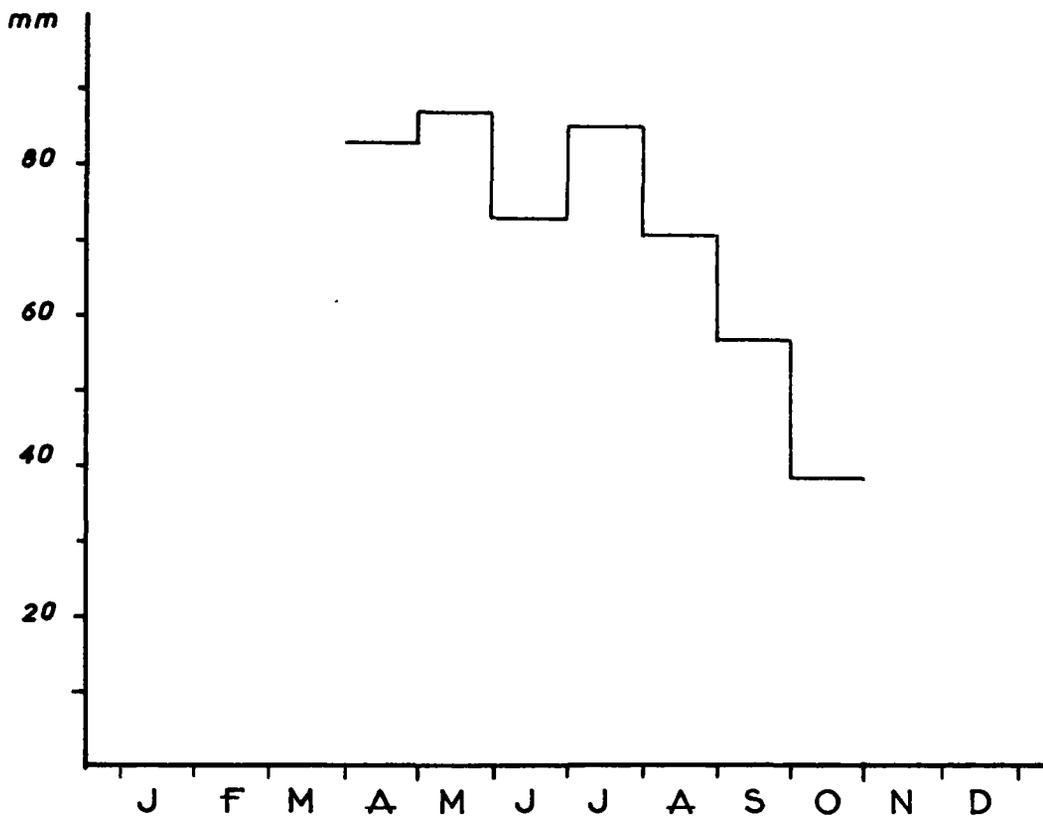
Insolation annuelle 1942 heures



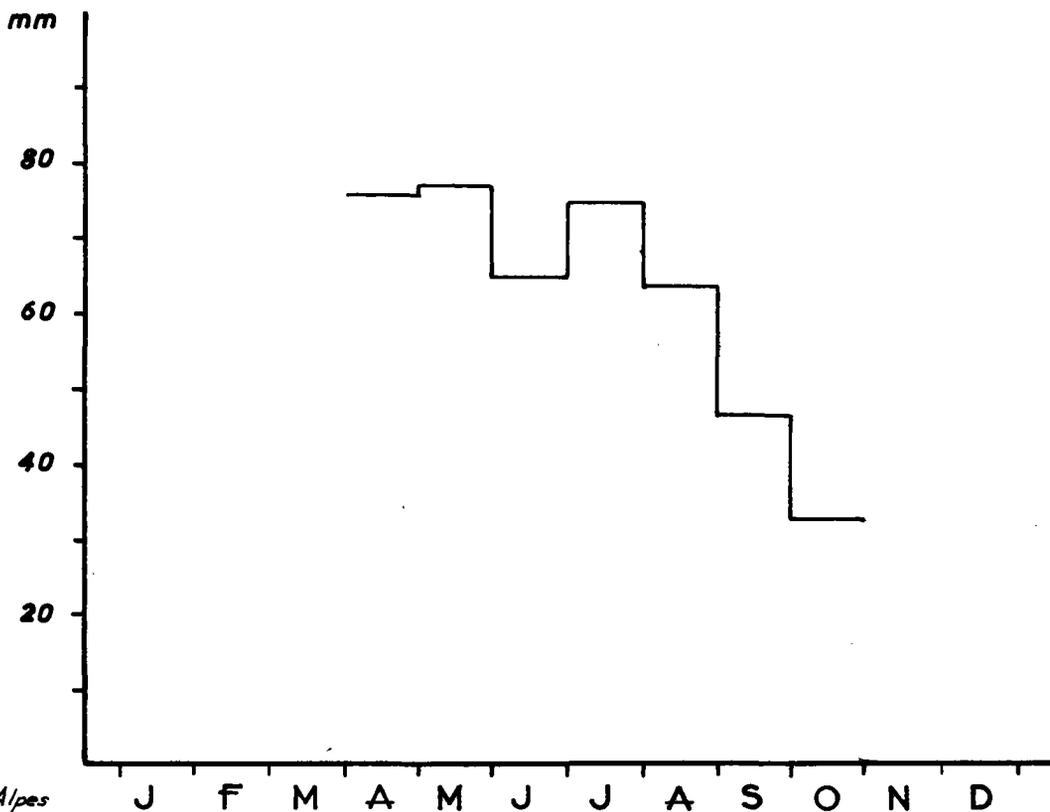
EVAPORATION SOUS ABRI : EVAPOROMETRE PICHE

moyenne 1951 - 1960

BELFORT



BESANÇON



BASSIN DU DOUBS : EVAPOTRANSPIRATION MOYENNE (1961-1965) ANNUELLE CALCULEE D'APRES LES FORMULES DE TURC ET DE

COUTAGNE

	Altitude en mètres	Température moyenne annuelle	Précipitations moyennes annuelles en mm	Formule de TURC Evapotranspiration moyenne annuelle en cm	Formule de COUTAGNE Evapotranspiration moyenne annuelle en cm
ARBOIS	291	10°8	1171	56,4 ± 5	
ARC-ET-SENANS	236	10°1	941	51,4 "	48,7 ± 5
BELFORT	422	9°0	974	49,2 "	48,4 "
BESANCON	307	9°9	1030	52,3 "	
(LE CHATELEY)	240	9°1	1047	50,2 "	
DAMPJOUX	360	9°0	1068	50,2 "	
EPENOY	730	7°2	1465	47,3 "	
GRANGES-SAINTE-MARIE	851	6°3	1415	44,6 "	
PONTARLIER	840	7°4	1391	47,4 "	
SOCHAUX	318	9°3	974	50,0 "	49,3 "
SUPT	725	7°5	1732	49,0 "	
VAUFREY	403	8°6	1160	49,8 "	
VILLERS-LE-LAC	950	6°9	1453	46,6 "	

BILAN MOYEN ANNUEL DE L'EAU A BESANCON (1961-1965) D'APRES LA METHODE DE THORNTHWAITE

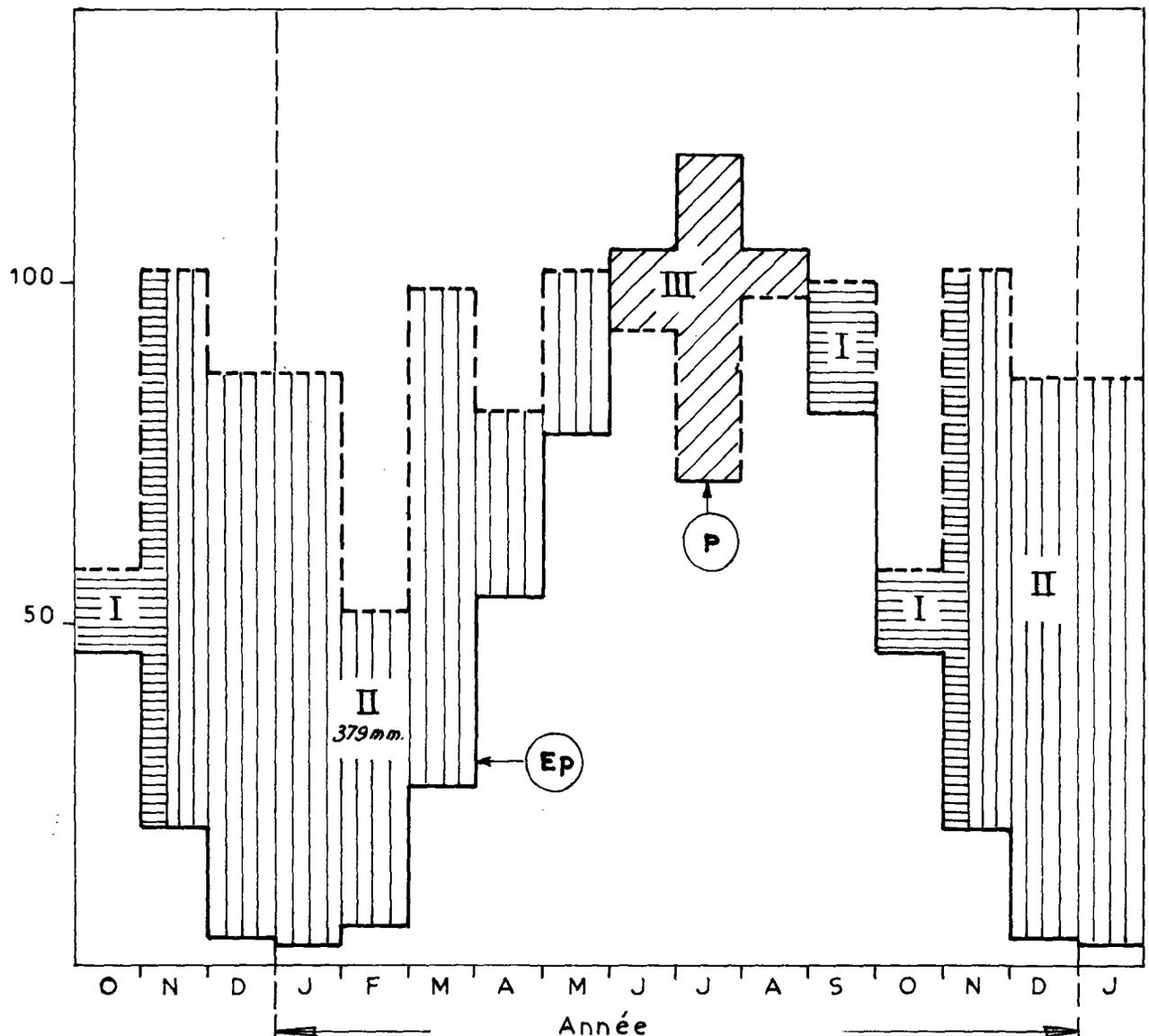
latitude 47° 15' N

altitude 307 m

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
t° moyenne 1961-1965	0°8	2°4	5°8	10°3	12°8	16°7	18°4	17°8	16°2	10°9	5°9	1°2	9°9
Indice thermique	0,06	0,33	1,25	2,99	4,15	6,21	7,19	6,84	5,93	3,25	1,29	0,12	39,6
Evapotranspiration non corrigée en mm	(4)	(8)	25	47	60	80	90	86	78	50	26	(5)	
Coefficient correctif	0,77	0,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73	
Evapotranspiration potentielle	(3)	(6)	26	54	78	105	119	105	81	46	20	(4)	Ep =647
(1961-1965) Pluie moyenne en mm	87	52	99	81	102	93	71	98	100	58	102	87	1030
Variation de la réserve en eau du sol						-12	-46	-7	19	12	36		
Réserve d'eau utile à la végétation	100	100	100	100	100	88	40	33	52	64	100	100	
Evaporation réelle	(3)	(6)	26	54	78	105	119	105	81	46	20	(4)	Er=647
Excédent d'alimentation	84	46	73	27	24						46	83	S=363

