

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

**CONTRIBUTION A L'ETUDE CLIMATOLOGIQUE, HYDROLOGIQUE
ET HYDROGÉOLOGIQUE DU BASSIN DE L'AIN (01)**

par

R. JONAC



SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 — 45018 ORLÉANS CEDEX — Tél. (38) 66.06.60

Service géologique régional JURA - ALPES

B. P. 6083 . 69604 VILLEURBANNE / Croix-Luizet — Tél. (78) 52.26.67

74 SGN 058 JAL

Lyon, Février 1974

R E S U M E

Contribution à l'étude climatologique hydrologique et hydrogéologique
du BASSIN de L'AIN.

Le présent rapport a été publié sous forme de thèse de Doctorat de
3ème cycle par Robert JONAC,

Soutenue le 29/11/73, devant la Commission d'examen de l'Académie
de Montpellier, Université des Sciences et Techniques du Languedoc.

UER "Ressources naturelles et Aménagement régional".

L'étude complète et détaillée du Bassin de l'Ain constituerait un
travail beaucoup plus large et volumineux, aussi avons nous accompli un travail
de synthèse volontairement sommaire ayant pour but principal d'amener un document
de base à l'hydrogéologue.

Une première partie traitant de la climatologie du Bassin, nous a permis
une étude assez précise de la répartition des précipitations. Nous avons ainsi
pu constater que contrairement à d'autres régions les hauteurs de précipitations
étaient essentiellement fonction de l'altitude, les autres facteurs (latitude,
influences diverses, éléments météorologiques locaux) ayant une importance secon-
daire. Un deuxième volet de cette étude climatographique est une approche aussi
précise que possible des valeurs de l'évapotranspiration grâce à des méthodes de
calcul automatiques. La marge d'erreur affectant cet élément a pu ainsi être ré-
duite.

Une deuxième partie traite de l'hydrologie des cours d'eau. Elle montre
l'existence d'un réseau jeune, en pleine évolution. Cependant l'existence sur toute
la surface du Bassin de phénomènes karstiques importants rend impossible une étude
précise. Ainsi on ne peut définir de relations débits, surfaces comme on le fait
souvent pour d'autres bassins. Pour être complète l'étude hydrologique doit tenir
compte de l'hydrogéologie.

.../...

..

La troisième partie est la plus intéressante par ses résultats.
Elle traite de l'hydrogéologie et des bilans d'eau.

Une méthode de traitement automatique du bilan hydrologique moyen (programme FLØC) a pu être appliquée et a donné des résultats intéressants.

Tout d'abord des résultats quantitatifs par l'évaluation des pertes du lac de l'Abbaye (environ 100 millions de m³ par an) du haut bassin de la Saine (41 millions de m³ par an) et du haut bassin de la Lemme (36 millions de m³/an).

Ensuite des résultats qualitatifs par la mise en évidence d'une unité hydrogéologique à trois exutoires formée par les hauts bassins de la Saine et de la Lemme, le bassin fermé du lac de l'Abbaye et le bassin de la Bienne.

Enfin nous avons pu établir une carte synthétique de la distribution spatiale de l'écoulement.

TABLES DES MATIERES

1 - <u>INTRODUCTION</u>	8
2 - <u>DONNEES GENERALES, DESCRIPTION DU BASSIN DE L'AIN</u>	8
21 - LIMITES ET SUPERFICIE	8
22 - COUVERTURE CARTOGRAPHIQUE	10
221 - <u>Cartes topographiques</u>	10
222 - <u>Cartes géologiques</u>	10
223 - <u>Cartes diverses</u>	10
23 - CADRE ADMINISTRATIF	10
24 - REGIONS NATURELLES	11
25 - VEGETATION NATURELLE ET CULTURES	11
251 - <u>Végétation naturelle</u>	11
252 - <u>Cultures et vie rurale</u>	12
26 - HABITAT	12
27 - ENERGIE ET INDUSTRIES	13
28 - TOURISME ET COMMUNICATIONS	14
3 - <u>CLIMATOLOGIE</u>	14
31 - SOURCES DE DOCUMENTATION	14
32 - VENTS	15
33 - PRECIPITATIONS	16
331 - <u>Equipement du bassin en postes pluviométriques</u>	16
3311 - <u>Densité du réseau pluviométrique</u>	16
3312 - <u>Emplacement des postes</u>	16
3313 - <u>Précision des mesures</u>	16

332 - <u>Présentation et analyse des données pluviométriques</u>	17
3321 - <u>Fiches pluviométriques</u>	17
3322 - <u>Année civile et année hydrologique</u>	17
3323 - <u>Comparaison avec les périodes précédentes</u>	18
3324 - <u>Précipitations moyennes mensuelles</u>	18
333 - <u>Nivométrie</u>	20
334 - <u>Répartition géographique des précipitations</u>	21
3341 - <u>Isohyètes</u>	21
3342 - <u>Précipitations et altitude</u>	24
335 - <u>Régime des précipitations</u>	24
336 - <u>Conclusion à l'étude des précipitations</u>	25
34 - INSOLATION	25
35 - TEMPERATURES	
351 - <u>Equipement</u>	26
352 - <u>Présentation et analyse des données</u>	26
3521 - <u>Fiches de température</u>	26
3522 - <u>Températures annuelles et mensuelles moyennes</u>	26
353 - <u>Répartition des températures sur l'ensemble du bassin</u>	28
3531 - <u>Températures et altitudes</u>	28
3532 - <u>Comparaison avec les bassins voisins</u>	28
3533 - <u>Carte d'isothermes</u>	29
36 - EVAPOTRANSPIRATION	29
361 - <u>Mesures directes</u>	29
362 - <u>Evapotranspiration calculée</u>	30

3621 - <u>Formule de Turc annuelle</u>	30
3622 - <u>Formule de Truc mensuelle</u>	30
3623 - <u>Calcul automatique de l'E T R</u>	31
3624 - <u>Evapotranspiration utilisée</u>	32
37 - APPORTS OCCULTES	34
371 - <u>Humidité atmosphérique</u>	34
372 - <u>Brumes et brouillards</u>	34
38 - CONCLUSIONS	34
1 - <u>HYDROLOGIE DE SURFACE</u>	36
41 - DESCRIPTION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE	36
411 - <u>Introduction</u>	36
412 - <u>Cours supérieur de l'Ain</u>	38
413 - <u>Cours moyen de l'Ain</u>	38
414 - <u>Cours inférieur de l'Ain</u>	39
415 - <u>Profil en long</u>	40
42 - EQUIPEMENT DU BASSIN EN STATIONS DE JAUGEAGE	40
43 - DEBITS ET REGIME DES COURS D'EAU	40
431 - <u>Régime de l'Ain et de ses affluents</u>	43
4311 - <u>Fiches de débits</u>	43
4312 - <u>Débits moyens mensuels</u>	43
4313 - <u>Année moyenne</u>	43
4314 - <u>Comparaison avec des périodes</u> <u>différentes</u>	44
4315 - <u>Etude du régime</u>	44
432 - <u>Relations des débits et des surfaces</u>	45

44 - CONCLUSIONS	46
5 - <u>BILANS DES BASSINS VERSANTS</u>	46
51 - ETABLISSEMENT DES BILANS FRACTIONNES	46
511 - <u>Méthode des bilans hydrologiques partiels</u>	46
512 - <u>Domaine de validité</u>	48
5121 - <u>Sous-bassins</u>	48
5122 - <u>Bassins partiels</u>	50
513 - <u>Application au bassin de l'Ain et résultats</u>	50
5131 - <u>Introduction</u>	50
* 5132 - <u>Bilans équilibrés</u>	53
5133 - <u>Bilans déséquilibrés</u>	53
5134 - <u>Conclusions</u>	54
52 - EVALUATION DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DE L'ÉCOULEMENT	54
521 - <u>Le programme FLØC</u>	54
5211 - <u>Opération du programme</u>	54
5212 - <u>Application au bassin de l'Ain</u>	57
522 - <u>Résultats</u>	57
5221 - <u>Cartographie de la distribution spatiale de l'écoulement</u>	57
5222 - <u>Approche quantitative des circulations karstiques</u>	60
53 - CONCLUSIONS	61
6 - <u>HYDROGÉOLOGIE</u>	62
61 - INTRODUCTION	62
62 - SCHEMA LITHOLOGIQUE STRUCTURAL ET MORPHOLOGIQUE	62

621 - <u>Lithologie</u>	62
6211 - <u>Log stratigraphique général</u>	62
6212 - <u>Les principaux ensembles perméables</u>	64
622 - <u>Structure générale</u>	65
6221 - <u>Le Jura tabulaire</u>	65
6222 - <u>Le Jura plissé</u>	65
623 - <u>Morphologie des aquifères</u>	67
63 - LE KARST DANS LE BASSIN DE L'AIN	68
631 - <u>Phase de karstification et évolution</u>	68
632 - <u>Les circulations karstiques</u>	70
6321 - <u>Etude qualitative</u>	70
6322 - <u>Etude quantitative</u>	71
64 - CONCLUSIONS	72
641 - <u>Bassins versants hydrogéologiques</u>	72
642 - <u>Unités hydrogéologiques</u>	74
6421 - <u>Unités simples</u>	74
6422 - <u>Unités composées</u>	74
7 - <u>CONCLUSIONS GENERALES</u>	76
8 - <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	79

LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX
(soulignés dans le texte)

Carte 21 a	Situation du bassin	9
Planche 3324 p	Répartition des pluies selon le type de temps	19
Planche 3341 a	Isohyètes de l'année moyenne 1963 - 1967	22
Figure 3342	Précipitations moyennes annuelles en fonction de l'altitude pour la période 1963 - 1967.	23
Figure 3531 a	Température moyenne annuelle en fonction de l'altitude pour la période 1963 - 1967.	27
Carte 3624	E T R corrigée	33
Planche 38	Climatogramme de trois stations d'altitude et de latitude différentes	35
Carte 411	Hydrographie et bassins versants	37
Planche 42 a	Liste des stations de jaugeage utilisées	41
Planche 42 b	Schéma du réseau hydrographique et stations de jaugeage	42
Figure 5122	Bassin versant partiel - Erreur relative sur le débit propre en fonction du rapport entre le débit entrant et le débit sortant.	49
Carte 5221 b	Carte de l'écoulement souterrain	58
Tableau 5222	Evaluation quantitative des circulations karstiques du haut bassin de l'Ain et du bassin de la Bienne.	59
Tableau 513 a	Bassin de l'Ain 1963 - 1967	51
Tableau 513 b	éléments des bilans hydrologiques moyens	52

Planche 6211	Variation des faciès et épaisseurs. suivant la situation géographique	63
Carte 622	Les grandes unités structurales	66
Carte 6321	Circulations souterraines	69
Carte 621 h.t	Carte schématique des principaux ensembles lithologiques	

1 - INTRODUCTION

Drainant une grande partie du Jura Central et du Jura Méridional, l'Ain et ses affluents forment un bassin, qui est le siège de nombreux phénomènes karstiques.

Dans un premier temps, une étude climatologique sommaire nous donnera une idée sur les quantités d'eau précipitées et évapotranspirées sur le bassin et sur la répartition de ces phénomènes.

Une étude hydrologique de surface mettra en évidence le régime des cours d'eau ainsi que les volumes d'eau transités.

L'établissement des bilans hydrologiques moyens, nous conduira alors par deux méthodes différentes à évaluer les transferts d'eau souterrains.

Enfin nous dégagerons, à l'aide de l'hydrologie et de la géologie les grandes lignes de l'hydrogéologie au sein du bassin en essayant d'individualiser des unités cohérentes.

L'étude du bassin de l'Ain est principalement un travail de synthèse résumant les travaux de nombreux auteurs et c'est dans cette optique qu'il faut concevoir un tel travail.

2 - DONNEES GENERALES DESCRIPTION DU BASSIN DE L'AIN

21 - LIMITES ET SUPERFICIE

L'Ain et ses affluents drainent la majeure partie du Jura Central et du Jura méridional.

Le bassin versant topographique se situe entre les latitudes:

46° 47' Nord à l'Ouest de Pontarlier

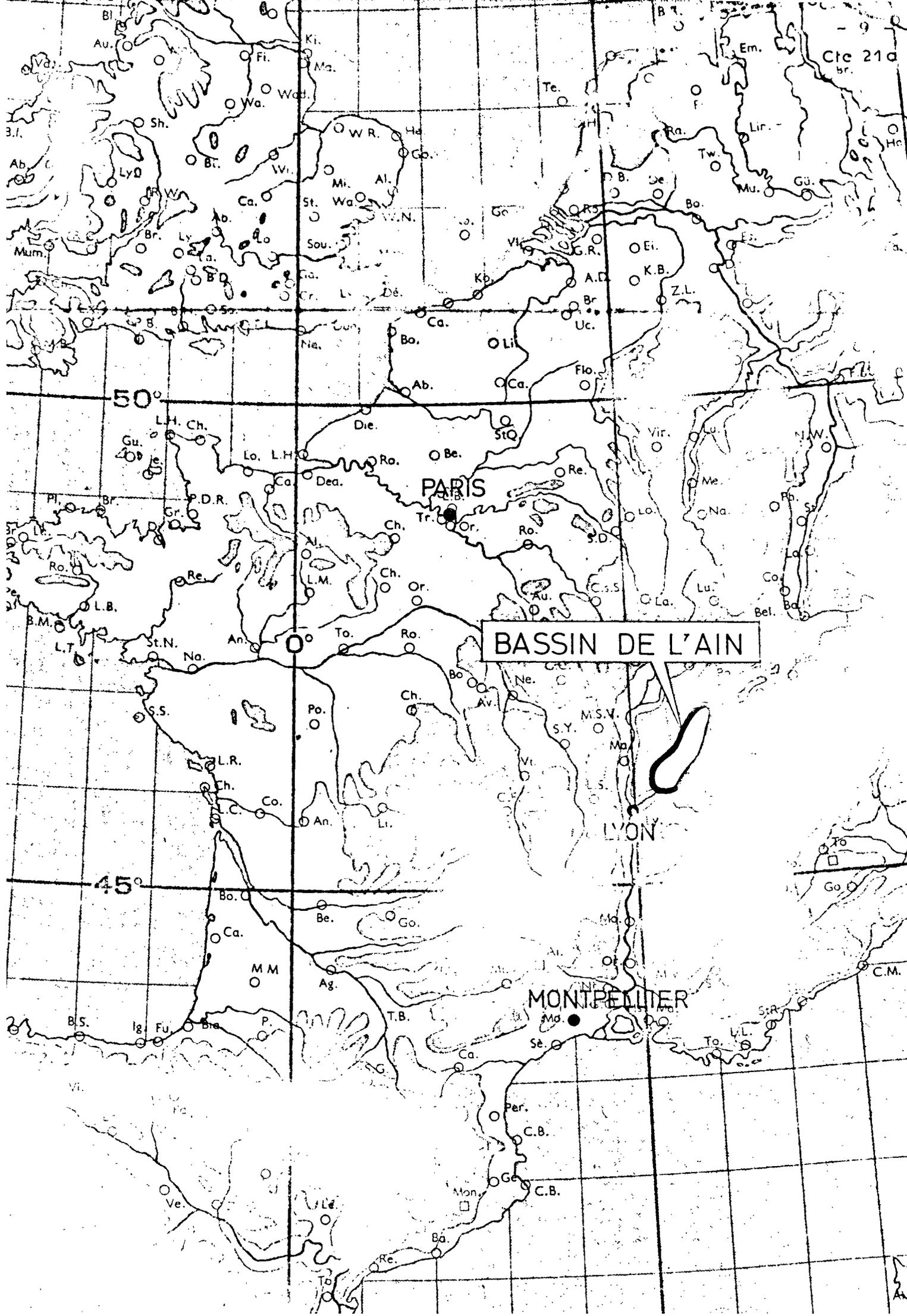
45° 47' Nord au confluent avec le Rhône à Anthon

et les longitudes :

6° 11' Est

5° 10' Est.

Le bassin, est allongé dans la direction N.NE - S.SW, sa latitude moyenne est 46° 20'N.



Cte 21 a
br.

50°

PARIS

BASSIN DE L'AIN

LYON

45°

MONTPELLIER

Le point culminant du bassin est le Crêt Pela (1495m), le point le plus bas : le confluent avec le Rhône (184m), l'altitude moyenne est 685m. Dans son ensemble le bassin de l'Ain couvre une surface de 3735 Km².

La superficie du bassin limité à la dernière station de jaugeage aval (Chazey) est de 3640 Km². Le bassin de l'Ain représente en surface 1/147 de la France et 1/16 du bassin versant du Rhône.

22 - COUVERTURE CARTOGRAPHIQUE

221 - Cartes topographiques

A titre indicatif la liste des cartes topographiques de l'institut géographique national couvrant le bassin de l'Ain est donnée par les tableaux 221a et 221b soit, 6 cartes au 1/100 000 ou 16 cartes au 1/50 000 chacune découpée en 8 cartes au 1/20 000 ou 1/25 000.

Le découpage des cartes au 1/200 000 est différent: 2 cartes suffisent pour la majeure partie du bassin, 2 autres sont nécessaires pour compléter quelques kilomètres carrés.

222 - Cartes géologiques

Le tableau 222 montre le découpage.

L'ensemble est couvert par 2 cartes au 1/320 000 (Dijon et Lyon) ou 7 cartes au 1/80 000, 8 cartes au 1/50 000 couvrent partiellement le bassin.

223 - Cartes diverses

Diverses cartes ont été utilisées dont on trouvera la liste dans le tableau 223.

23 - CADRE ADMINISTRATIF

Entièrement situé en territoire français le bassin de l'Ain chevauche 3 départements :

- au Nord une faible partie du Doubs (86 Km²)
- plus au Sud le Jura (2345 Km²)
- dans le Jura méridional l'Ain (1304 Km²)

Le Doubs et le Jura dépendent de la circonscription régionale de Franche-Comté et l'Ain fait partie de la région Rhône-Alpes. En matière hydraulique tout le bassin dépend de la circonscription électrique Est (1).

(1) Adresse : ~~maison~~ ~~CHANCEMIER~~ de l'Hôpital - 21 - DIJON.

24 - REGIONS NATURELLES

Situé immédiatement à l'Est de la plaine Bresse-Dombes, le bassin de l'Ain couvre la plus grande partie du Jura central et du Jura méridional.

A l'Ouest, Revermont et Vignoble forment les premiers contreforts du Jura. Plus à l'Est l'Ain draine le Jura externe avec ses plateaux (plateau de Nozeroy, plateau de Champagnole, plateau d'Arinthod) séparés par les bourrelets montagneux (chaîne de l'Euthe, faisceau de Syam, faisceau Hélvétique).

Enfin à l'Est, le haut Bugéy et le haut Jura forment les points culminants du bassin.

Le bassin est limitrophe à l'Est, des bassins du Doubs, de l'Orbe, de la Valserine et du Séran.

Ainsi le bassin de l'Ain se présente-t-il comme une succession de chaînes à peu près parallèles, grossièrement orientées Nord-Sud et d'altitude croissante de l'Ouest vers l'Est.

25 - VEGETATION NATURELLE ET CULTURES

251 - Végétation naturelle

En allant de l'Ouest à l'Est sur un espace relativement restreint, on trouve étagées toutes les végétations tempérées.

Au-dessus de 1400m les sommets sont dépourvus de toute végétation arborescente et sont battus par des vents violents. On trouve une flore particulièrement riche en plantes toujours de petite taille.

Au-dessous de 1400m la forêt domine. A mesure que l'on descend apparaissent hêtres rampants et épicéas dépassant rarement 3 à 4m. Puis on trouve le sapin formant de splendides forêts (1/3 de la superficie des plateaux).

La forêt elle aussi est étagée ; entre 500 et 800m. charmes tilleuls sycomores et chênes donnent des forêts mélangées.

Puis en s'élevant on trouve hêtres, érables et sapins blancs jusqu'à 1000m. Au-dessus les épicéas forment des peuplements beaucoup plus aérés. Dans les endroits frais, au voisinage des cours d'eau, on rencontre le frêne, le bouleau, le tremble, le saule, et l'aulne.

Partout où la physionomie le permet l'homme dispute la place à la forêt et les prés-bois se développent ainsi que les cultures. La forêt subsiste sur les surfaces calcaires fissurées, permettant aux arbres de trouver une nourriture suffisante à leur développement. Partout ailleurs se développe une steppe buissonnante peuplée de genévriers, de prunelliers, et d'aubépines.

252 - Cultures et vie rurale

Les cultures ne représentent que 20 à 25 % du territoire.

La vie rurale et pastorale suit une évolution du Nord au Sud si le Jura septentrional est favorisé (sols plus riches, grandes exploitations, absence de friches, techniques modernes adaptées), le Jura méridional par contre est en pleine décadence (sols pauvres, friches, exploitations minuscules et morcelées).

Entre les deux le Jura Central forme une transition.

Le Jura du Nord et le Jura central sont surtout axés vers la production laitière, tandis que le Jura du Sud s'adonne à une petite polyculture à faible rendement, et possède un troupeau bovin de race médiocre et de faible productivité.

Il faut signaler la culture de la vigne (Arbois, Poligny) permise par l'infiltration des influences climatiques méditerranéennes.

26 - HABITAT

Les grosses agglomérations sont situées à l'extérieur du bassin, dans les plaines plus propices à leur développement. C'est le cas en particulier de Lons-Le-Saunier (21 715 hab.) (1) Bourg (40 407 hab.). Aucun gros centre industriel ne se trouve sur le bassin.

Les agglomérations internes, sont de moyenne importance et dépassent rarement 10 000 habitants, exception faite pour St Claude dans le Jura (13 117 hab.) et Oyonnax dans l'Ain (20 122 hab). Les principales villes, sont dans le Jura : Champagnole (9 744 hab.), Morez (6 704 hab.), et dans l'Ain Ambérieu (9 520 hab.), Hauteville (5 511 hab.), Nantua (3 954 hab.).

L'habitat rural domine dans le Jura où l'on trouve de nombreux bourgs et villages. L'élevage (surtout au Nord) est une des principales sources de revenus.

(1) Les chiffres de population cités rapportent au recensement de 68

Dans l'Ain au contraire la situation de l'habitat rural tend à se détériorer : les jeunes fuient les campagnes au profit des villes.

27 - ENERGIE ET INDUSTRIE

La seule énergie présente est l'énergie électrique.

L'Ain a fait l'objet d'un bon équipement hydroélectrique par l'installation de nombreux barrages sur son cours même et sur ses affluents (Bienne et Oignin particulièrement).

Dès 1931, fonctionnait le barrage poids de Cize-Bolozon sur l'Ain (retenue 4 millions de M³).

Puis vinrent s'ajouter, Allement (2 millions de M³) Saut-Mortier qui fut renové et plus récemment Vouglans et sa magnifique voûte pure à double courbure haute de 125m créant un lac artificiel de 605 millions de M³. En 1970, fut mis en service le barrage poids de Coiselet (36 millions de M³). Sur l'Oignin les eaux de la retenue de Charmine (5 m. de m³) sont déviées sur l'Ain pour être turbinées à Moux.

De nombreuses usines électriques au fil de l'eau existent sur l'Ain et la Bienne. Leur importance dans l'économie est moindre. L'installation des grands barrages a posé de nombreux problèmes, compte tenu de la nature calcaire des terrains.

Aucune grosse industrie ne se trouve implantée sur le bassin de l'Ain si ce n'est la fabrication des matières plastiques à Oyonnax et la perspective d'une industrie pétrolière à la confluence Rhône-Ain dans la région de Loyettes.

Cependant de nombreuses petites industries se trouvent éparpillées sur le territoire dont certaines à caractère encore artisanal (pipes de St Claude, montres à Morez).

Les principales industries sont des industries de transformation (mécanique de précision, horlogerie) textiles et alimentaires (meuneries, distilleries, fromageries, chocolateries).

En ce qui concerne les matières premières, de nombreux sondages ont révélé la présence d'huiles et de gaz. Le pétrole n'est malheureusement pas exploitable car en trop faible quantité. Quant au gaz, il est utilisé localement (cas des cimenteries de Champagnole).