BILAN MOYEN ANNUEL DE L'EAU A BESANÇON (1961 - 1965)

d'après la méthode de Thornthwaite



I - Reconstitution des réserves d'eau du sol

II - Eau disponible pour l'écoulement

III - Restitution à la végétation de la réserve en eau du sol

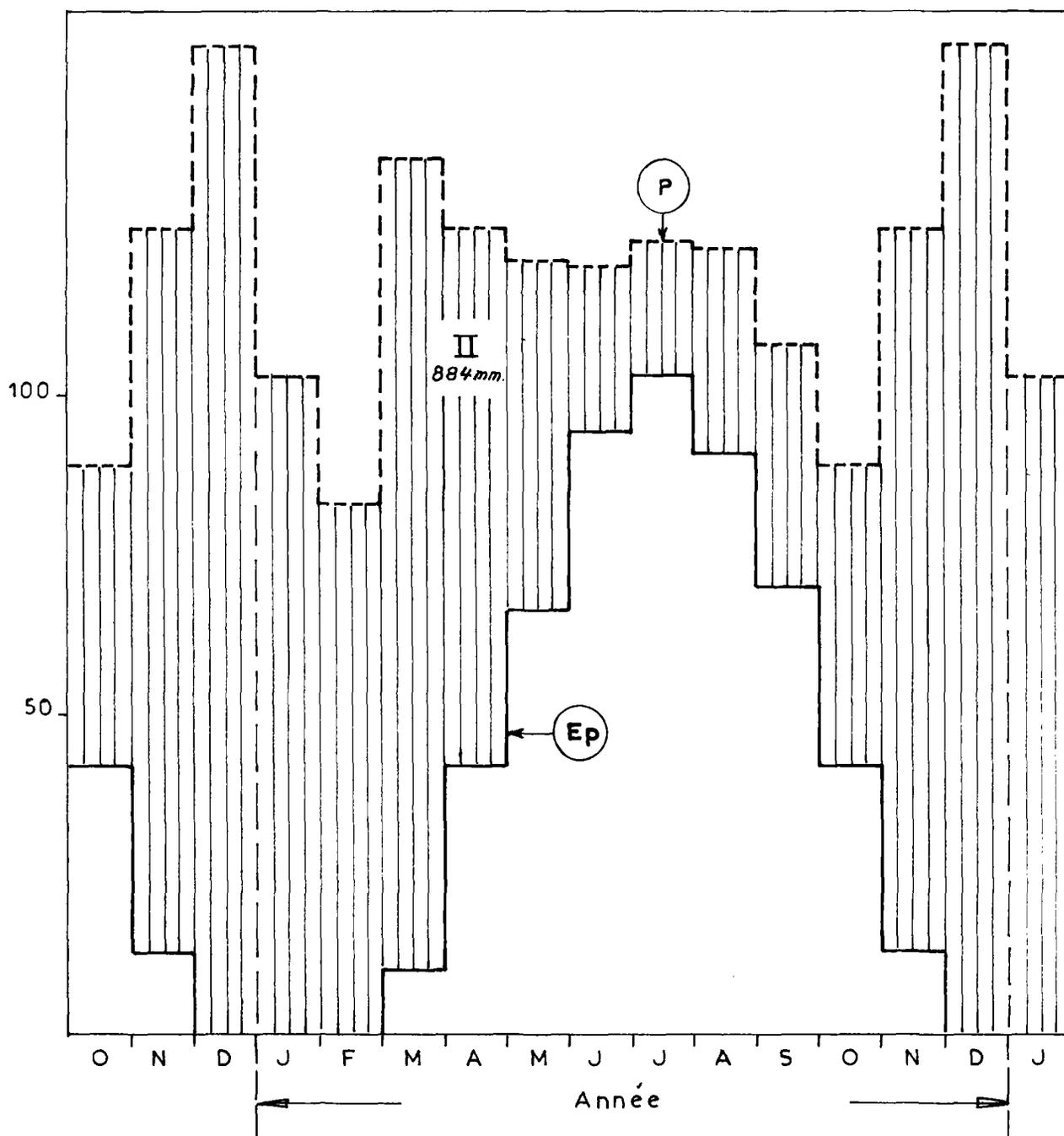
BILAN MOYEN ANNUEL DE L'EAU AUX GRANGES-SAINTE-MARIE (1961-1965) D'APRES LA METHODE DE THORNTHWAITE

Altitude : 851 m

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
t° moyenne 1961-1965	-3°1	-1°7	1°5	5°5	9°6	13°7	14°8	14°3	12°6	8°2	2°8	-2°6	6°3
Indice thermique	-	-	0,16	1,49	2,69	4,60	5,17	4,91	4,05	2,12	0,42	-	25,61
Evapotranspiration non corrigée en mm	-	-	(10)	37	51	72	78	75	67	45	16	-	
Coefficient correctif	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74	
Evapotranspiration potentielle	-	-	(10)	42	66	94	103	91	70	42	13	-	Ep=531
Pluie moyenne (1961-1965) en mm	103	83	137	126	121	120	124	123	108	89	126	155	1415
Variation de la réserve en eau du sol													
Réserve d'eau utile à végétation	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Evaporation réelle	-	-	(10)	42	66	94	103	91	70	42	13	-	Ep=531
Excédent d'alimentation	103	83	127	84	55	26	21	32	38	47	113	155	S = 884

BILAN MOYEN ANNUEL DE L'EAU
AUX GRANGES-S^{te}-MARIE
(1961-1965)

d'après la méthode de Thornthwaite



Voir légende fig. 3623 -a

LE DOUBS : PROFIL EN LONG

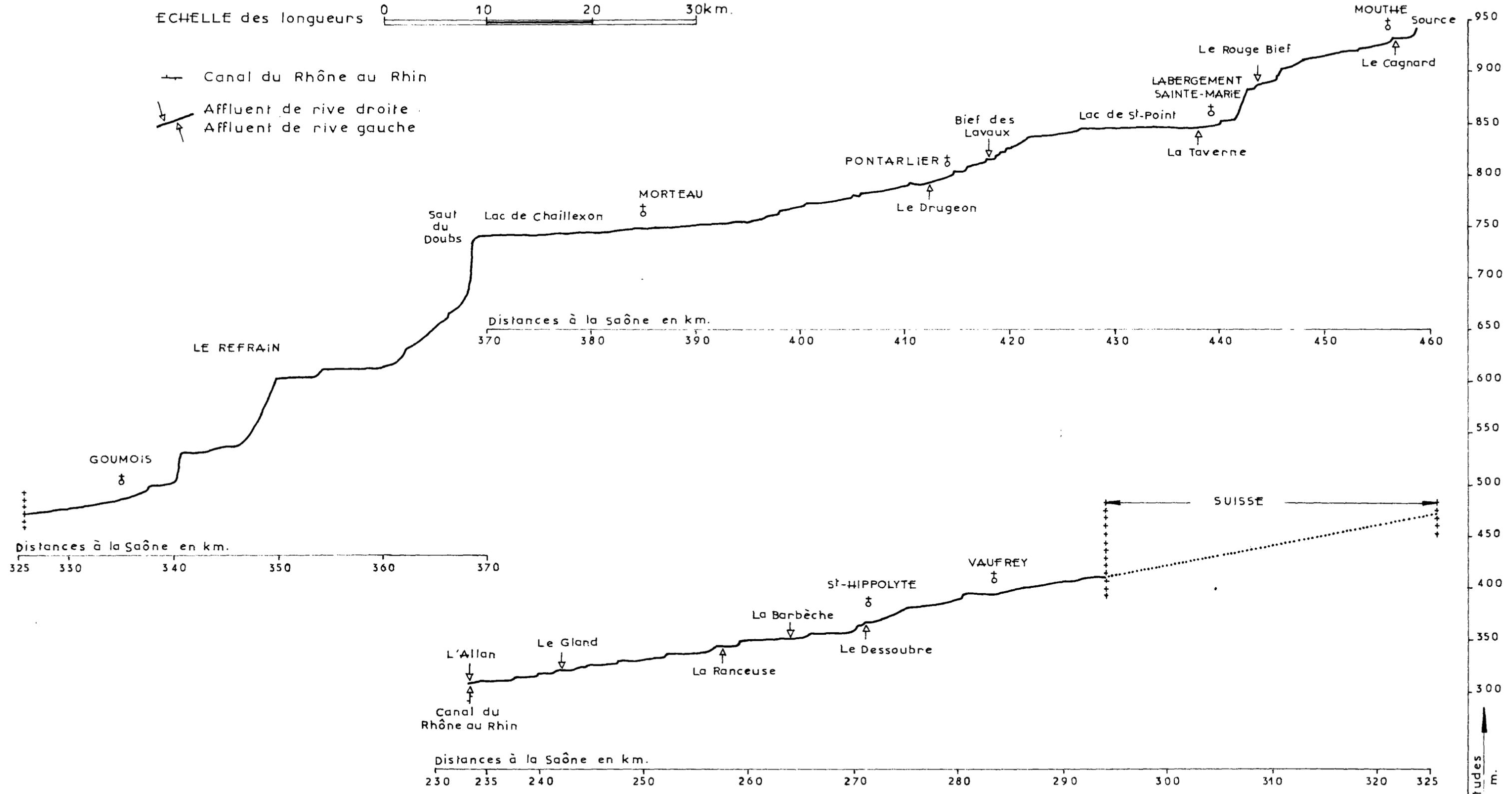
ECHELLE des hauteurs 0 50 100 150 200 250m.

ECHELLE des longueurs 0 10 20 30km.

→ Canal du Rhône au Rhin

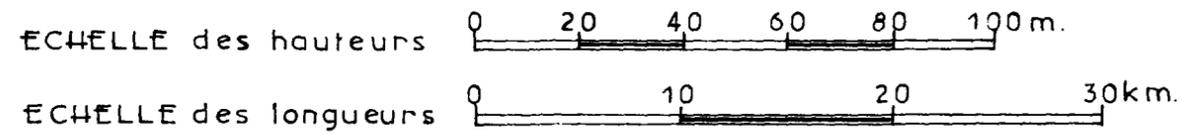
↓ Affluent de rive droite

↑ Affluent de rive gauche

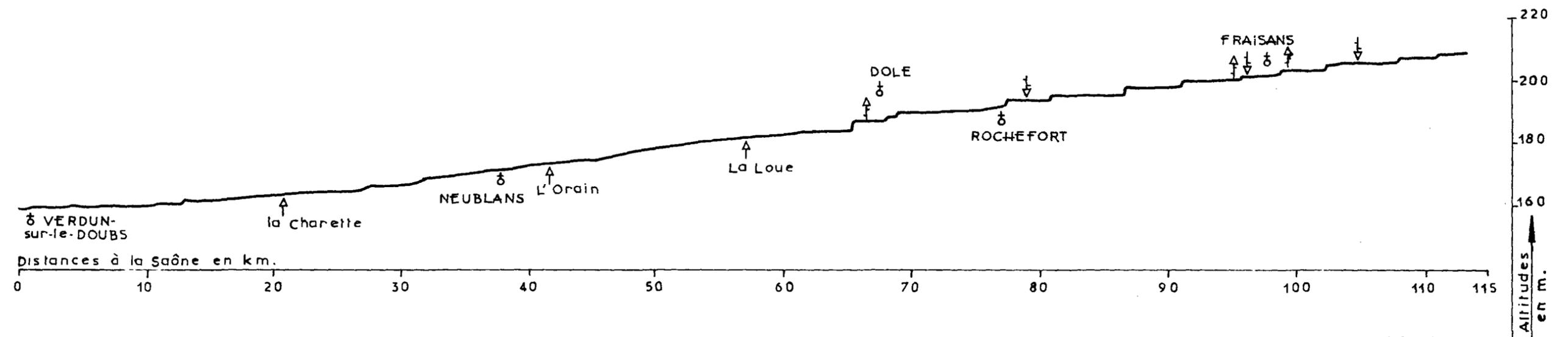
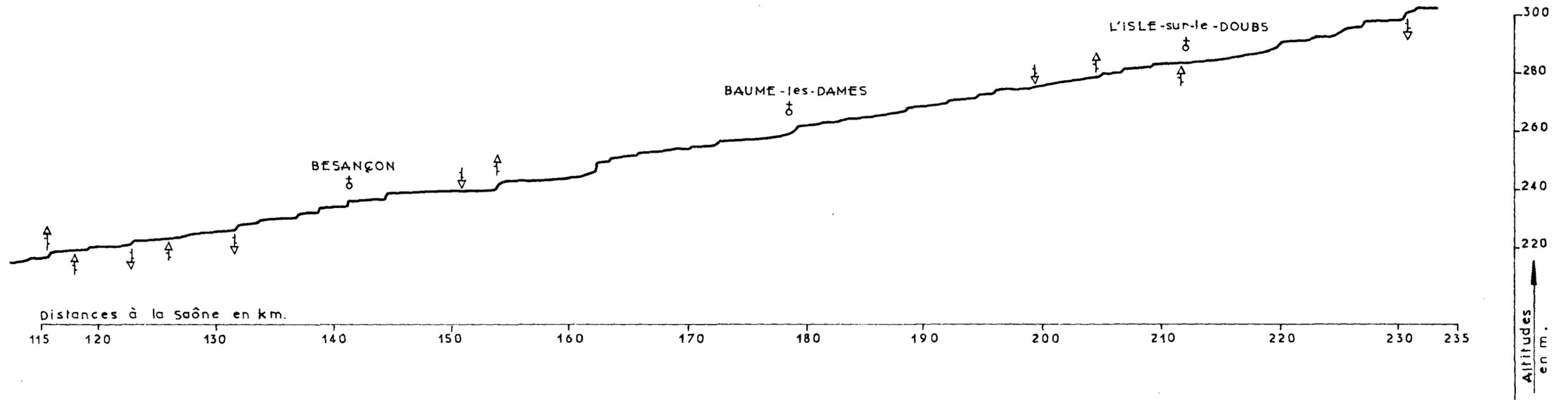


Altitudes en m.

LE DOUBS : PROFIL EN LONG (suite)



↔ Canal du Rhône au Rhin
 ↓ Affluent de rive droite
 ↑ Affluent de rive gauche



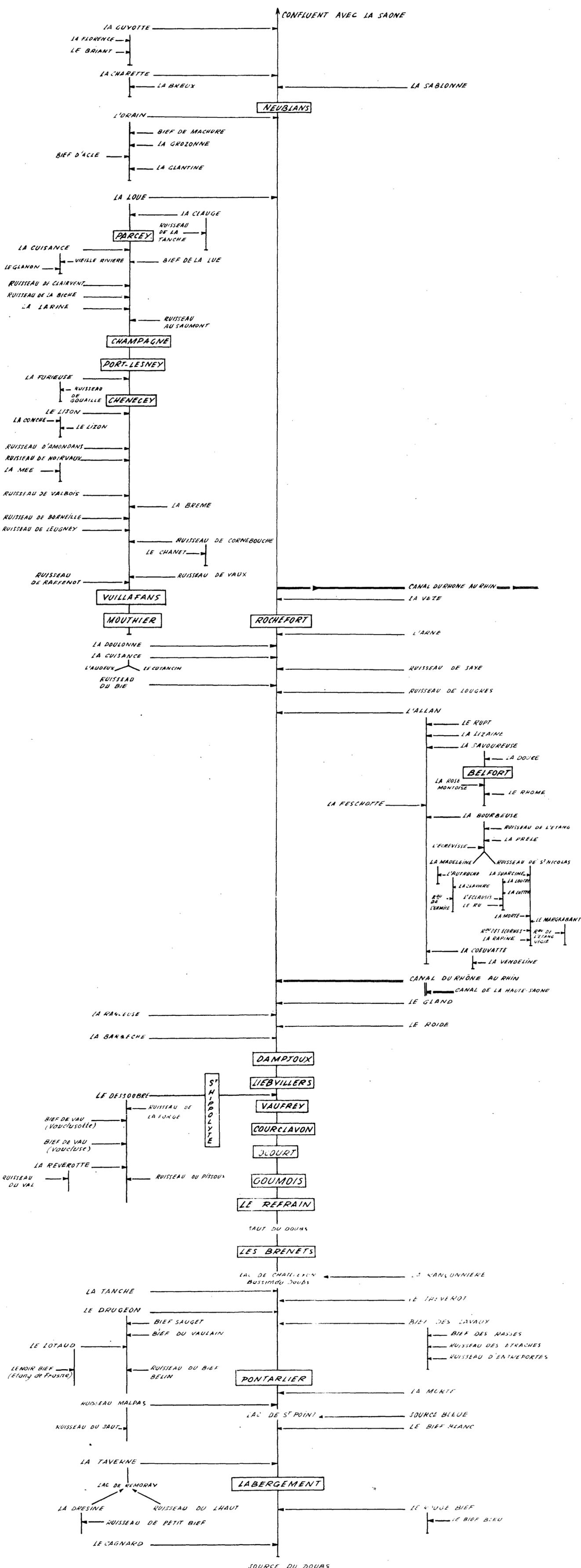
DOUBS : AFFLUENTS ET STATIONS DE JAUGEAGE

LEGENDE

NEUBLIANS : station de jaugeage.