- 1

A Champagnole, les marnes et calcaires de l'Argovien supérieur et du Séquanien servent à la fabrication du ciment. Le sel est exploité à l'extérieur du bassin (Poligny, Lons, Salins). Ainsi comme on le voit, on trouve peu d'industries grandes consommatrices d'eau si ce n'est dans la région d'Oyonnax et dans la basse plaine de l'Ain et, par contrecoup, peu de risques de pollution.

28 - TOURISME ET COMMUNICATIONS

Le tourisme, favorisé par une nature et des paysages variés et accueillants, se développe dans le bassin de l'Ain.

Les rivières et les nombreux lacs artificiels et naturels, attirent pêcheurs et baigneurs, les grandes forêts : les amateurs de calme et de promenades, les nombreuses grottes : les spéléologues.

En hiver les stations du haut Bugey (Hauteville) et du haut Jura (Lamoura, les Rousses) voient le nombre des amateurs croître d'année en année.

Cet afflux estival ou hivernal de touristes ne va pas bien sûr, sans poser le problème de l'alimentation en eau.

Quant aux communications, elles utilisent les voies naturelles, vallées et cluses; elles sont cependant restreintes car si la circulation est facilitée dans le sens Nord-Sud, elle est plus difficile dans le sens Est-Ouest. Le bassin est cependant traversé au Sud par la voie ferrée et la route Lyon Genève et au Nord par des voies ferrées qui pénètrent à l'intérieur (Oyonnax- St Claude-Morez- Champagnole- Lons) et sont d'importance secondaire. Aucun aéroport important mis à part Ambérieu ne se trouve dans le bassin.

3 - CLIMATOLOGIE

31 - SOURCES DE DOCUMENTATION

L'étude climatologique du bassin de l'Ain a été faite sur la base des observations et des mesures effectuées durant la période 1963-1967. Ces observations, sont relatives à l'ensemble des postes situés sur le bassin ou sa périphérie et ayant fonctionné régulièrement pendant cette période.

Les documents utilisés sont les publications de la Météorologie Nationale, les bulletins des commissions météorologiques départementales, ainsi que des documents non publiés de la météorologie nationale (1) et du Centre Régional de Prévision de l'Electricité de France à Lyon (2).

32 - VENTS

L'étude des vents au sol sur l'ensemble du bassin est très peu précise car on ne dispose que d'un seul point de mesure à Ambérieu. Une reproduction graphique de la fréquence et de la direction est donnée par le graphique 32.

Les vents du Nord et du Sud dominant. Le vent du Sud est aussi important ; la vitesse moyenne varie de 1,7 m/s en Octobre, à 2,8 m/s en Avril.

Le régime des vents est différent selon que l'on considère la partie centrale ou la partie méridionale de la chaîne.

Dans le Jura central, on observe une prédominance des vents du Sud-Ouest et de l'Ouest chargés d'humidité et souvent accompagnés d'une hausse de la température. Ils amènent orages et bourrasques en été, neige et dégel en hiver. Le vent du Nord-Est est moins fréquent. C'est la "bise", sèche et froide, qui cause les baisses de température les plus sévères.

Dans le Jura méridional, on compte en moyenne chaque année, 800 mouvements de l'air se répartissant comme suit : 360 vents du Nord, 160 vents du Nord Ouest, 120 vents du Sud, 90 vents d'Ouest et 65 vents d'Est.

Les vents sont souvent canalisés par les vallées dont beaucoup orientées N-S facilitent la pénétration.

(1) Centre météorologique régional, service climatologique,
55, Rue Mazenod - LYON

(2) EDF division technique générale, centre régional de prévision,
5, rue des Cuirassiers - LYON

33 - PRECIPITATIONS

331 - Equipement du bassin en postes pluviométriques

La répartition des précipitations sur le bassin de l'Ain a été étudiée à partir des relevés pluviométriques journaliers de la Météorologie Nationale et des nivopluviomètres totalisateurs de l'EDF.

3311 - Densité du réseau

De 1963 à 1967, 55 postes ont donné des résultats réguliers, 36 étaient situés sur le bassin lui-même, 19 à sa périphérie.

Cela donne environ un poste pour 100 km^2 , ce qui est très légèrement supérieur à la densité moyenne du réseau pluviométrique français. On peut donc considérer que le bassin est bien équipé malgré la présence de "trous" parfois gênants.

3312 - Emplacements des postes

La figure 3312 précise l'emplacement des postes pluviométriques. Leur répartition est assez bonne. Ils sont répartis plus lâchement sur les plateaux et dans les plaines avoisinantes. Deux nivopluviomètres totalisateurs sont situés dans les zones les plus élevées et donnent des renseignements intéressants quant aux précipitations en altitude, ils permettent de faire des comparaisons avec les pluviomètres voisins.

Il faut enfin remarquer une plus grande densité et une meilleure répartition des pluviomètres dans le Jura par rapport à ceux situés dans l'Ain.

3313 - Précision des mesures

De nombreuses études et critiques ont été faites en ce qui concerne la représentativité des divers appareils de mesure.

Dans la plupart des cas on peut penser que les appareils (pluviomètres Association principalement) donnent les valeurs des précipitations à 10 % près, le plus souvent par défaut. On aurait donc toujours tendance à sous estimer les précipitations, principalement les précipitations neigeuses.

Les comparaisons effectuées par POGGI au Col de Porte entre le nivopluviomètre totalisateur et le pluviomètre Association montrent les faits suivants :

- pour les périodes pluvieuses les 2 types d'appareils donnent des résultats voisins.
- pour les périodes pluvioneigeuses (50 % de neige) le nivopluviomètre donne des résultats un peu plus élevés que le pluviomètre (5,5 à 6,5 %).
- pour les périodes franchement neigeuses la différence est de l'ordre de 10 % pouvant aller jusqu'à 22 %.

Pour le bassin de l'Ain, la comparaison a été effectuée entre les deux nivopluviomètres totalisateurs et les pluviomètres voisins. Le pluviomètre de Bellefontaine (1028m) et le NPT du Risoux (1195m), donnent des résultats identiques. Le pluviomètre de Lamoura (1156m) distant d'environ 4 km du NPT du Massacre (1390m) montre un défaut de 23 %. Il faut cependant souligner la position exceptionnelle de ce NPT (cf. § 335).

332 - Présentation et analyse des données pluviométriques

3321 - Fiches pluviométriques

Il a été établi, pour chaque station, une fiche pluviométrique où figurent les valeurs mensuelles et annuelles, et pour certaines, l'année hydrologique moyenne.

Le tableau 3321 présente un exemplaire de fiche pluviométrique. Ces fiches ont été groupées par département et par ordre alphabétique et forment autant de fascicules conservés aux archives du SGR JURA ALPES.

3322 - Année civile et année hydrologique

Si, par souci de ne pas scinder en deux la période des précipitations hivernales, on utilise l'année hydrologique (du 1er Octobre au 30 Septembre) pour les calculs de volumes d'eau précipitée, on remarque à l'échelle de l'année des différences parfois importantes par rapport à l'année civile. Ces différences de l'ordre de 10 % peuvent parfois atteindre 25 à 30 %. Cependant, à l'échelle de l'année moyenne 1963-1967, ces différences s'estompent ; elles varient de 0 à 3 %, ce qui est faible, voire négligeable. Nous avons donc utilisé les valeurs fournies par les années civiles. Il va de soi cependant que pour une analyse de détail ou une étude à l'échelle de l'année, c'est l'année hydrologique qui devrait être retenue.

3323 - Comparaison avec les périodes précédentes

La période 1963-1967 a été suffisamment longue et variée pour que l'étude des précipitations moyennes annuelles soit assez représentative. Si nous comparons avec des statistiques établies sur 12 ans nous ne remarquons pas de différence notable :

Moyenne établie sur 40 postes identiques

- période 1956-1957 : 1572 mm

- période 1963-1967 : 1602 mm

Soit une différence de l'ordre de 2 % seulement.

3324 - Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières

Outre les hauteurs moyennes de pluies calculées pour la période 63-67 et dans certains cas pour la période 1956-1967, (voir tab. 3324 a à e) une étude plus approfondie a été effectuée pour quelques stations représentatives : AMBERIEU et VILLEREVERSURE ont été choisies pour la basse plaine de l'Ain et le rebord Sud Ouest du bassin, TENAY et HAUTEVILLE, pour le Jura méridional montagneux, St Claude et CLAIRVAUX pour la zone centrale BESAIN et SUPT pour les plateaux du Nord du bassin, enfin BELLEFONTAINE et LAMOURA pour la haute chaîne Est du Jura. (voir tab. 3324 f à l et fig. 3324 m à o). Pour ces dix stations ont été calculés les coefficients pluviométriques relatifs (1). Ceci permet de mieux se rendre compte de la répartition des pluies dans le temps indépendamment de leur valeur absolue.

Le mois le plus arrosé, est sans exception le mois de Novembre puis selon que l'on se place au Nord ou au Sud du bassin Décembre et Mars. Août reçoit aussi d'assez fortes précipitations.

Les mois les plus secs sont par ordre décroissant Juillet, Janvier, Février et Octobre.

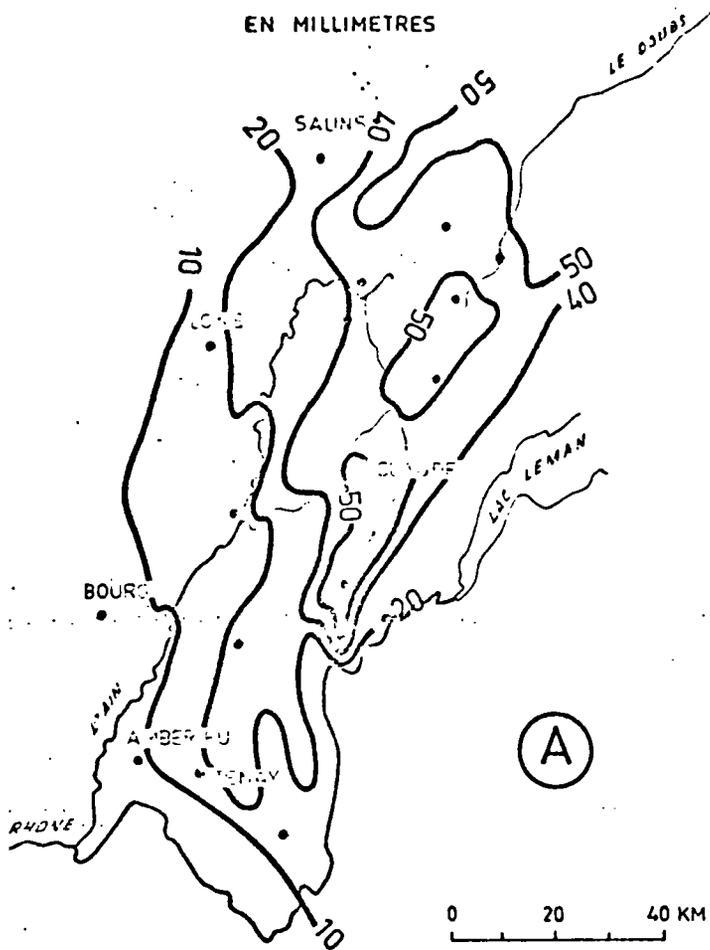
Juin, Avril, Septembre et Mai ont une pluviosité moyenne.

Le maximum des précipitations se fait donc au Nord du bassin en automne et au début de l'hiver, tandis qu'au Sud il a lieu en automne et au début du printemps.

(1) coefficient pluviométrique relatif : $\frac{\text{précipitation moyenne mensuelle}}{\text{moyenne annuelle} / 12}$

ISOHYETES 26 MARS 65

EN MILLIMETRES



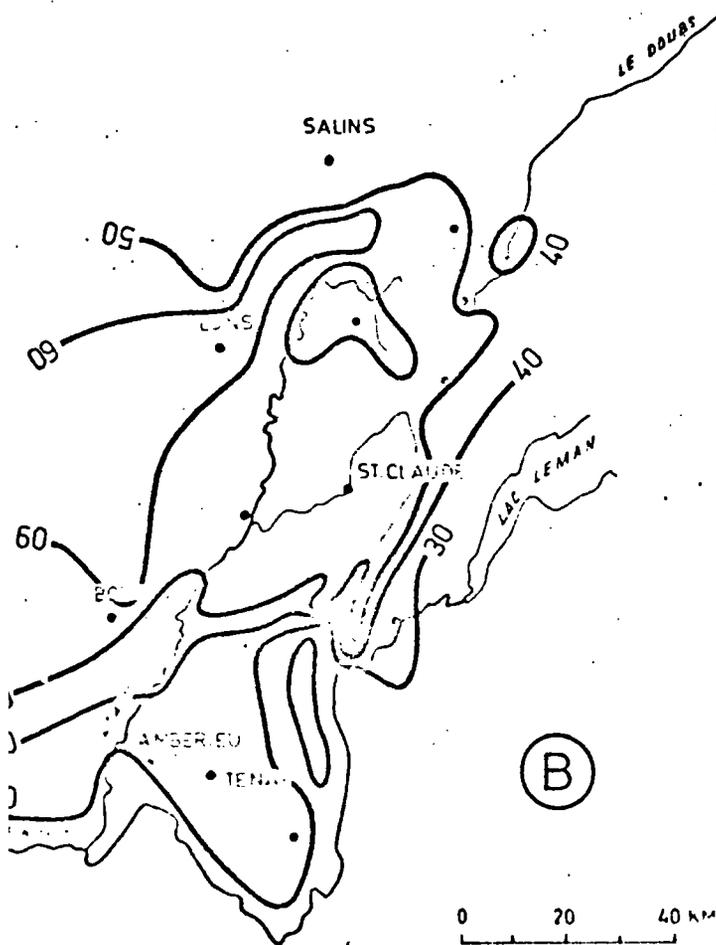
BASSIN DE L'AIN

REPARTITION DES PLUIES SELON LE TYPE DE TEMPS

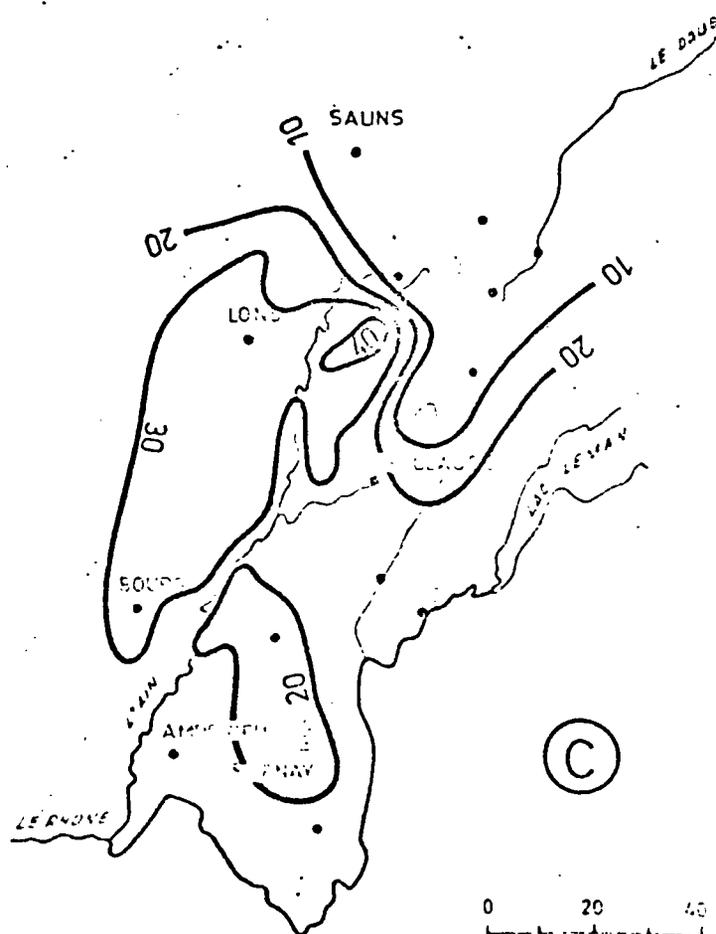
- (A) PERTURBATION D'OUEST
situation la plus fréquente dans
le Jura
- (B) SITUATION D'ORAGE DETERMINEE
PAR LE FRONT FROID D'UNE
PERTURBATION DE S.W.
- (C) SITUATION D'ORAGE DETERMINEE
PAR LE FRONT CHAUD D'UNE
PERTURBATION DE S.W.

D'APRES I.TRAUTSOLT

ISOHYETES 7 JUILLET 65



ISOHYETES 13 AOUT 65



Les périodes de sécheresse se situent au-milieu de l'été, au-milieu et à la fin de l'hiver, et au milieu de l'automne.

De cette brève analyse, on peut tirer plusieurs conclusions. Le bassin dans sa totalité subit les influences océaniques le Jura étant le premier obstacle sérieux aux vents d'Ouest chargés d'humidité.

Les influences méditerranéennes sont beaucoup plus effacées, mais se font cependant ressentir, Leur amplitude va décroissant du Sud au Nord.

La planche 3324p montre la répartition saisonnière des pluies selon le type de temps.

333 - Nivométrie

L'étude des précipitations neigeuses s'avère délicate car on ne possède aucune mesure précise d'épaisseur de neige, de mesure de fonte et rares sont les mesures du manteau neigeux (cf fig. 333a).

Le début des précipitations neigeuses se situe généralement en décembre, et parfois plus tôt, à la mi-novembre, sur la haute chaîne. La période de fusion est plus étalée. Elle s'étend de mars, voire plus tôt pour les régions au Sud-Ouest du bassin, à avril pour les hautes stations (Lamoura, les Rousses).

On peut définir un coefficient de nivosity pour chaque station du bassin. Ce coefficient est le rapport entre les jours avec chute de neige, et les jours avec précipitations (pluie et neige). (cf fiche 333b).

Ce coefficient permet de dire qu'à Lamoura 30 % des précipitations sont sous forme de neige, 25 % à Morbier, 20 % à Supt, 12 % à Ambérieu, 8 % à Nantua.

En reliant ce coefficient à l'altitude, on définit une relation de la forme $N = 2,410^{-4} h + 150 \cdot 10^{-4}$, où N est le coefficient ou indice de nivosity (cf fig. 333c). Cette relation donne des résultats quelque peu inférieurs à celle donnée par UTTINGER pour la Suisse et reliant N à la température moyenne : $N = 66,7 - 5,20 t$.

La neige est donc un élément non négligeable du bilan puisqu'elle représente dans les parties hautes du bassin (les plus arrosées) parfois plus de 30 % des précipitations. L'accumulation d'une part, et la fusion d'autre part, interviennent largement dans le cycle de l'eau. C'est par cela qu'à l'échelle annuelle l'emploi de l'année hydrologique s'avère indispensable pour l'établissement d'un bilan.

334 - Répartition géographique des précipitations

3341 - Isohyètes

* Cartes

Une carte des isohyètes moyennes de la période 1963-1967 a été tracée à l'échelle 1/100 000. Les volumes de précipitations utilisés ultérieurement ont été calculés par planimétrie de cette carte.

La carte des isohyètes met en évidence les points suivants :

- la pluviosité croît assez régulièrement d'Ouest en Est et ceci avec l'altitude.

- Les maximums pluviométriques (situés aux points culminants du bassin) sont très accusés.

- l'amplitude de la variation d'Ouest en Est est très forte : 1200 mm sur le rebord Ouest du bassin, 2200 mm et plus à l'Est soit une variation de 1000 mm sur une cinquantaine de kilomètres.

Pour indication ont été tracées deux autres cartes d'isohyètes :

- une sur une période de 12 années qui montre peu de différence avec la carte établie pour la période 1963-1967, si ce n'est une moins bonne précision ;

- une autre montrant les écarts, entre année sèche (1964) et année humide (1965). Statistiquement l'écart entre année sèche et année humide reste constant et significatif.

Des réductions de ces cartes sont données par les figures 3341 abc.

*Représentativité des isohyètes

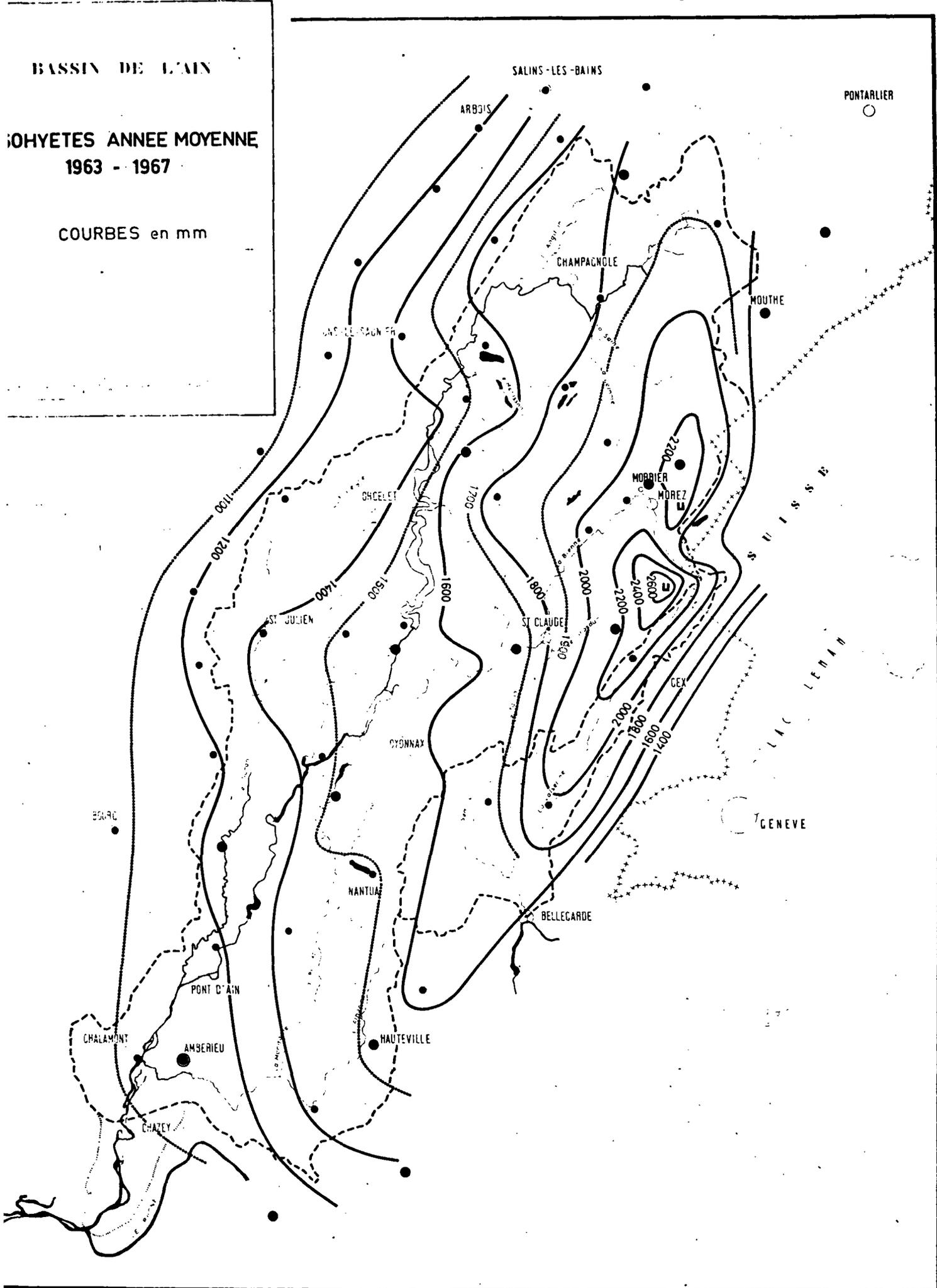
Afin d'évaluer la représentativité d'une carte d'isohyètes, il convient de comparer les résultats donnés avec des résultats obtenus par d'autres méthodes.

Une méthode parfois retenue pour calculer des volumes de pluie consiste à faire la moyenne arithmétique des relevés pluviométriques. Pour le bassin de l'Ain, cette méthode donne pour 50 postes représentatifs une moyenne de 1585 mm, soit un volume de $5770 \cdot 10^6 = 5,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

BASSIN DE L'AIN

ISOHYETES ANNEE MOYENNE
1963 - 1967

COURBES en mm



Par planimétrage des isohyètes on obtient un volume d'eau de $5,8.10^9 \text{ m}^3$.