RIVE GAUCHE

RIVE DROITE



SGR - Juin - Alpes

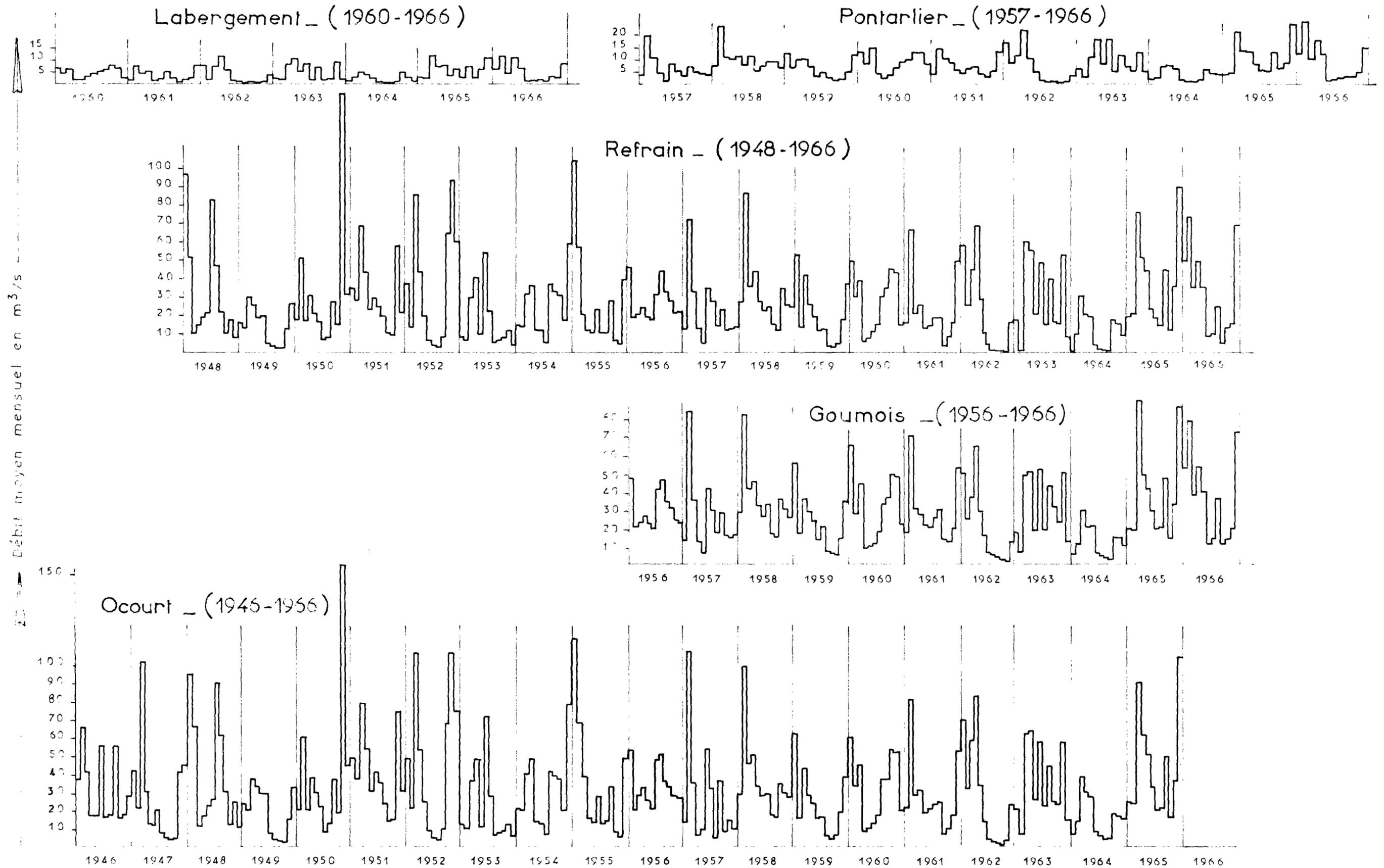
68 SGL 162 JAL

Tableau 41 - 46 -

STATIONS DE JAUGEAGE SITUÉES SUR LES AFFLUENTS DU DOUBS : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

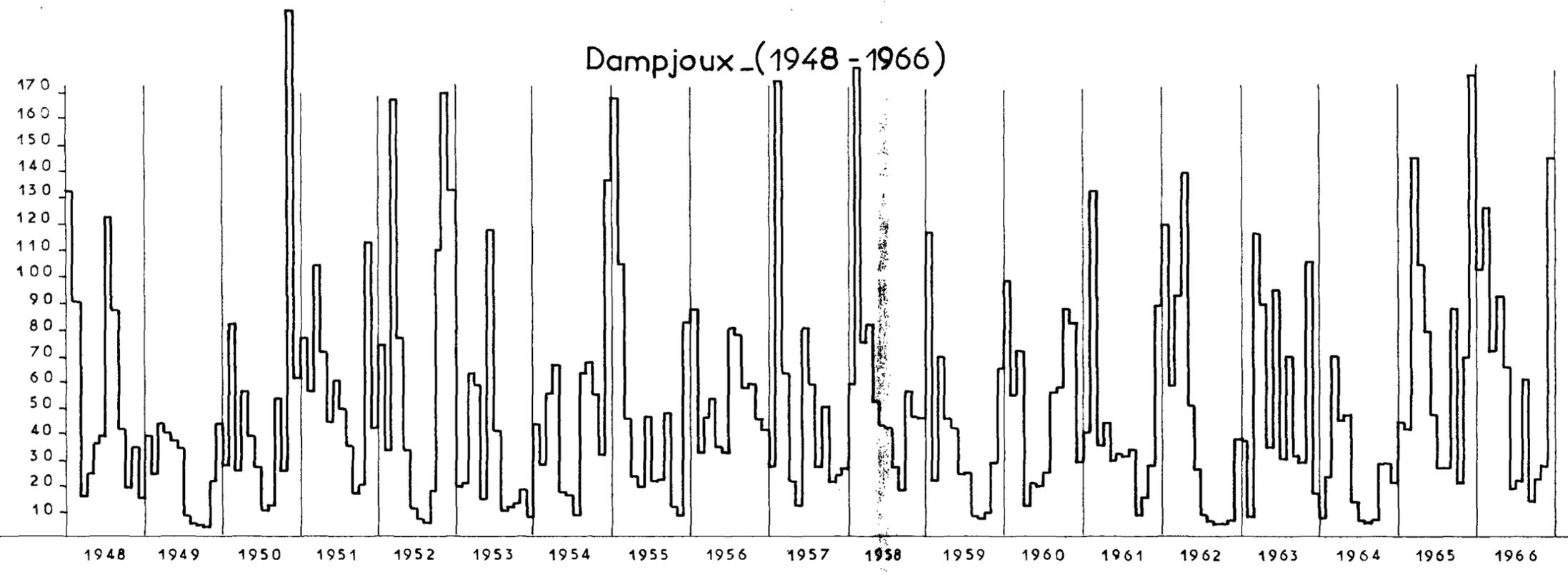
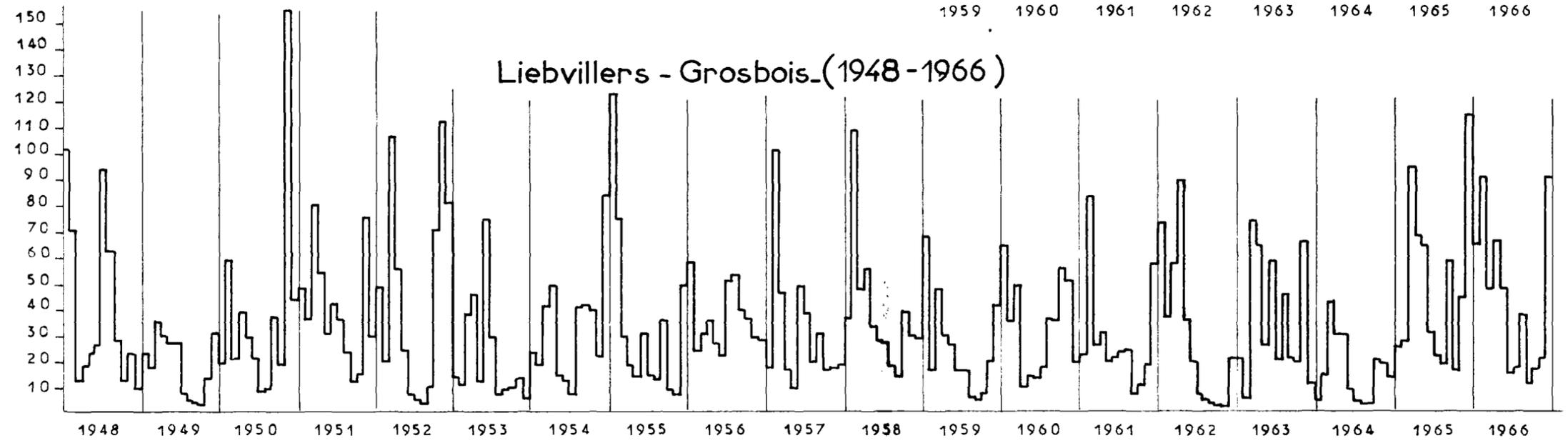
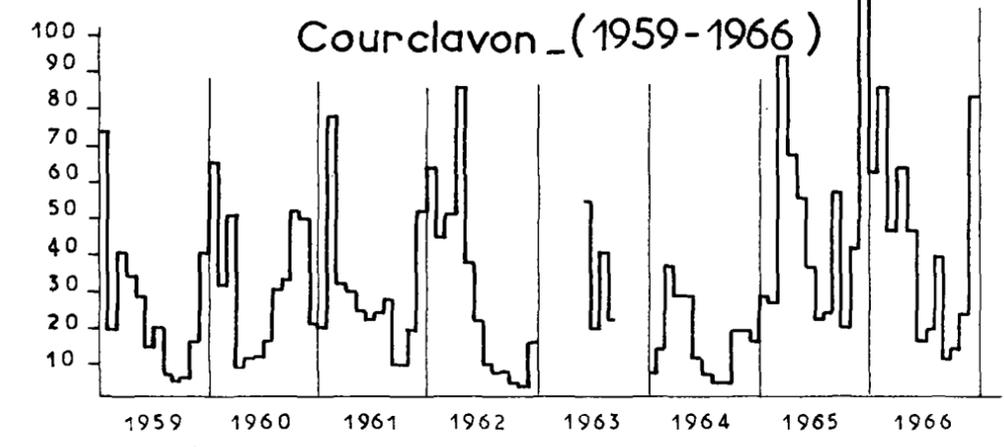
Station de jaugeage	Superficie du bassin versant topographique : km ²	Altitude de la station : m	Equipement de la station	Nature des débits mesurés	Durée d'exploitation de la station	Organisme exploitant
Cours d'eau : <u>DESSOUBRE</u>						
SAINT HIPPOLYTE	568	379,3 NGF	limnigraphe	débits naturels	Courbe de tarage extrapolée au delà de 110 m ³ /s	depuis 1958 : 2e CE
<u>SAVOUREUSE</u>						
BELFORT	144	356,2 NGF	limnigraphe	débits naturels	Courbe de tarage extrapolée au delà de 25 m ³ /s	depuis 1965 : 2e CE
<u>LOUE</u>						
MOUTHIER	160	MOUTHIER : cote de restitution : 387,4 NGF chute brute max. : 131,8 min. : 125,8	MOUTHIER : usine hydro-électrique; ouvrage d'a- menée : galerie en char- ge. Nombre de conduites : 2 Nombre de groupes : 3	débits naturels	Débits turbinés + déversés + variation de réserve	depuis 1945 : E.D.F.
VUILLAFANS	163	349,2 NGF	limnigraphe	débits naturels	Courbe de tarage extrapolée au dessous de 2,5 m ³ /s et au-delà de 145 m ³ /s	depuis 1954 : 2e CE
CHENECEY	1170	273,6 NGF	limnigraphe	débits naturels	Courbe de tarage extrapolée au delà de 500 m ³ /s	depuis 1955 : 2e CE
PORT-LESNEY	1379	241,9 NGF	échelle limnimétrique	débits naturels	Courbe de tarage extrapolée au delà de 114 m ³ /s	depuis 1961 : 2e CE
CHAMPAGNE	1389	236,4 NGF	limnigraphe	débits naturels	Courbe de tarage extrapolée au delà de 220 m ³ /s	depuis 1963 : 2e CE
PARCEY	1767	196,5 NGF	limnigraphe	débits naturels	Courbe de tarage extrapolée au dessous de 2 m ³ /s et au-delà de 484 m ³ /s	depuis 1956 et 1957 et 1962 : 2e CE

LE DOUBS : débits moyens mensuels



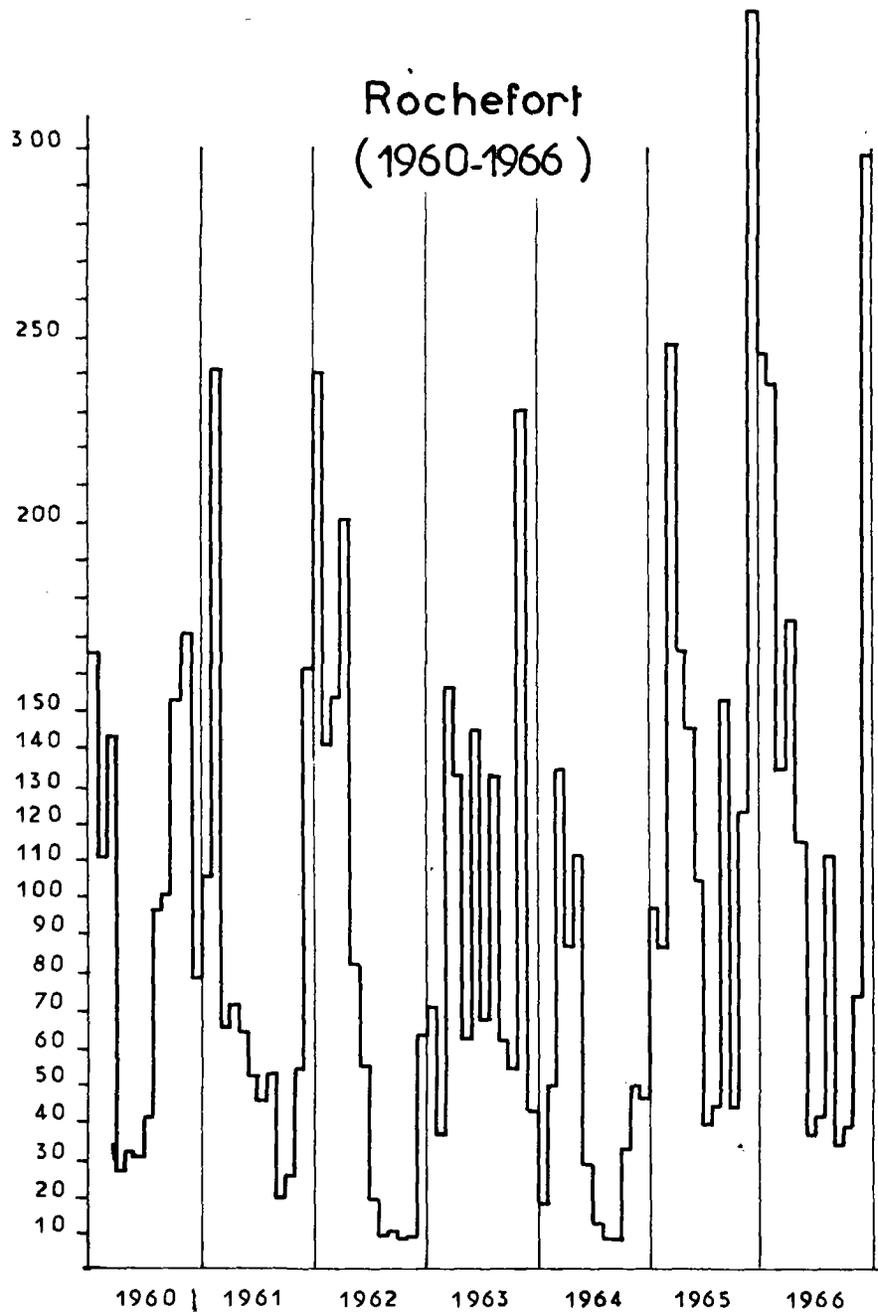
DOUBS

Débits moyens mensuels

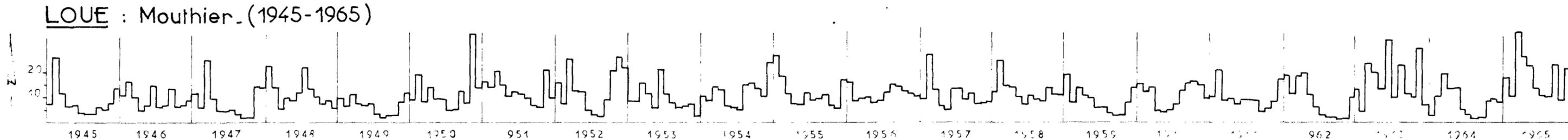


DOUBS

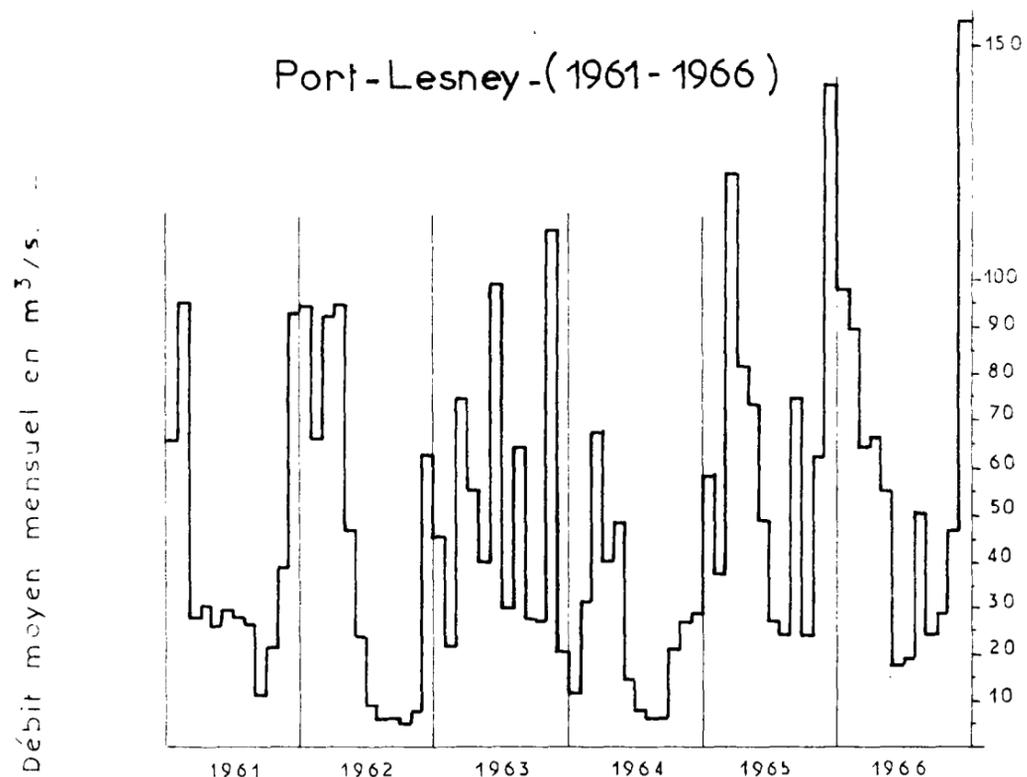
Débits moyens mensuels



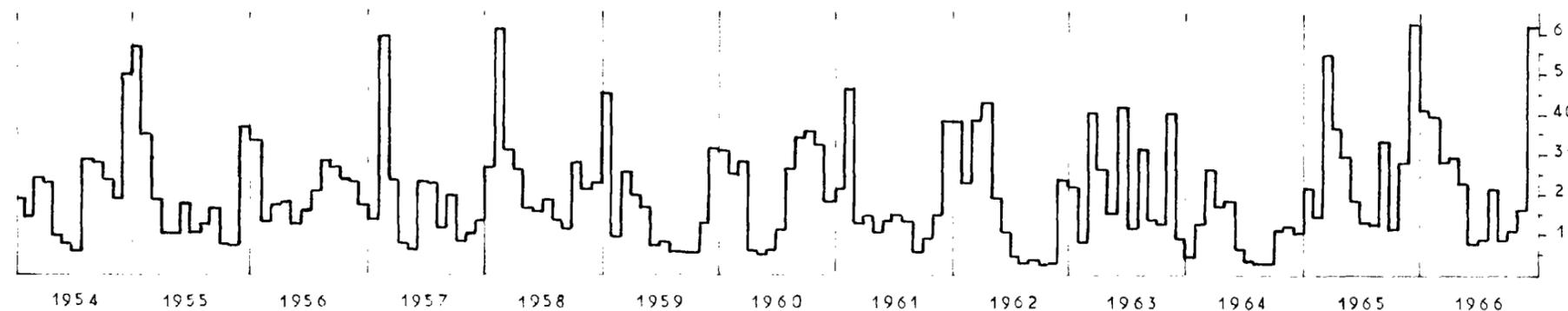
LOUE : Mouthier - (1945-1965)



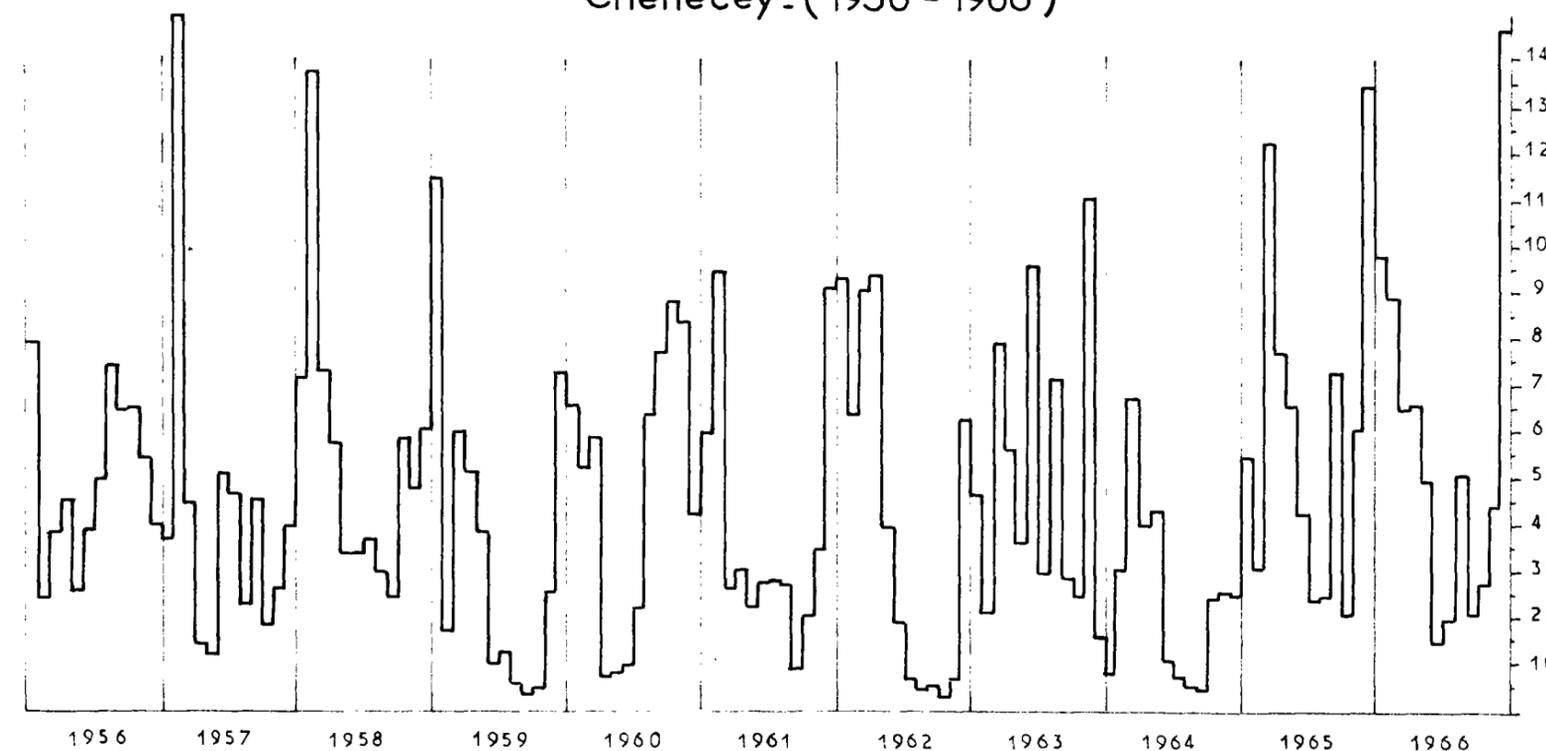
Port-Lesney - (1961-1966)



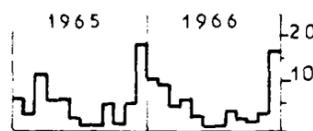
Vuillafans - (1954-1966)



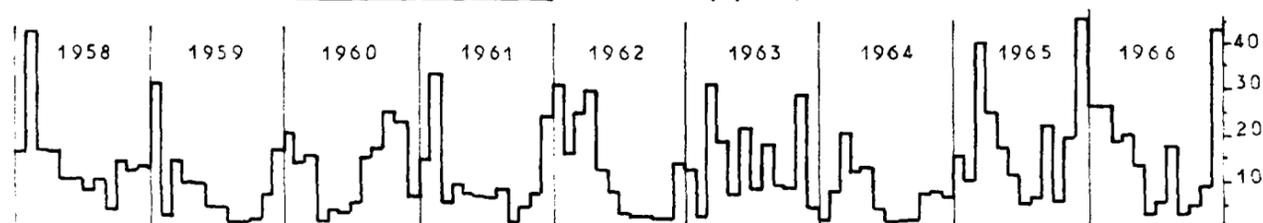
Chenecey - (1956-1966)



SAVOUREUSE : Belfort - (1965-1966)