Comme on peut le constater, les résultats sont identiques. Il est généralement admis par les auteurs que les isohyètes sont une bonne représentation des précipitations moyennes annuelles.

3342 - Précipitations et altitude

Il est évident que les précipitations sont liées à l'altitude. Afin de préciser dans quelle mesure nous avons tenté de relier statistiquement altitude et moyenne pluviométrique annuelle.

Sur le graphique 3342, nous avons porté en abscisse les altitudes des stations et en ordonnée les valeurs moyennes de précipitations. La droite de régression de la variable p (précipitations en mm) par rapport à la variable h (altitudes en m) a pour équation :

$$P = 0,83 h + 1060$$

Le coefficient de corrélation linéaire est $r = 0,82$ ce qui indique statistiquement, une bonne corrélation mais non une relation fonctionnelle linéaire parfaite.

Rappelons les résultats trouvés par R.KRUMMENACHER (1971) pour le bassin de la Valserine.

$$P = 0,85 h + 1061,85 \text{ avec } r = 0,83$$

et par O. DELAROZIERE (1968) pour le bassin du Doubs.

$$P = 0,657 h + 837,4 \text{ avec } r = 0,86$$

Pour le bassin de la Valserine qui a sensiblement la même position géographique que celui de l'Ain les résultats sont très voisins. Le bassin du Doubs, situé au Nord, à une pluviosité qui croît moins vite avec l'altitude et qui est dans son ensemble, moins importante.

335 - Régime des précipitations

La période choisie (1963-1967) présente une année particulièrement sèche (1964 : - 34,6 % de la moyenne) et une année particulièrement humide (1965 : + 29,3 % de la moyenne).

Les autres années sont assez proches de la moyenne :

1963 : + 1,5 %

1966 : + 9,2 %

1967 : - 5,4 %

Les précipitations annuelles pour chaque station sont indiquées dans les tableaux 335 abcd. L'étude des coefficients pluviométriques d'une part (cf § 3324) et des cartes d'isohyètes d'autre part (cf § 3341) permet de définir un régime des précipitations.

Le facteur principal qui guide l'évolution des précipitations de l'Ouest vers l'Est est l'orientation des chaînons montagneux perpendiculairement aux vents d'Ouest chargés d'humidité. De ce fait, les stations situées près des crêtes et exposés aux vents d'Ouest sont les plus arrosées (exemple : Bellefontaine).

Un autre facteur intervient qui peut expliquer la pluviométrie des stations plus abritées du vent d'Ouest ou plus enfoncées dans les vallées : les vents, canalisés par le relief, et soufflant du SW au NE apporteront leur part d'humidité. (ex : Mijoux).

La rencontre, en amont de la vallée de la Valserine, d'un vent ainsi canalisé avec un vent d'Ouest soufflant sur les crêtes pourrait, selon KRUMMENACHER, être responsable de l'accroissement anormal de la pluviosité à la station du Massacre.

336 - Conclusion à l'étude des précipitations

Sans les fortes précipitations qui s'y abattent, le Jura ne serait qu'une cause désertique.

En effet, le sous-sol principalement composé de calcaires est très karstifié et ne retient pas l'eau. Les pluies tendent cependant à accélérer le processus de formation des sols superficiels par désagrégation de la roche mère. De plus, la végétation bien arrosée entretient de bons sols et le Jura peut-être la région verdoyante que nous connaissons.

34 - INSOLATION

Les seules mesures d'insolation sur le bassin de l'Ain sont effectuées à Ambérieu.

On peut faire des comparaisons avec Besançon au Nord, et Genève à l'Est.

La durée moyenne d'insolation (période 1963-1967), est 1631 heures par an à Ambérieu.

Elle est supérieure à Besançon (1882 heures) et à Genève (1848 heures). Le graphique 34 montre l'évolution annuelle de l'insolation pour ces 3 stations.

La position géographique d'Ambérieu est responsable de cet ensoleillement plus faible. En effet, cette station se trouve souvent plongée dans le brouillard ou la brume alors que les sommets voisins sont dégagés.

L'insolation a une répartition mensuelle assez voisine de celle de la température. Elle croît rapidement de Janvier à Juillet puis décroît assez rapidement jusqu'en Décembre.

35 - TEMPERATURES

351 - Equipement

Le bassin de l'Ain compte 12 postes thermométriques, ce qui fait une information pour environ 300 km². On peut utiliser en outre 9 postes situés à la périphérie du bassin.

352 - Présentation et analyse des données

3521 - Fiches de température

Les renseignements thermométriques figurent sur des fiches établies pour chaque poste (ex : de fiche thermométrique 3521).

352 - Températures annuelles et mensuelles moyennes

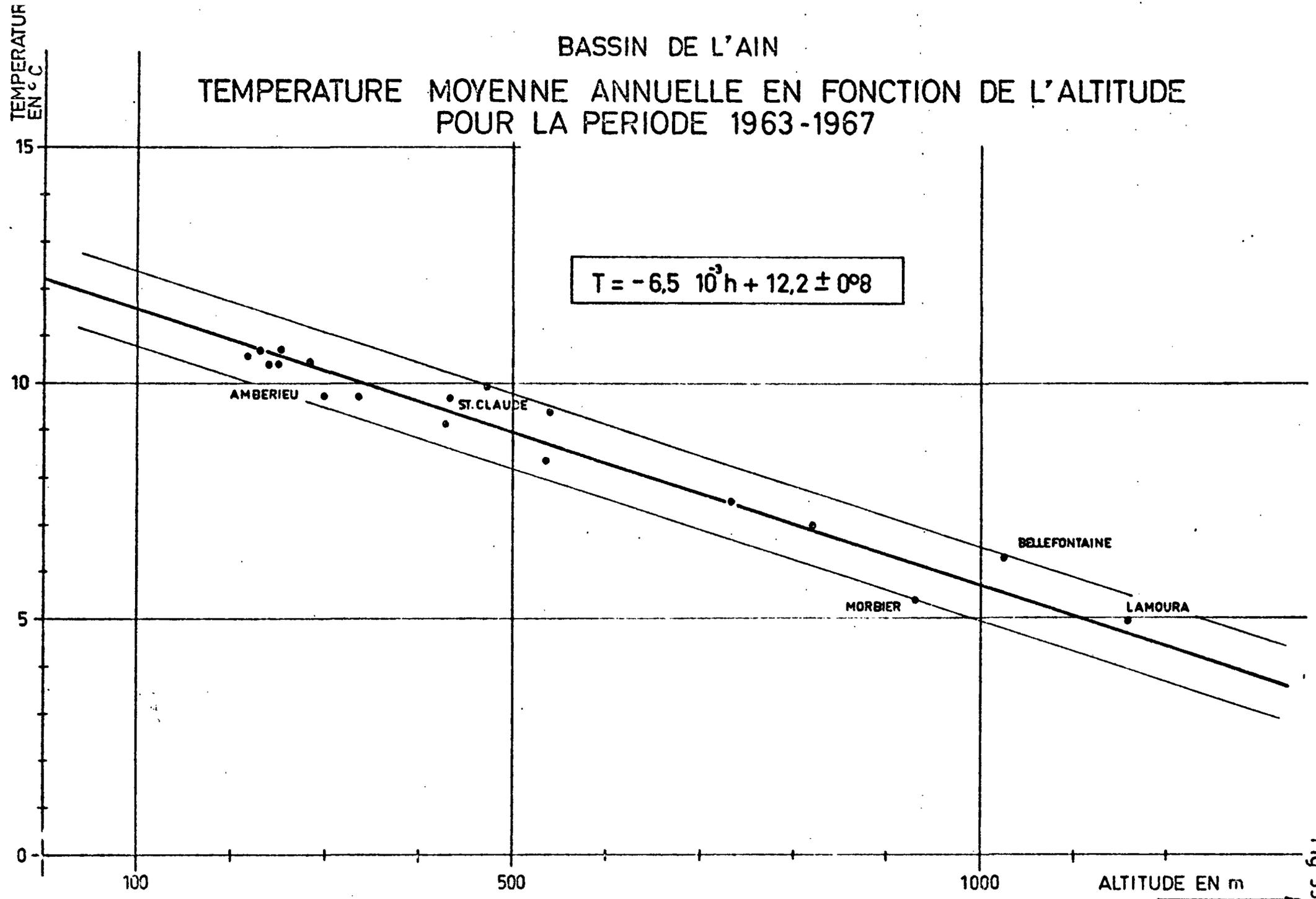
Les valeurs journalières données par la météorologie nationale correspondent à la demi-somme des températures extrêmes durant les 24 heures.

A partir de ces données les moyennes mensuelles, annuelles et interannuelles ont été calculées pour la période 1963-1967. Le mois de Janvier est toujours le mois le plus froid, le mois de Juillet le plus chaud.

On peut classer comme suit du mois le plus froid au mois le plus chaud : Janvier, Décembre, Février, Mars, Novembre, Avril, Octobre, Mai, Septembre, Juin, Août, Juillet. Pour toutes les stations, le mois le plus froid fut Janvier 1963, et le mois le plus chaud : Juillet 1964 ou 1967.

BASSIN DE L'AIN

TEMPERATURE MOYENNE ANNUELLE EN FONCTION DE L'ALTITUDE
POUR LA PERIODE 1963-1967



L'amplitude moyenne annuelle des températures (1) varie de 20,0°C pour Saint-Claude à 17,5°C pour Hauteville. D'une manière générale, l'amplitude moyenne annuelle décroît en raison inverse de l'altitude.

353 - Répartition des températures sur l'ensemble du bassin

3531 - Températures et altitudes

Comme pour les précipitations nous avons essayé de relier statistiquement températures et altitudes en portant sur un graphique les altitudes h en abscisse et les températures t en ordonnées.

Nous obtenons une droite de régression de la variable t (en °C) par rapport à la variable h (en mètres) qui a pour équation :

$$t = -0,0065 h + 12,2 \text{ (cf fig. 3531 a)}$$

Le coefficient de corrélation linéaire est alors de 0,97, ce qui indique une très bonne corrélation entre températures moyennes annuelles et altitudes.

Le gradient thermique annuel pour le bassin de l'Ain est donc de 0,65°C par hectomètre, ce qui signifie que l'on a une diminution de température de 0,65°C, chaque fois que l'on s'élève de 100m, ceci à l'échelle annuelle.

La corrélation entre températures moyennes mensuelles et altitudes a également été tentée.

Le graphique 3531b donne pour chaque mois l'évolution de la température en fonction de l'altitude. Les équations des droites de régression correspondantes sont données dans le tableau 3531c.

Ces droites peuvent servir d'abaque et donner, pour chaque mois, la température moyenne en fonction de l'altitude.

Malheureusement cela ne peut guère être extrapolé à n'importe quelle région comme le montre le tableau 3531d.

3532 - Comparaison avec les bassins voisins

Le résultat obtenu est quelque peu différent de celui trouvé dans d'autres bassins.

(1) Différence entre les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid.

Pour le Doubs, O.DELAROZIERE, donne la relation suivante : $T = - 0,0048 h + 10,96$

Pour la Valserine R.KRUMMENACHER, donne :
 $T = - 0,0055 h + 11,4$

Pour la Suisse, on a la relation d'UTTINGER
 $T = - 0,0052 h + 11,3$

Pour l'Isère qui présente de grandes variations d'altitude J.P. VACHER donne :

$T = - 0,0050 h + 12,4$

Comme on peut le constater, le gradient thermique annuel est assez élevé sur le bassin de l'Ain par rapport à celui des bassins limitrophes, comme le Doubs au Nord (gradient = 0,48) à la Valserine à l'Est (gradient 0,55).

3533 - Carte d'isothermes (cf carte 3533)

La carte d'isothermes a été établie pour la période 1963-1967. Les températures décroissent de l'Ouest vers l'Est à mesure que l'altitude croît, L'écart thermique est d'environ 3°C.

Comme on l'a vu d'autre part (§334), les précipitations augmentent d'Ouest en Est. Ainsi la quantité d'eau disponible pour l'écoulement (c'est à dire non évapotranspirée) croît encore plus vite d'Ouest en Est.