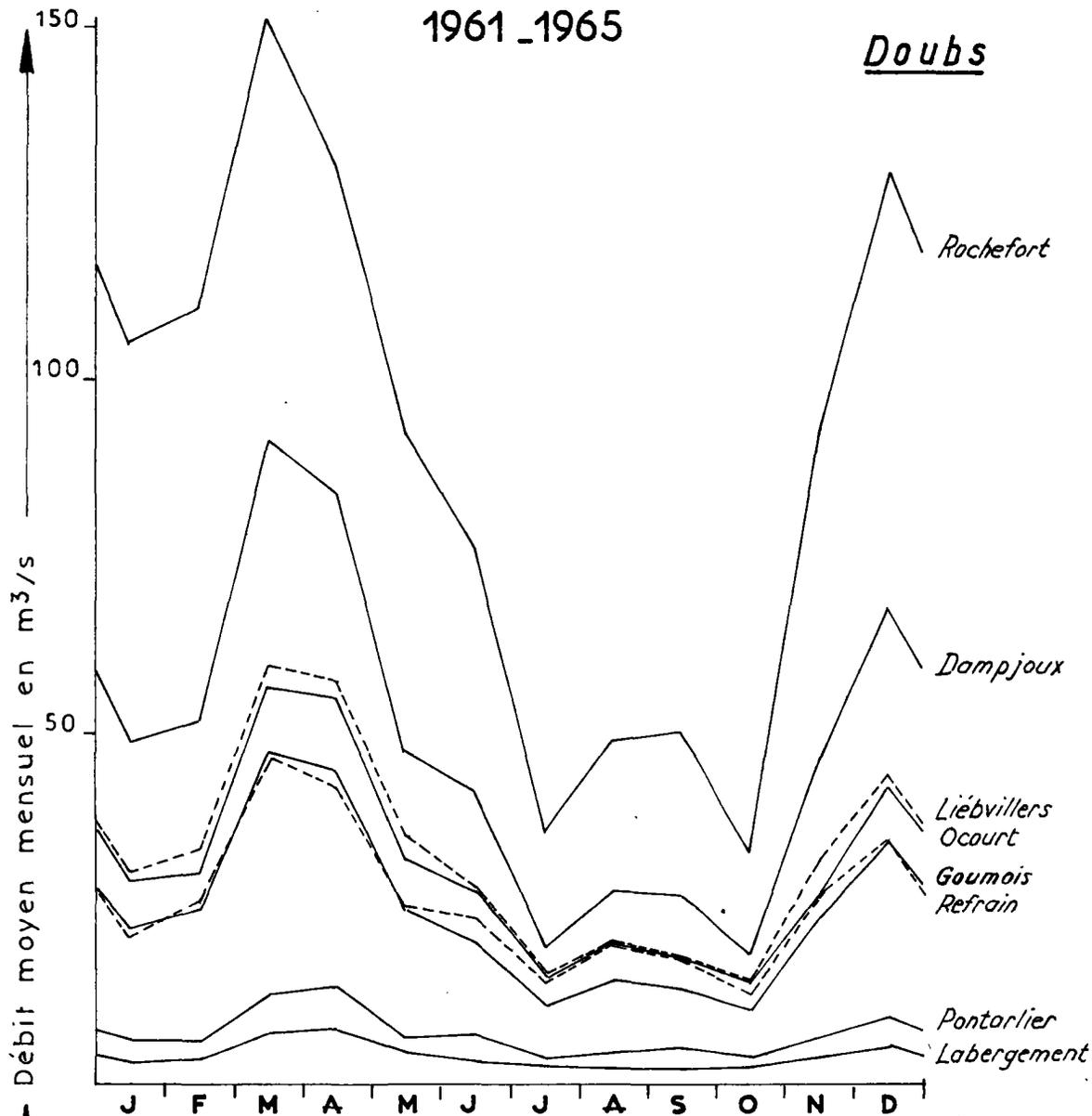
DESSOUBRE : St-Hippolyte - (1958-1966)



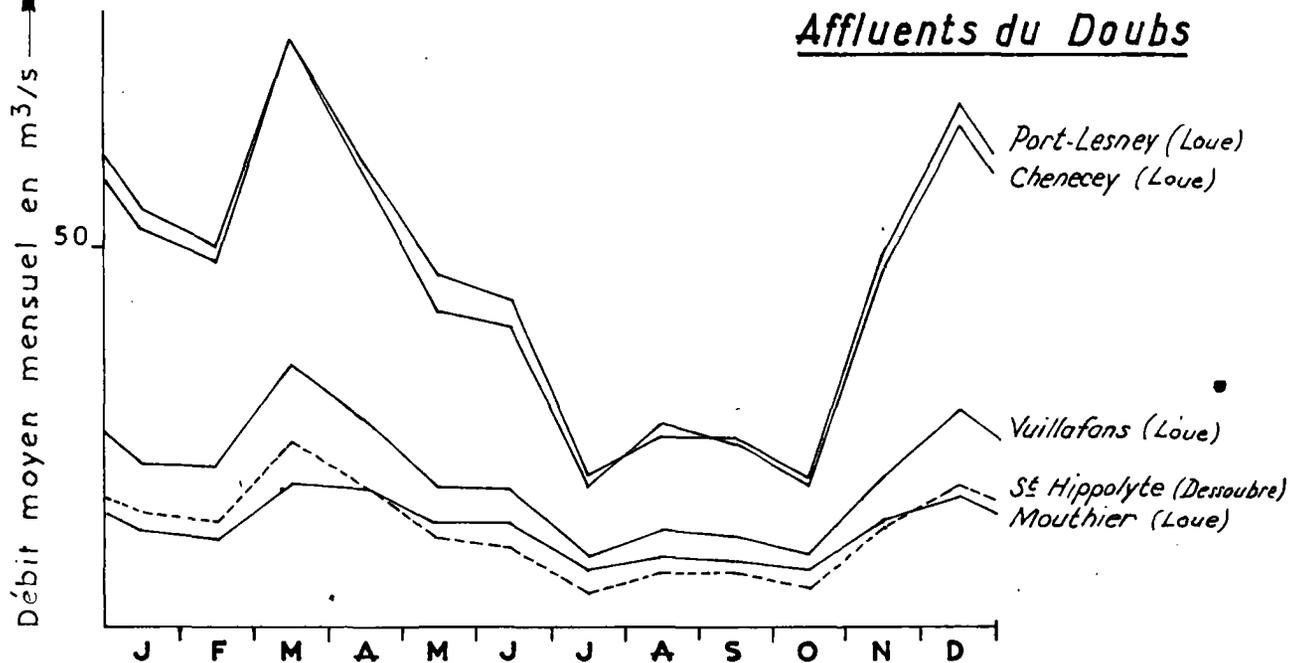
DEBITS MOYENS MENSUELS D'UNE ANNEE MOYENNE

1961_1965

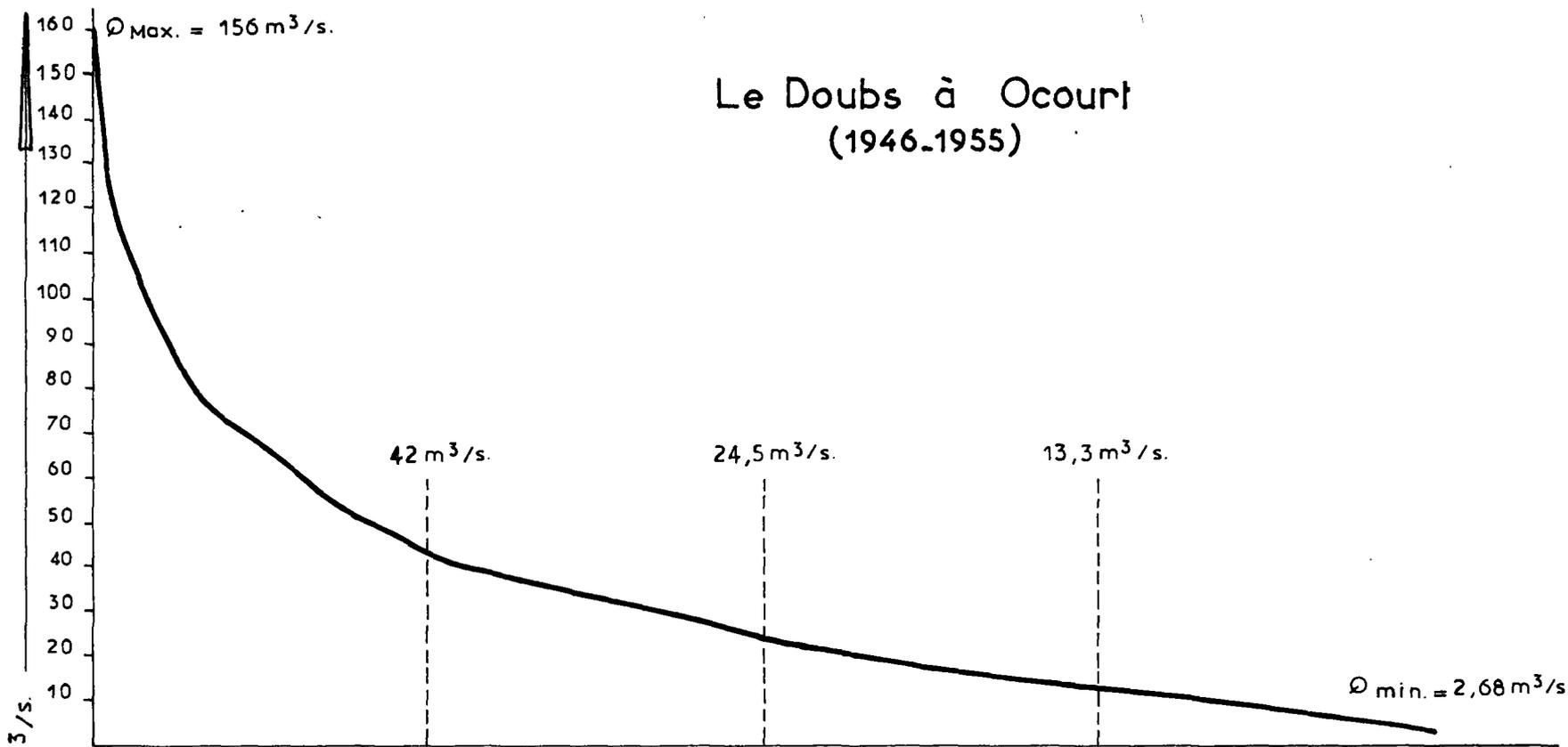
Doubs



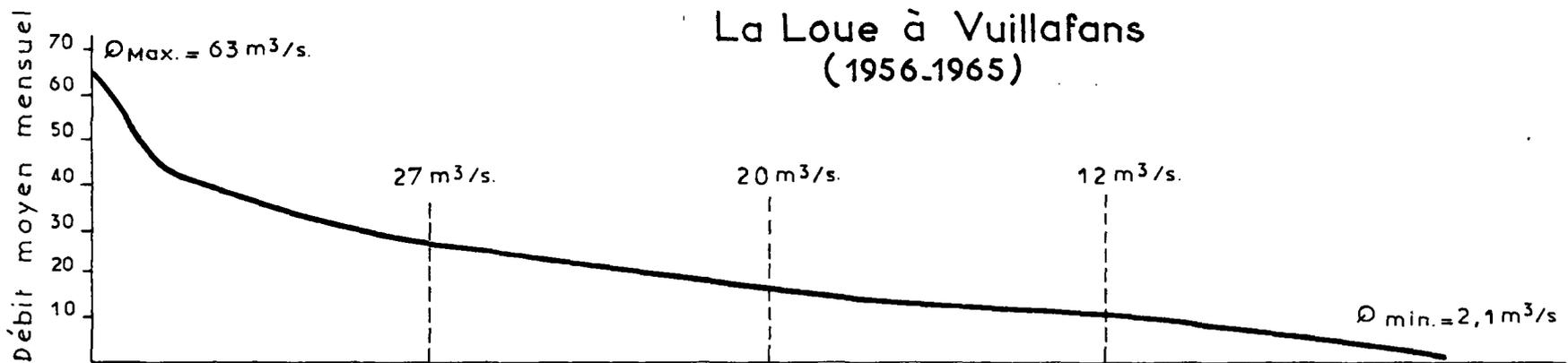
Affluents du Doubs



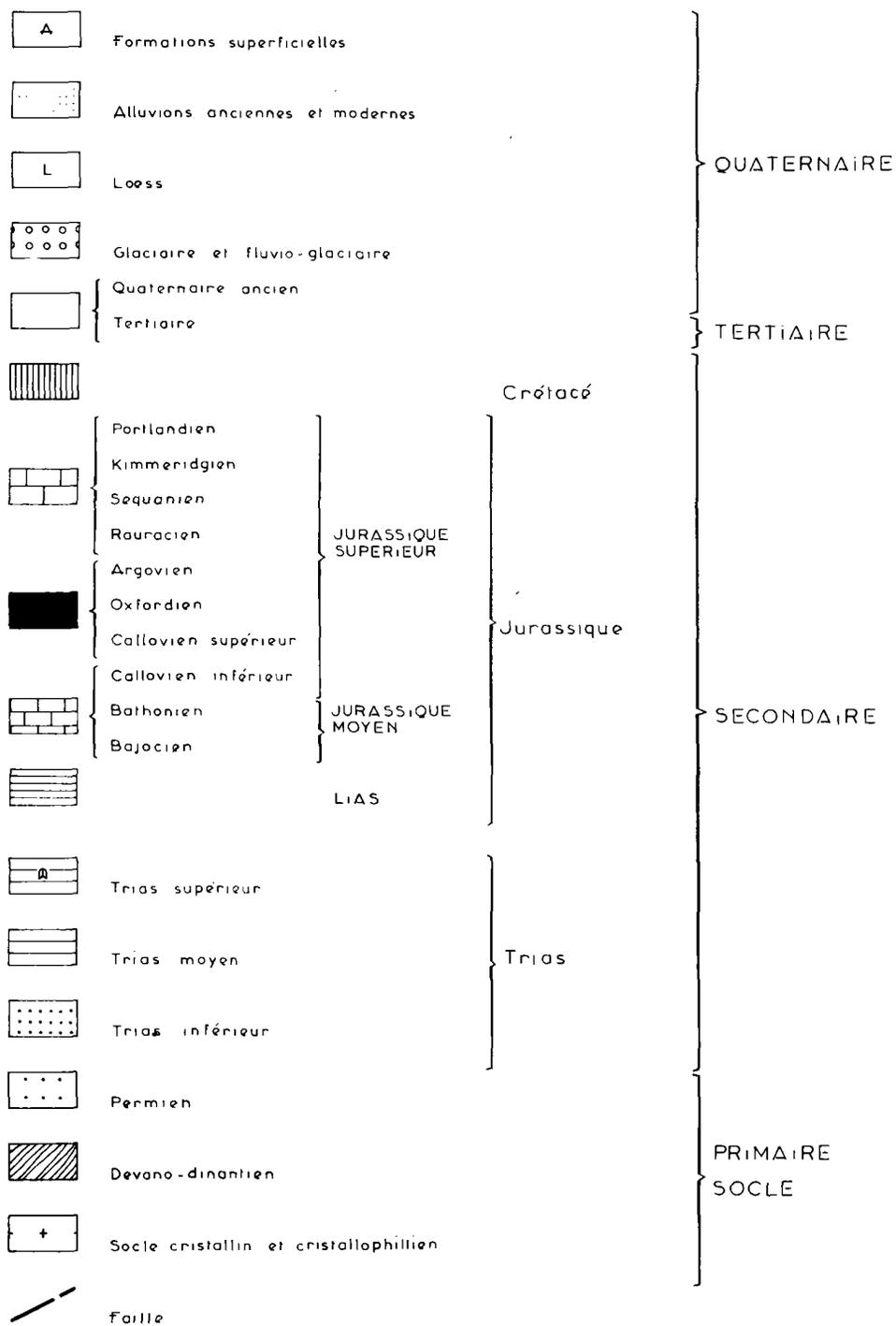
Le Doubs à Ocourt
(1946-1955)



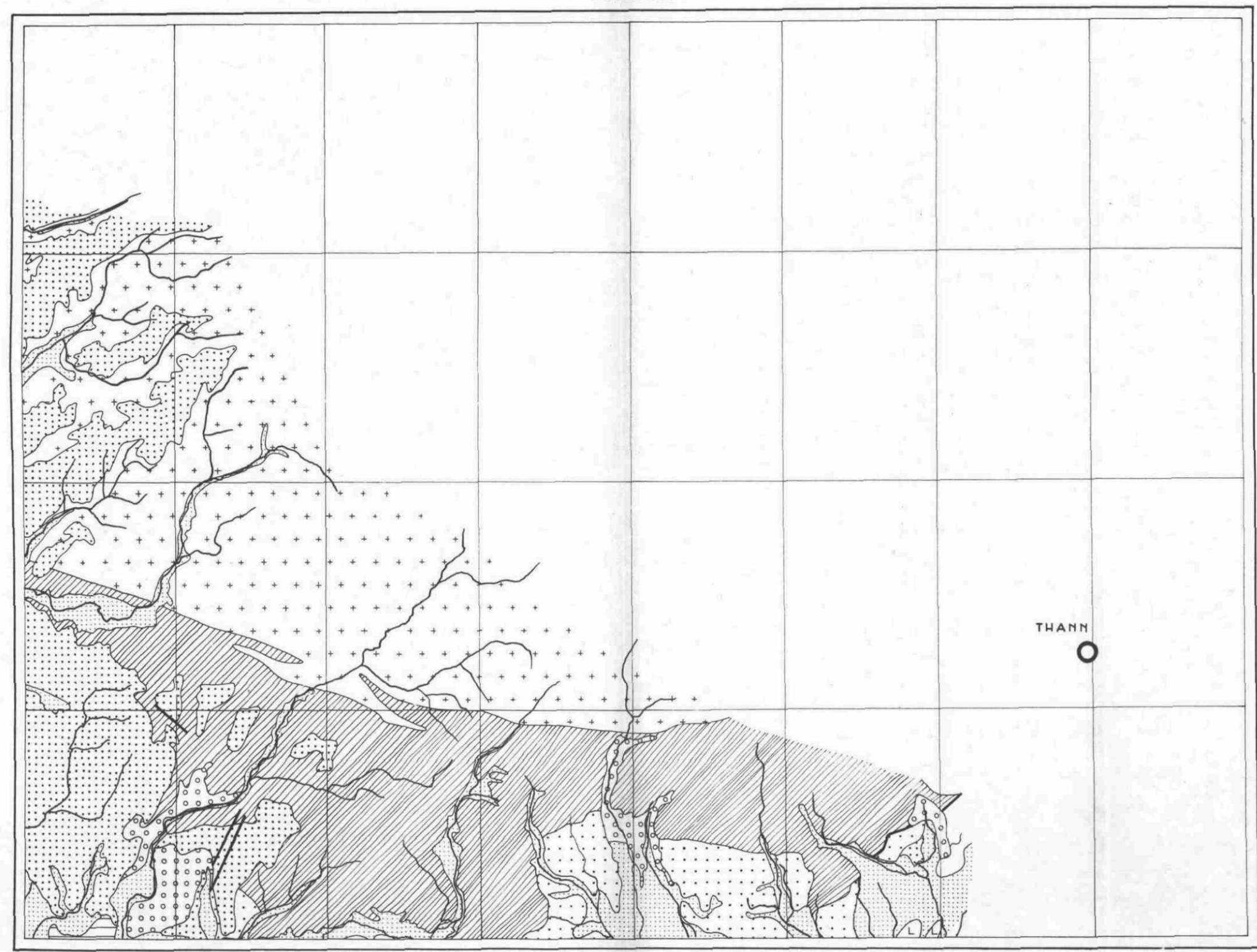
La Loue à Vuillafans
(1956-1965)



LEGENDE DES CARTES LITHOLOGIQUES



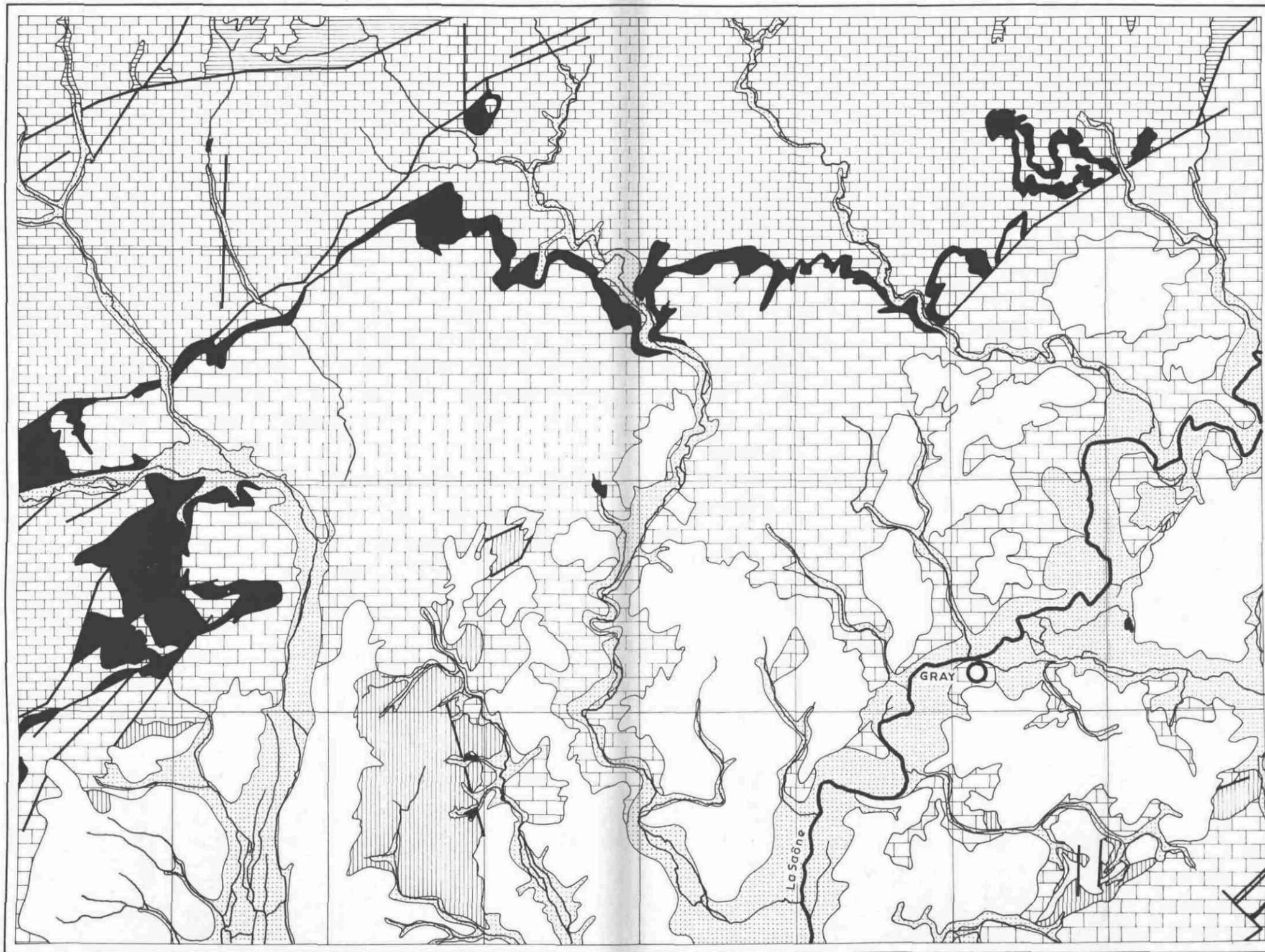
THANN



SGR - Jura, Alpes.