36 - EVAPOTRANSPIRATION

361 - Mesures directes

L'évaporation sous abri mesurée à l'évaporomètre PICHE n'est relevée qu'à la station d'Ambérieu.

L'appareil ne fonctionne que de Mai en Octobre, car le gel risquerait de le détériorer en hiver.

La figure 361 donne la valeur moyenne de l'évaporation de 1965 à 1968, seule période où a bien fonctionné l'appareil.

L'évaporation croît jusqu'en Juillet où elle atteint un maximum, puis décroît jusqu'en Octobre avec une chute brusque en Septembre.

362 - Evapotranspiration calculée

Il est toujours difficile d'évaluer par une formule empirique une valeur de l'évapotranspiration réelle. Beaucoup d'auteurs s'y sont essayés et nous avons tenté d'adapter le meilleur cas à notre problème.

3621 - Formule de Turc annuelle

Elle a été établie statistiquement à partir des observations faites sur 254 bassins versants situés sous tous les climats du globe.

$$E = \frac{P}{0,9 + P^2/L^2} \quad \text{avec } L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$$

P = Précipitations moyennes annuelles en mm

T = Températures moyennes annuelles en °C

E = Evapotranspiration réelle moyenne annuelle en mm.

Elle a été appliquée à toutes les stations où P et T sont connus, d'autre part, elle a été appliquée pour comparaison à chaque sous bassin où l'on connaît P (isohyètes) et T (formule du § 3531) à l'aide de l'altitude moyenne.

Nous verrons plus loin que cette formule semble donner des résultats d'ETR trop faibles.

3622 - Formule de Turc mensuelle

D'après O.DELAROZIERE - BOULLIN (1) au Sud du 47ème parallèle de latitude nord, il est préférable d'utiliser la formule de Turc mensuelle.

La formule de Turc mensuelle qui donne l'évapotranspiration potentielle s'énonce comme suit :

$$E \text{ T P} = 0,40 \frac{t}{t+15} (I_g + 50)$$

mois

Si l'humidité relative de l'air est supérieure à 50 %, ce qui est toujours le cas dans le bassin de l'Ain.

(1) Rapport BRGM 71 SGN 173 HYD par O. DELAROZIERE - BOULLIN

Utilisation comparée des formules de Thomthwaite, Turc mensuelle

Turc annuelle et Penman pour le calcul de l'E T P et de E T R moyenne

362 - Evapotranspiration calculée

Il est toujours difficile d'évaluer par une formule empirique une valeur de l'évapotranspiration réelle. Beaucoup d'auteurs s'y sont essayés et nous avons tenté d'adapter le meilleur cas à notre problème.

3621 - Formule de Turc annuelle

Elle a été établie statistiquement à partir des observations faites sur 254 bassins versants situés sous tous les climats du globe.

$$E = \frac{P}{0,9 + P^2/L^2} \text{ avec } L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$$

P = Précipitations moyennes annuelles en mm

T = Températures moyennes annuelles en °C

E = Evapotranspiration réelle moyenne annuelle en mm.

Elle a été appliquée à toutes les stations où P et T sont connus, d'autre part, elle a été appliquée pour comparaison à chaque sous bassin où l'on connaît P (isohyètes) et T (formule du § 3531) à l'aide de l'altitude moyenne.

Nous verrons plus loin que cette formule semble donner des résultats d'ETR trop faibles.

3622 - Formule de Turc mensuelle

D'après O.DELAROZIERE - BOUILLIN (1) au Sud du 47ème parallèle de latitude nord, il est préférable d'utiliser la formule de Turc mensuelle.

La formule de Turc mensuelle qui donne l'évapotranspiration potentielle s'énonce comme suit :

$$E T P = 0,40 \frac{t}{t+15} (I_g + 50)$$

mois

Si l'humidité relative de l'air est supérieure à 50 %, ce qui est toujours le cas dans le bassin de l'Ain.

(1) Rapport BRGM 71 SGN 173 HYD par O. DELAROZIERE - BOUILLIN

Utilisation comparée des formules de Thomthwaite, Turc mensuelle

Turc annuelle et Penman pour le calcul de l'E T P et de E T R moyen

ETP = évapotranspiration potentielle mensuelle en mm

T = température moyenne mensuelle en °C

Ig = radiation globale moyenne, d'origine solaire (en petites calories par cm² de surface horizontale et par jour), pendant le mois considéré.

La comparaison des valeurs de l'évapotranspiration potentielle mensuelle (ETP) et des hauteurs de précipitations mensuelles permet de calculer l'évapotranspiration réelle mensuelle (ETR).

3623 - Calcul automatique de l'ETR

Le calcul de l'ETR, long et fastidieux, a fait l'objet d'un programme de calcul automatique (1) il a été utilisé pour le calcul de l'ETR et de l'ETP, pour toutes les stations météorologiques du bassin de l'Ain. Pour les stations où P et T sont mesurées l'insolation a été extrapolée à partir des mesures effectuées à Ambérieu, Genève et Besançon.

Pour les stations où seules les précipitations sont mesurées, on a introduit l'ETP de la station pluviothermométrique la plus proche et la plus ressemblante.

Des bilans ont ainsi été calculés pour la période 1963-1967. Année par année, et mois par mois, les résultats forment une volumineuse documentation déposée aux archives du SGR JURA ALPES.

Les calculs ont été fait mensuellement année réelle par année réelle et la moyenne interannuelle a été effectuée à partir des valeurs annuelles de l'évaporation réelle obtenues.

En effet, M. CANCEILL a montré la nécessité d'utiliser les valeurs mensuelles réelles de chaque année, l'utilisation de moyennes intermensuelles pouvant introduire des erreurs de l'ordre de 10 à 20 %.

Un exemple de résultat de calcul automatique de "bilan d'eau", et donné fig. 3623a.

Des bilans moyens pour la période 1963-1967 sont donnés sous forme de graphique (fig. 3623b à h) pour quelques stations représentatives du bassin.

(1) Rapport BRGM 70 SGN 107 HYD par M. BONNET - O. DELAROZIERE-BOULLIN - C.P. JUSSERAND et P. ROUX.

3624 - Evapotranspiration utilisée

L'étude ultérieure, en particulier celle des bilans fractionnés (§ 51) montre la nécessité d'utiliser une valeur de l'évapotranspiration "adaptée" au bassin de l'Ain. En effet, aucune formule, aussi fouillée soit-elle, ne peut s'adapter à un cas précis.

La formule de Turc annuelle semble donner, dans l'ensemble, des résultats trop faibles (de 430 à 520 mm suivant les régions). Quant à la formule de Turc mensuelle, les résultats donnés (de 500 à 640 mm) quoique plus logiques sont trop élevés par rapport aux déficits découlements constatés pour les bassins "étanches" (de 460 à 580 mm)

Cela est peut-être dû au fait que, dans une grande proportion, le bassin est karstique et l'eau précipitée est de ce fait très vite soustraite à l'action des agents évaporants de l'atmosphère (température, rayonnement solaire, vents...).

Afin de mieux rendre compte de l'évapotranspiration réelle, nous avons utilisé pour effectuer le bilan, les valeurs de l'ETR "corrigées" par le programme FLØC (cf § 521).

En admettant que la différence de réserves ΔR est nulle (ce qui est la raison pour laquelle nous avons choisi une période de 5 ans), et que les transferts d'eau souterrains aux limites sont négligeables (ce qui est le cas) on peut dire qu'à l'échelle du bassin, le déficit d'écoulement constaté (volume précipité - volume écoulé) donne une bonne approximation de l'évapotranspiration sur le bassin. De ce fait, on peut appliquer à chaque valeur de l'évapotranspiration un coefficient de correction calculé comme suit :

$$\frac{\text{déficit d'écoulement constaté sur tout le bassin}}{\text{ETR calculée à l'échelle du bassin}} = 0,868$$

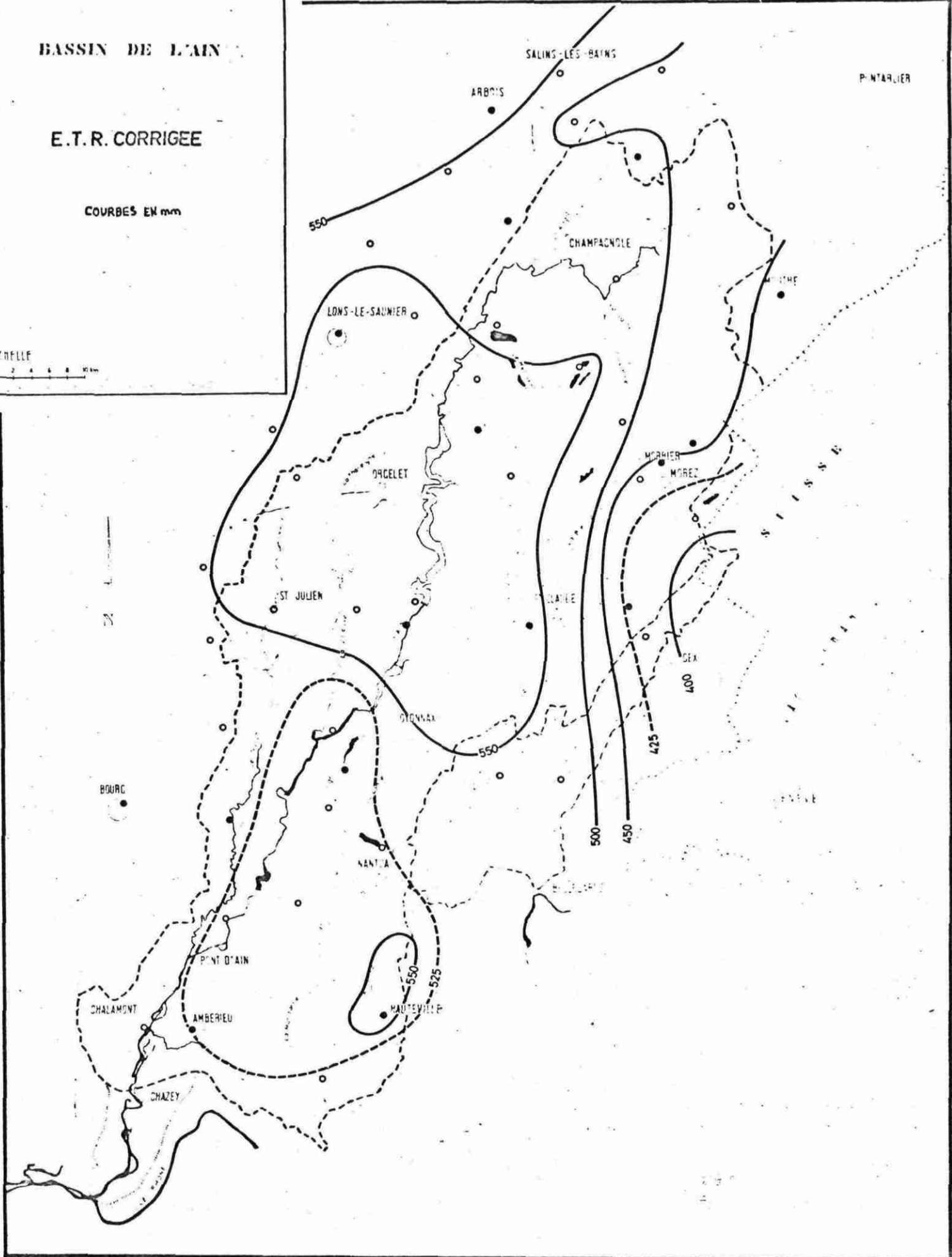
En appliquant cette méthode, on arrive à des valeurs d'ETR pour chaque bassin plus compatibles avec leur déficit d'écoulement (ceci pour les bassins considérés comme "étanches"). Une carte d'ETR corrigée a été établie (cf carte 3624).

BASSIN DE L'AIN

E.T.R. CORRIGEE

COURBES EN mm

ECHELLE
0 2 4 6 8 10 km



.../...

37 - APPORTS OCCULTES

371 - Humidité atmosphérique

On mesure l'humidité relative qui est le rapport entre la vapeur d'eau contenue dans l'air et celle contenue à saturation. Une seule station (Ambérieu) mesure ce rapport ce qui est peu représentatif.

Pour la période 1951 - 1960 il variait de 58 % à 95 % avec un minimum en Juillet et un maximum en Décembre.

Lorsque l'air est proche de la saturation (fin de nuit) il peut y avoir condensation sur les surfaces froides (condensation sur des parois froides, rosée...).

372 - Brumes et brouillards

Pour la période 1963 - 1967, on compte une moyenne de 47 jours par an de brouillard, à Ambérieu 148 jours par an avec brume et brouillard (cf schéma n° 372).

Ces chiffres, assez élevés sont dus à la position géographique d'Ambérieu souvent privé de soleil alors que les sommets voisins sont illuminés comme nous l'avons vu précédemment. En règle générale le nombre de jours de brouillard diminue avec l'augmentation de l'altitude. Les sommets du Jura sont assez ensoleillés.

38 - CONCLUSIONS

Le climat du bassin de l'Ain reflète assez bien, le climat général du Jura dont il couvre une grande partie.

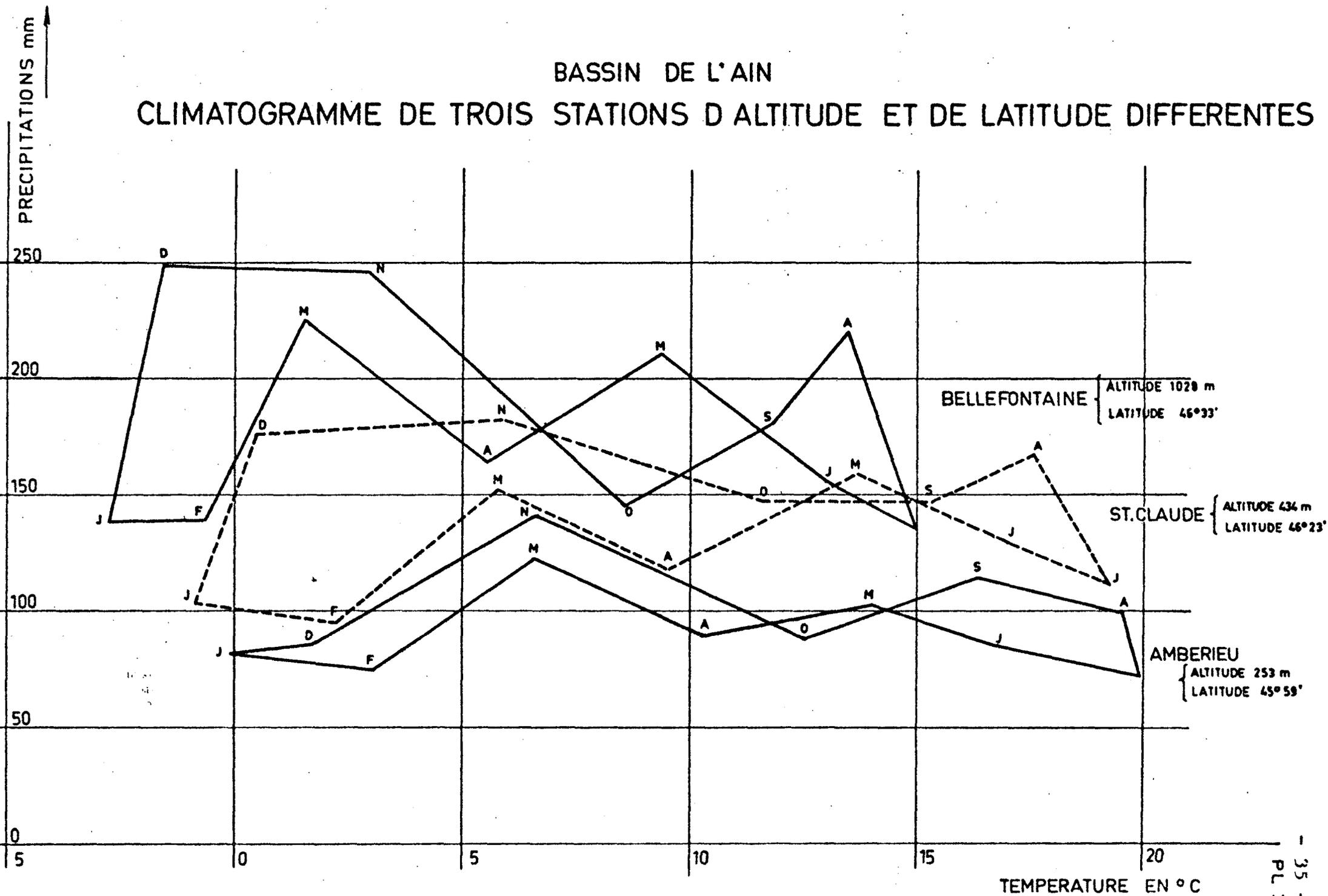
La position géographique du bassin qui se trouve éloigné de l'océan Atlantique et isolé quelque peu de la Méditerranée par les Alpes confère à celui ci quelques caractères du climat continental et quelques caractères des climats maritimes.

Le Jura Méridional subit quelques influences méditerranéennes soulignées par une légère augmentation de la température moyenne et des étés très chauds. De plus de nombreuses vallées présentent une ouverture et une direction favorable à ces influences. L'hiver reste cependant assez froid. La partie montagneuse par contre est plus franchement continental. Les hivers sont longs et rudes, les étés chauds et secs, sont plus courts.

.../...

BASSIN DE L'AIN

CLIMATOGRAMME DE TROIS STATIONS D'ALTITUDE ET DE LATITUDE DIFFERENTES



TEMPERATURE EN °C

.../...

En résumé, le Jura comporte 3 régions climatiques :

- Le centre qui est le plus arrosé, car se trouvant directement sur la trajectoire des perturbations d'Ouest.
- Le Jura méridional au climat plus clément. Sa latitude accroît la fréquence des masses d'air d'origine méditerranéenne. Il est plus abrité des influences d'Ouest par le Massif Central.
- Le Jura septentrional, extérieur au bassin, caractérisé par une pluviosité et des températures inférieures à celles du centre. Le Jura du Nord est en effet plus affecté par les masses d'air froid venant du Nord et du Nord Ouest.

Le climat de ces trois régions s'oppose nettement à celui de la plaine qui les environne.

Le graphique 38 donne l'évolution pluvio-thermométrique sur l'ensemble du bassin pour des stations d'altitude et de latitude différentes.

4 - HYDROLOGIE DE SURFACE

41 - DESCRIPTION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

411 - Introduction

L'Ain prend sa source dans le Jura sur le plateau de Nozeroy dans la commune du même nom.

L'eau sort d'une vasque de 15 mètres de longueur, large de 2 à 6 mètres et profonde de 15 mètres creusée dans les calcaires Portlandiens (x = 881,6 ; y = 201,0 ; altitude = 680 m).

Cette source vaclusienne est la resurgence de pertes situées sur le plateau de Nozeroy (pertes d'Arsure-Arsurette notamment).

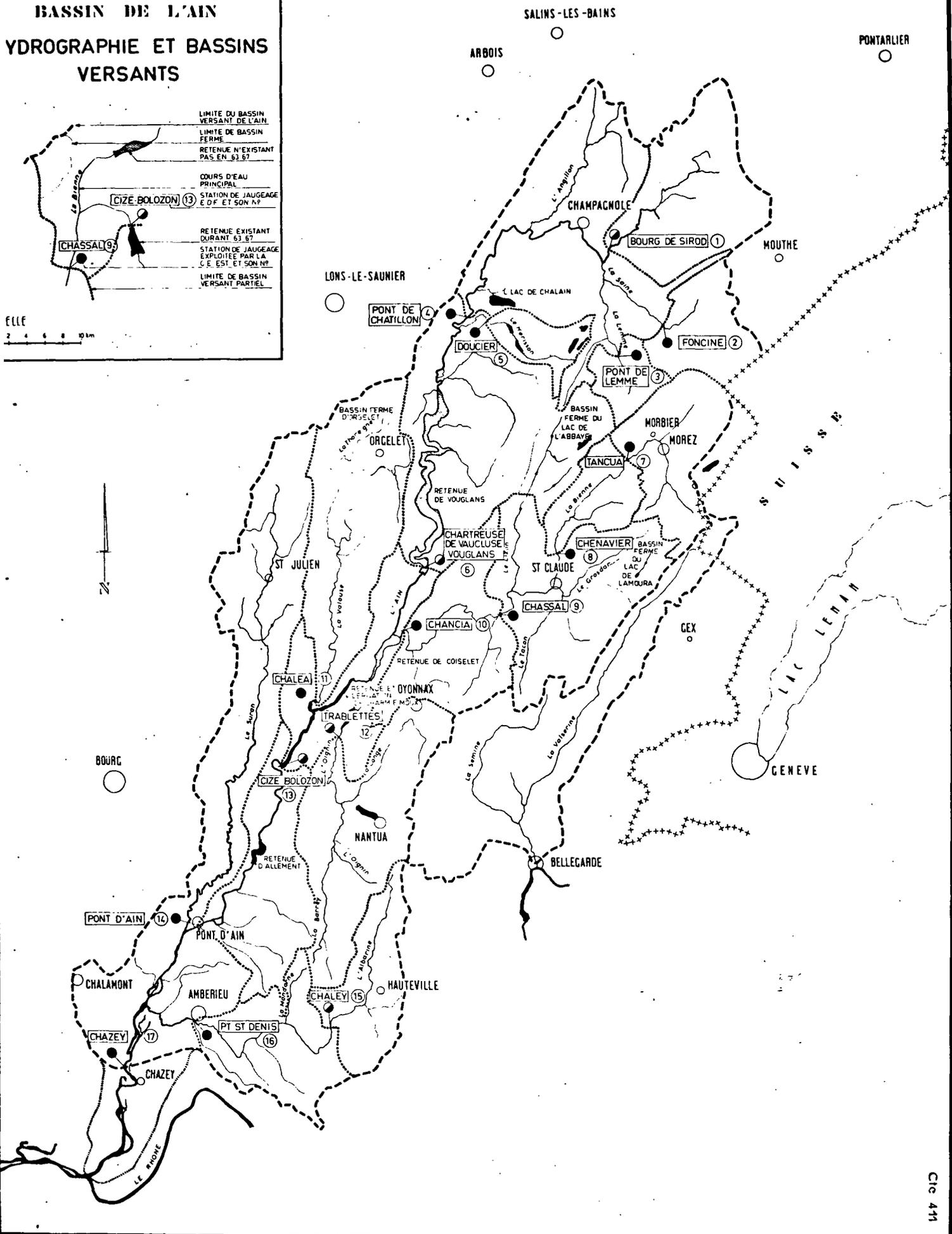
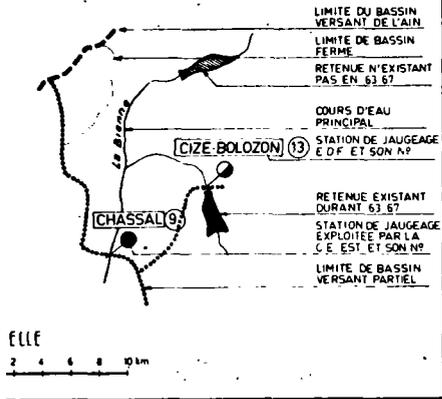
L'Ain rejoint assez directement le Rhône-suivant une direction grossière NE-SW - dans lequel il se jette à Anthon (x = 820,6 y = 92,3; altitude = 184 m) après un parcours de 195 kilomètres.

Le cours de l'Ain présente une pente moyenne de 2,56 m par kilomètre et peut être divisé arbitrairement en trois parties elle-mêmes subdivisables. Une carte "hydrographie et bassins versants" a été dressée (cf carte 411).

.../...

BASSIN DE L'AIN

YDROGRAPHIE ET BASSINS VERSANTS



.../...

412 - Cours supérieur de l'Ain

De sa source à sa rencontre avec la chaîne de l'Euthe (30 km, pente 3,7 ‰) l'Ain semble chercher sa direction.

- De la source au confluent avec la Saine :

La rivière accuse une forte pente (14,1 ‰) et coule vers le SE en suivant les accidents du faisceau de Syam, à la faveur desquels elle passe du plateau de Nozeroy dans le plateau de Champagnole.