	Saint-Dié	
Luxeuil	Thann	Mulhouse
	Belfort	

GRAY

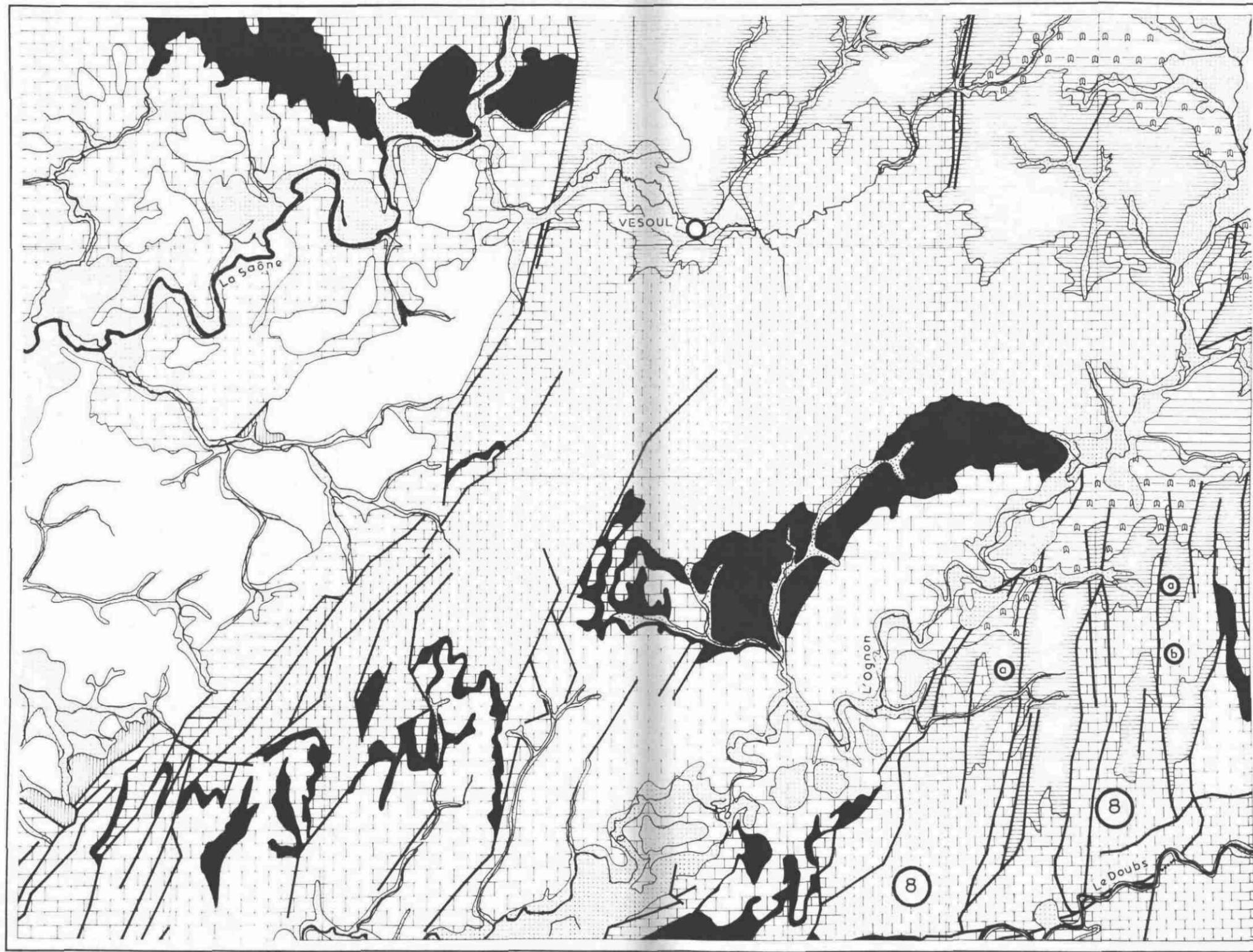


SGR - Jura-Alpes

	Langres	
Montbard	Gray	Vesoul
	Dijon	

68 SGL 162 JAL

VESOUL

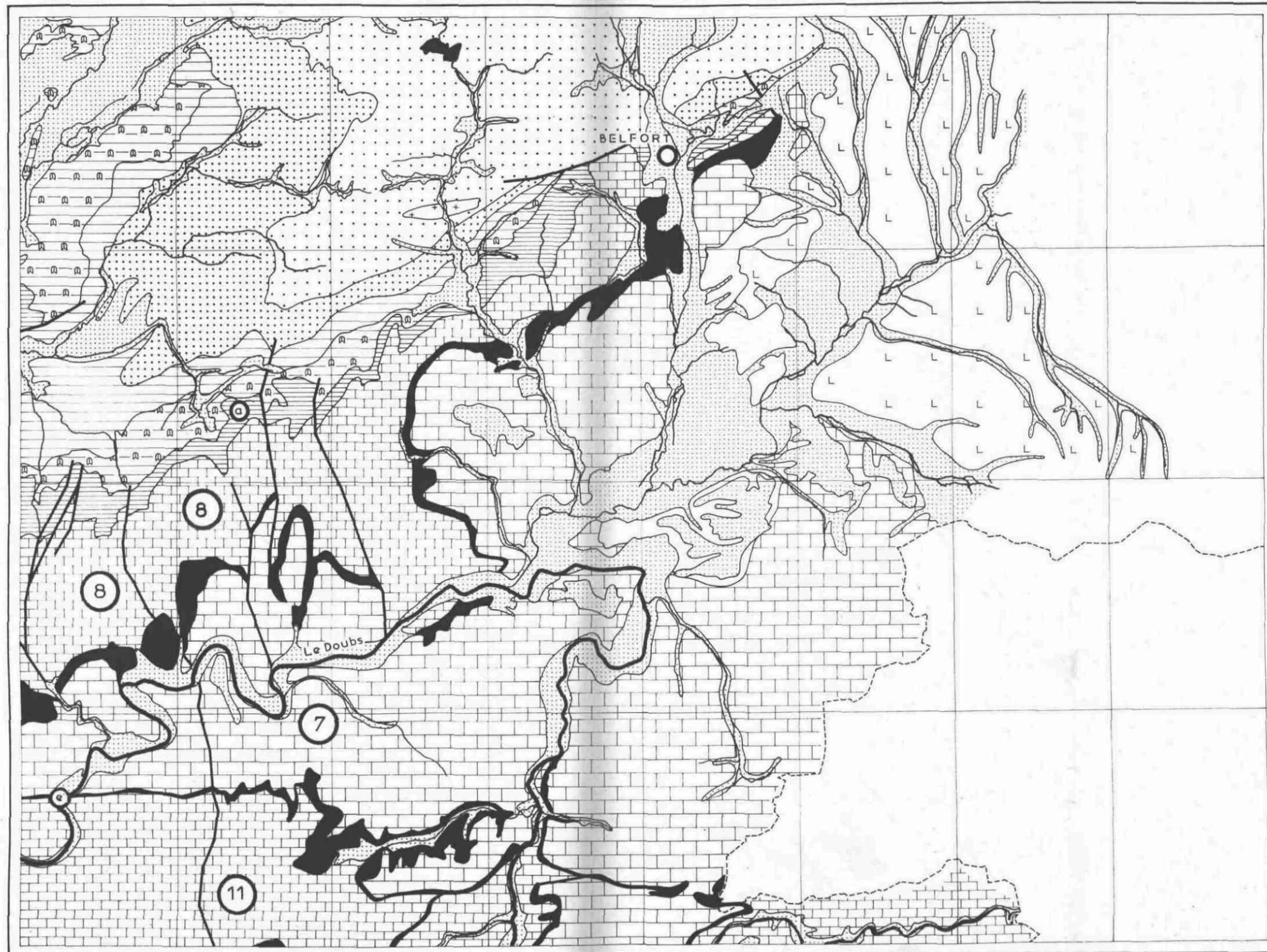


SGR - Jura-Alpes

	Luxeuil	
Gray	Vesoul	Belfort
	Besancon	

68 SGL 162 JAL

BELFORT

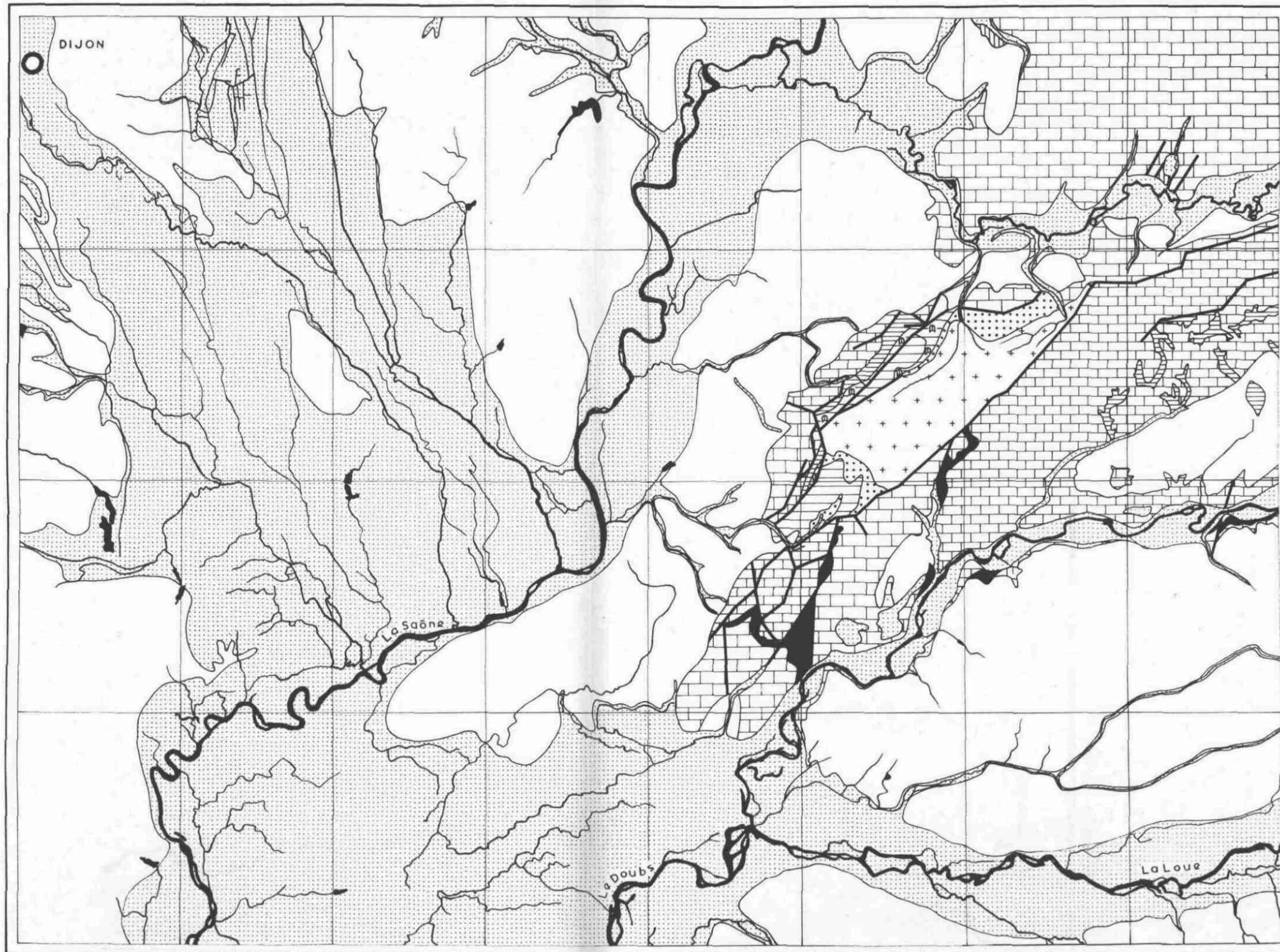


SGR - Jura - Alpes

	Thann	
Vesoul	Belfort	Altkirch
	Morteau	

68 SGL 162 JAL

DIJON

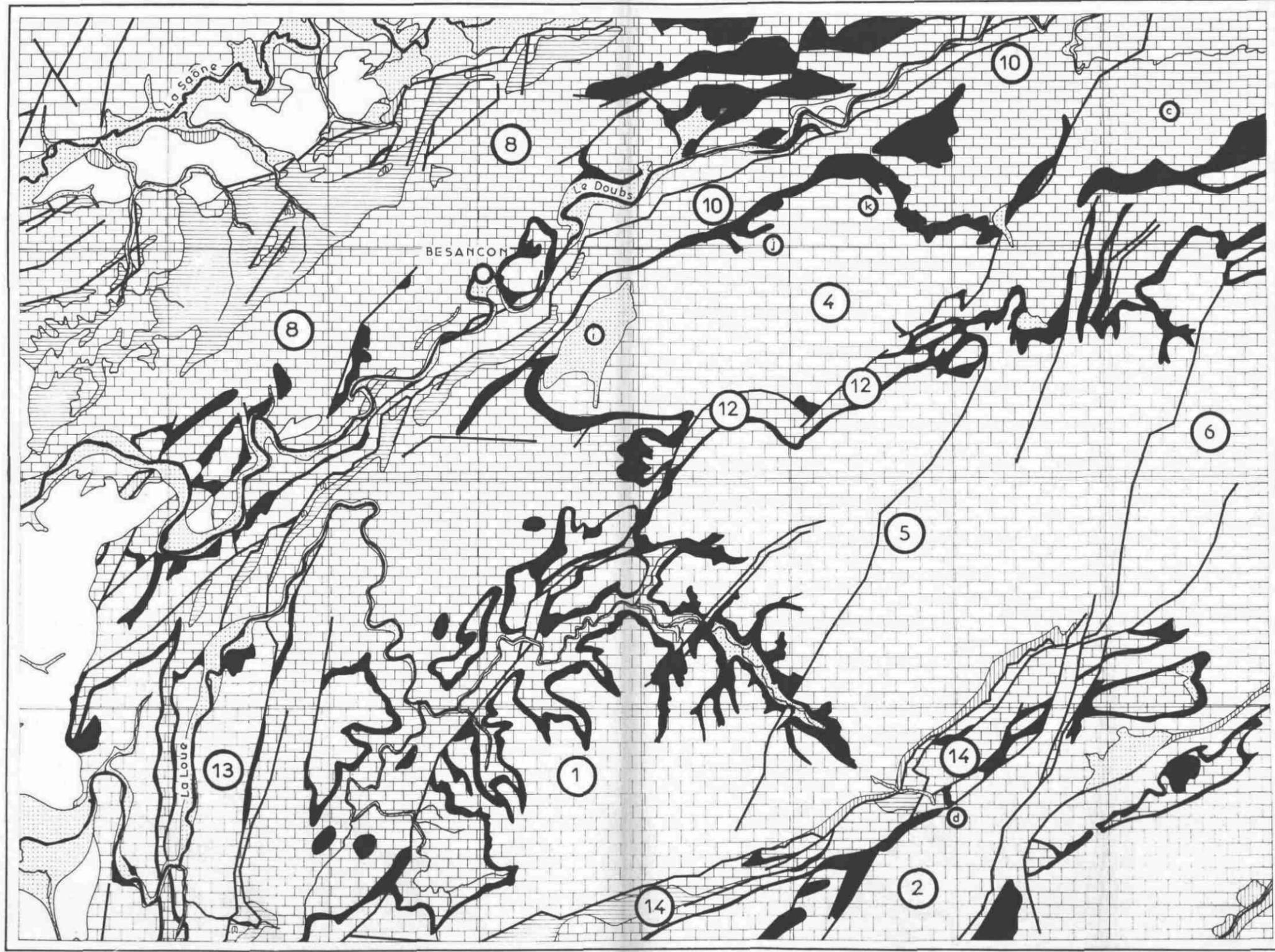


SGR - Jura-Alpes

	Gray	
Beaune	Dijon	Besançon
	Lons-le-Saunier	

68 SGL 162 JAL

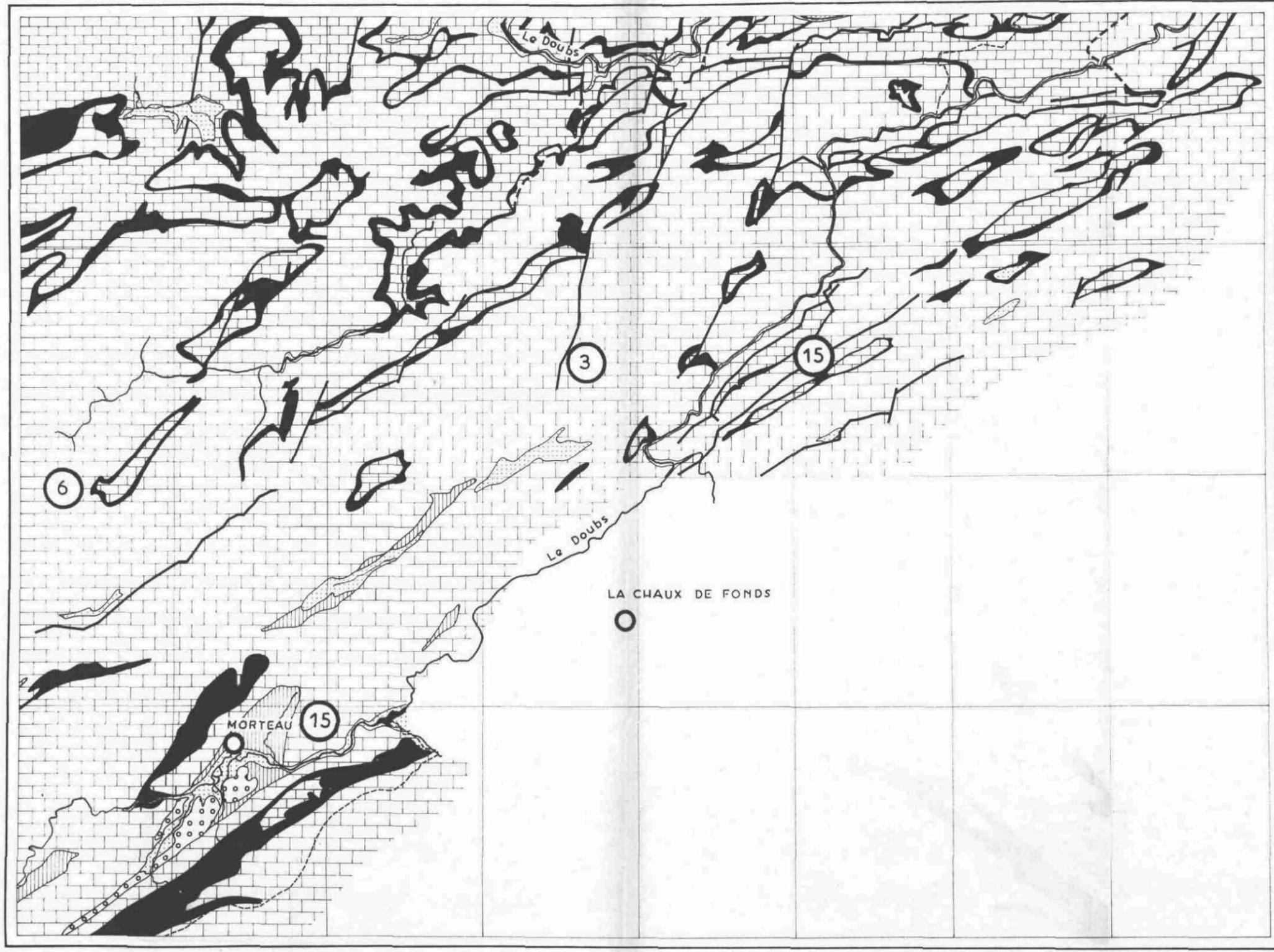
BESANÇON



SGR - Jura-Alpes

	Vesoul	
Dijon	Besançon	Morteau
	Pontarlier	

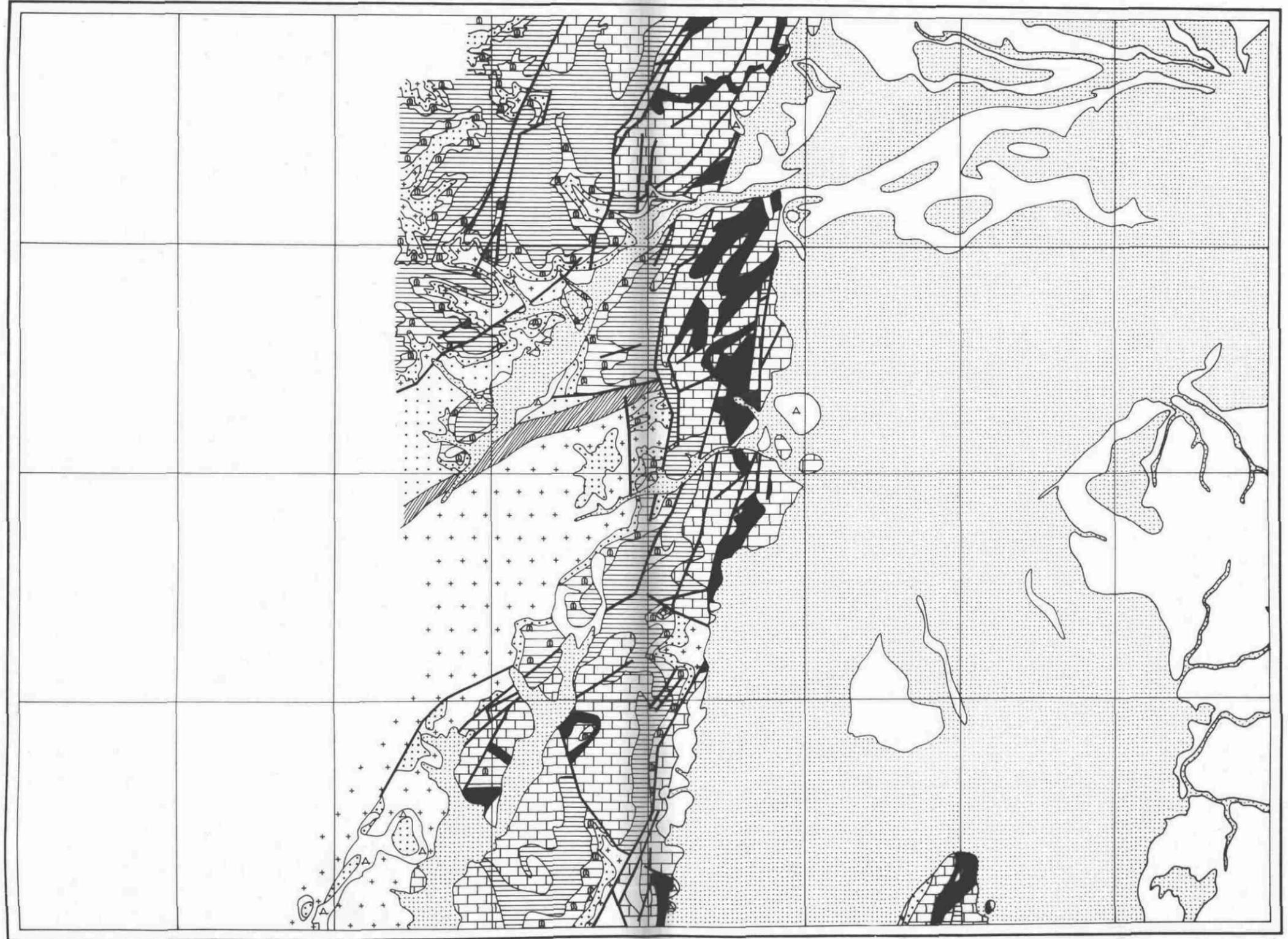
MORTEAU



SGR - Jura - Alpes

	Belfort	
Besançon	Morteau	
	Yverdon	

CHALON-SUR-SAONE

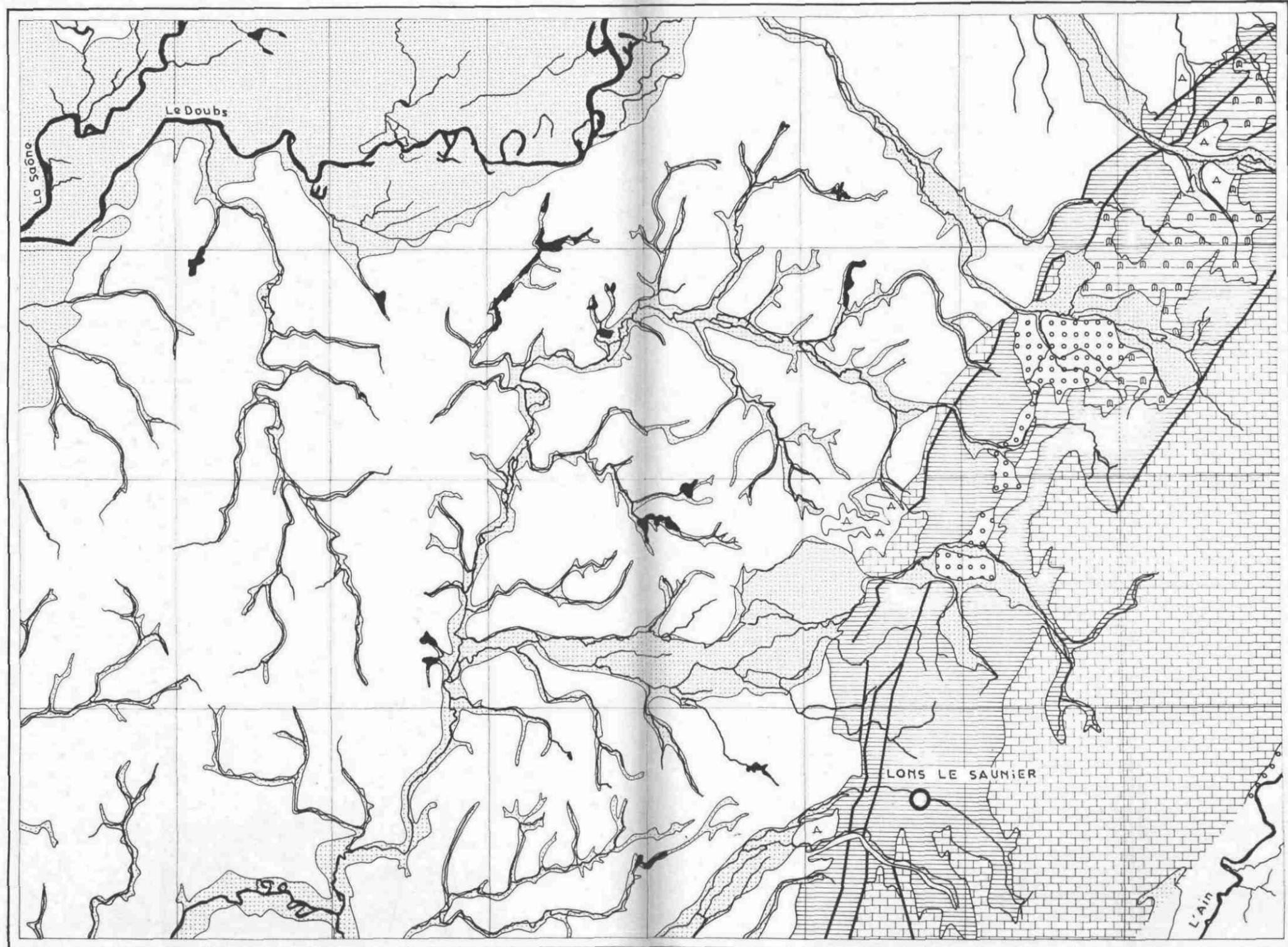


SGR. Jura-Alpes

	Beaune	
Autun	Chalon-s-Saone	Lons-le-Saunier
	Macon	

68 SGL 162 JAL

LONS-LE-SAUNIER

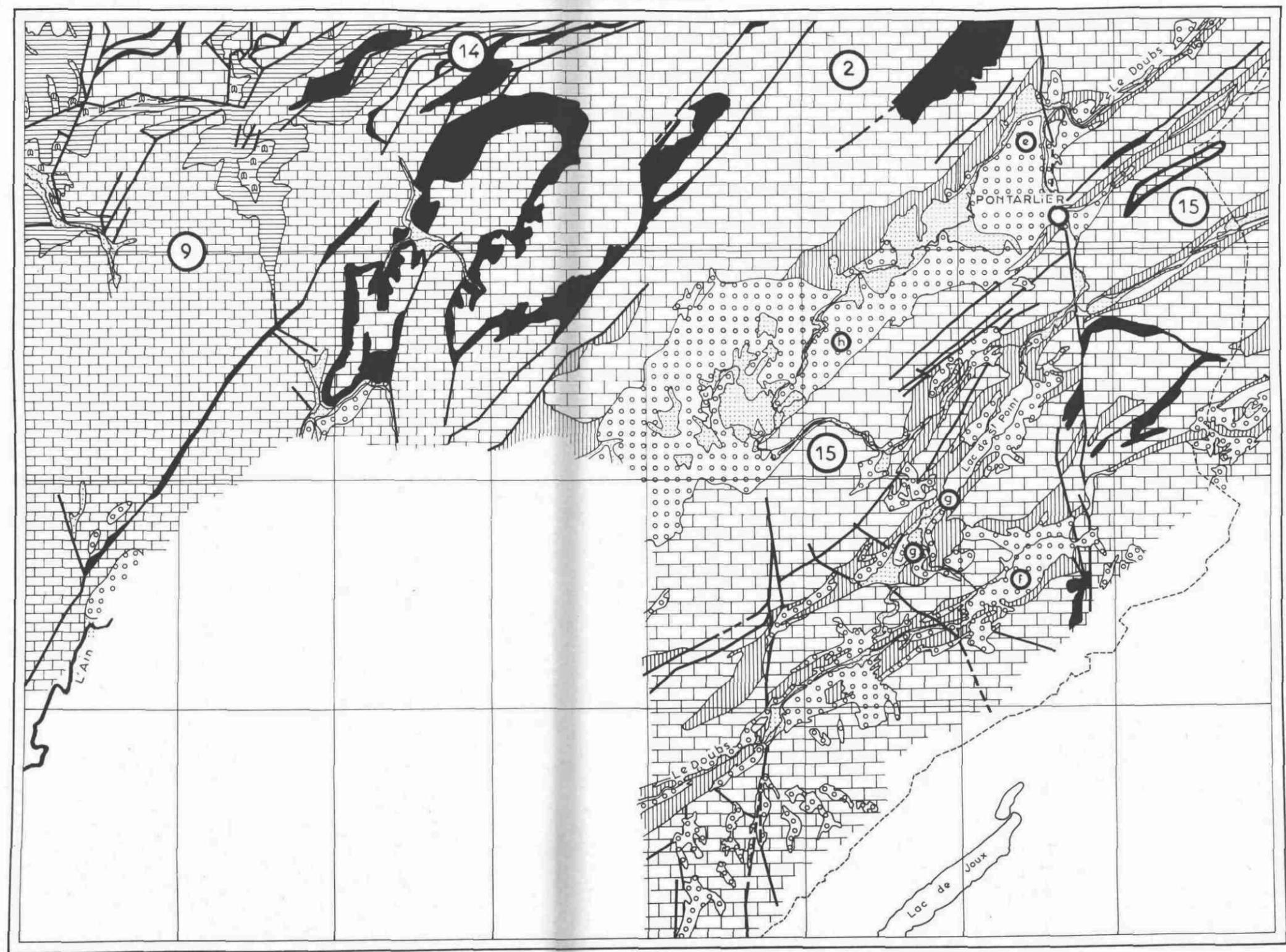


SGR - Jura - Alpes

	Dijon	
Chalon-s. Saône	Lons-le-Saunier	Pontarlier
	Saint-Amour	

68 SGL 162 JAL

PONTARLIER



SGR - Jura - Alpes

	Besancon	
Lons-le-Sonnier	Pontarlier	Yverdon
	St-Claude	

68 SGL 162 JAL