L'Ain reçoit à Syam la Saine grossie de la Lemme qui a suivi le grand décrochement NW - SE de Morez. Ici la rivière change totalement de direction pour se diriger vers le NW.

- De la Syam à Champagnole, la pente s'adoucit. L'Ain coule alors du SE vers le NE et entre ainsi plus profondément dans le plateau de Champagnole où il coule sur les dépôts glaciaires qui ont recouvert son ancienne vallée

- De Champagnole à la chaîne de l'Euthe, l'Ain montre de nombreux méandres et coule dans une direction générale E - W.

Avant de venir buter presque perpendiculairement sur la chaîne de l'Euthe il reçoit sur sa droite l'Angillon.

413 - Cours moyen de l'Ain

La chaîne de l'Euthe est un obstacle infranchissable par la rivière qui dès lors va suivre l'allure générale de la structure, c'est à dire couler approximativement du NE vers le SE. Il serait cependant faux de penser que le cours moyen de l'Ain est parfaitement adapté à la structure, nous allons voir qu'il n'en n'est rien.

De l'Euthe au confluent avec la Bienne l'Ain est très nettement adapté à la structure tectonique.

Il suit tout d'abord la chaîne de l'Euthe (qui est une faille pincée) dans une vallée assez large (la Combe d'Ain) jusqu'à Pont de Poitte. Là, à partir du Saut de la Saisse, il s'encaissait autrefois dans les calcaires du jurassique supérieur du plateau de l'Ain. Cette partie du cours est maintenant recouverte par la retenue de Vouglans.

.../...

La rivière suit ainsi la structure jusqu'à la confluence avec la Bienne qui se fait maintenant dans le lac du barrage de Coiselet.

Ouvrons ici une parenthèse pour dire quelques mots du principal affluent de l'Ain : la Bienne.

S'il semble à priori que cette rivière soit indifférente à la structure une étude de détail de son tracé montre qu'il n'en n'est rien.

La haute Bienne transversale suit le grand décrochement SE - NW de Morez. Le cours moyen se fait dans le synclinal dit de la Bienne. Quant au cours inférieur, transversal, il passe d'un val à l'autre pour rejoindre l'Ain à la faveur d'abaissements d'axes, anticlinaux, de failles ou de rétrécissements de cloisons. La Bienne à une pente moyenne de 12,1 ‰

Dès après sa rencontre avec la Bienne, l'Ain ne se dirige plus selon les plis du Jura mais les franchit en oblique par des cluses successives et incline ainsi son cours vers l'Ouest.

Ainsi jusqu'à Poncin la rivière affectée de nombreux méandres, -dont le plus célèbre est celui de Cize-Bolozon, -montre une indépendance complète à l'égard de la tectonique.

414 - Cours inférieur de l'Ain

De Neuville sur Ain à l'embouchure du Rhône, l'Ain termine son parcours dans une vaste plaine fluvio-glaciaire où il alimente une importante nappe phréatique.

Sa pente dans ce dernier tronçon est de 1,25 ‰ ce qui provoque de nombreux méandres, ainsi que des bras morts.

La rivière reçoit sur sa rive droite le Suran (pente 4,5 ‰) qui draine le Revermont et dont le trajet est affecté de nombreux phénomènes karstiques. Sur la rive gauche, elle reçoit son dernier affluent important : l'Albarine (pente 13 ‰) qui après avoir coulé N-S dans le synclinal crétacé d'Hauteville se dirige E-W en coupant perpendiculairement en une magnifique cluse les structures du Haut Bugey.

.../...

415 - Profil en long

La planche 415 a montre le profil en long général de l'Ain et de ses principaux affluents. Les planches 415 bcd détaillent le profil en long de l'Ain.

Ce profil connaît des ruptures brusques à l'endroit des chutes (chute de Bourg de Sired et ex-chute du Saut de la Saisse), ainsi que de nombreuses ruptures de pente moins marquées. Il en est de même pour la plupart des affluents (exemple des cascades pittoresques du Hérisson, de l'Oignin et de l'Albarine).

La pente, encore forte, ainsi que les nombreuses cassures du profil montrent un réseau encore jeune.

42 - EQUIPEMENT DU BASSIN EN STATIONS DE JAUGEAUGE

Le bassin de l'Ain, est bien équipé en stations de jaugeage. Les organismes exploitants sont principalement :

- la circonscription électrique Est = 12 stations
- l'E.D.F. = 5 stations utilisées ; 2 non utilisées
- les services de l'agriculture (DDA de l'Ain et SRAE de Franche-Comté = 12 stations non utilisées vu leur création trop récente.

On trouvera dans le tableau 42 a la liste des stations de jaugeage utilisées et leurs principales caractéristiques :

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

Le schéma 42 b montre le réseau jaugé.

43 - DEBITS ET REGIME DES COURS D'EAU

C'est donc à l'aide de 17 stations de jaugeage, que le régime de l'Ain et de ses principaux affluents a été étudié.

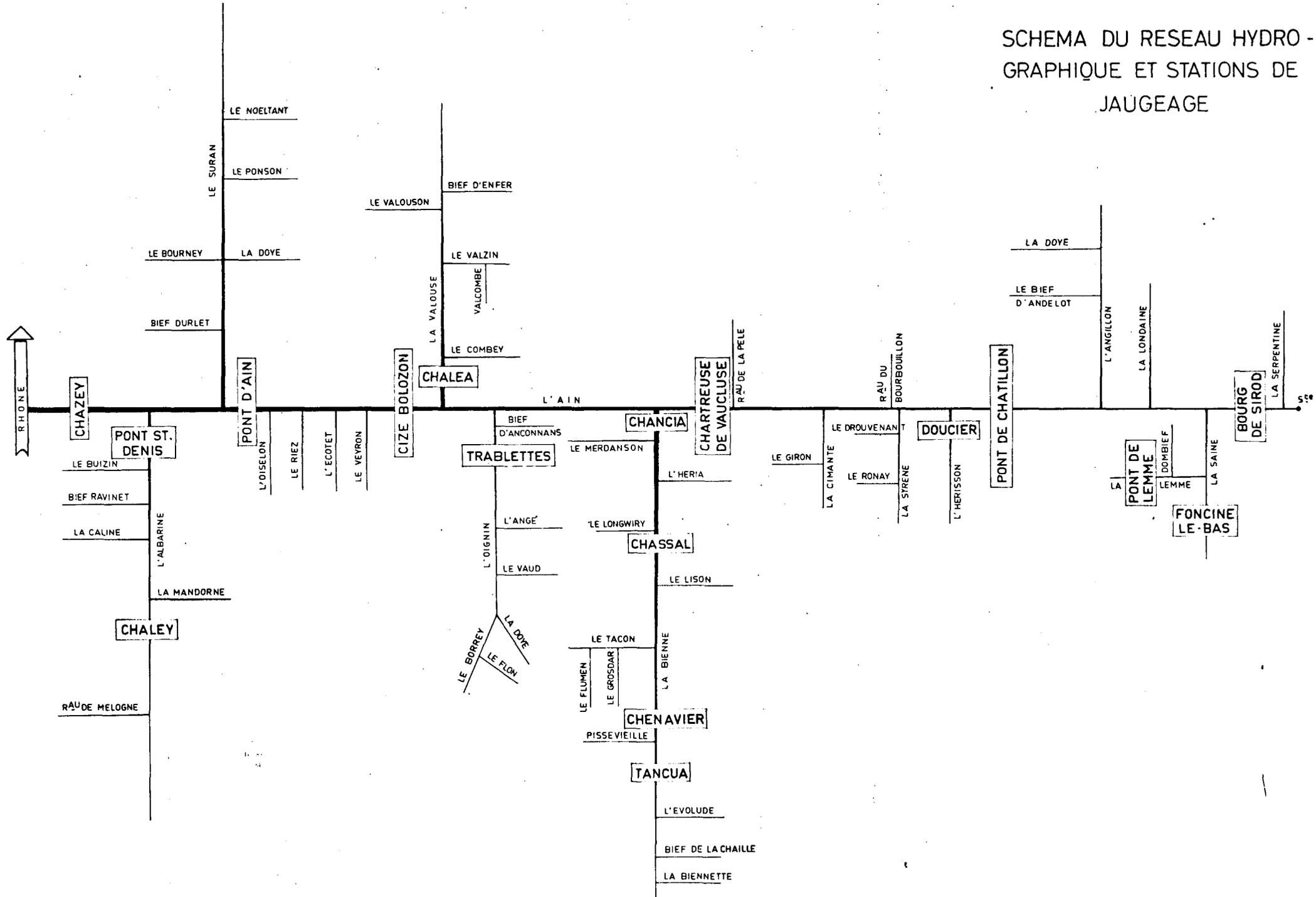
.../...

BASSIN DE L'AIN : Liste des stations de jaugeage utilisées

N°	NOM DE LA STATION	RIVIERE	BV en Km2	ALT. en m *	Equipt * *	NATURE DES DEBITS	DEBUT D'EXPLOITATION	ORGANISME EXPLOITANT
1	BOURG DE SIROD	AIN	180	534,6	U	Turbinés + Déversés	1951	EDF
2	FONCINE LE BAS	SAINTE	95	773,8	L	Naturels	1965	CE EST
3	PONT DE LEMME	LEMME	46	784,0	L	Naturels	1955	"
4	PONT DE CHATILLON	AIN	750	451,8	L	Mesurés, influencés par l'usine de CHALAIN.	1958	"
5	DOUCIER	HERISSON	47	494,9	L	Naturels	1957	"
6	CHARTREUSE DE VAUCLUSE - VOUGLANS	AIN	1115	428,9	U	Turbinés + Déversés Vouglans depuis 1969	1933	EDF
7	TANCUA	BIENNE	140	615,0	L	Naturels	1963	CE EST
8	CHENAVIER	BIENNE	216	422,4	L	Naturels	1957	"
9	CHASSAL	BIENNE	480	351,8	L	Mesurés, influencés par l'usine de Porte Sachet	1948	"
10	CHANCIA	BIENNE	685	295,0	L		1958	"
11	CHALEA	VALOUSE	290	287,2	L	Naturels	1958	"
12	TRABLETTES	OIGNIN	260	281,0	U	Turbinés + Déversés + variations de réserve	1956	EDF
13	CIZE BOLOZON	AIN	2600	267,5	U	Influences Chalain Chartreuse Etables Moux	1930	"
14	PONT D'AIN	AIN	2800	234,8	L	Mesurés influencé des retenues amont	1959	CE EST
15	CHALEY	ALBARINE	134	432,8	L	Naturels	1961	EDF
16	PONT ST DENIS	ALBARINE	297	238,5	E	Naturels	1952	CE EST
17	CHAZEY	AIN	3640	209,4	L	Mesurés influencés amont	1960	"

** U = Usine hydroélectrique / L = Limnigraphe / E = Echelle

SCHEMA DU RESEAU HYDRO- GRAPHIQUE ET STATIONS DE JAUGEAGE



431 - Régime de l'Ain et de ses affluents

4311 - Fiches de débits

Une fiche des débits mensuels a été établie pour chaque station.

Outre la description de la station (équipement - altitude-surface du bassin versant...) chaque fiche indique:

- les débits moyens de chaque mois de 1963 à 1967
- les débits mensuels moyens de l'année moyenne 1963-1967
- les débits annuels moyens en m³/sec, 10⁶ m³, mm et l/s Km² pour chaque année et pour l'année moyenne 1963-1967.
- Le coefficient mensuel de débit (1) de chaque mois moyen
- pour comparaison, les débits moyens d'une plus longue période.

La planche 4311 donne un exemple de fiche.

4312 - Débits moyens mensuels

Les planches 4312 abc présentent l'évolution des débits moyens mensuels (moyenne arithmétique des débits moyens journaliers) pour les années choisies.

On peut observer que, si les débits maximaux sont extrêmement variables d'une année à l'autre, les débits faibles restent relativement constants. Ce phénomène est plus accentué à l'amont du bassin.

4313 - Année moyenne

Afin d'avoir une meilleure idée du régime général (cf § 4315), les débits mensuels de l'année moyenne 1963 - 1967 ont été présentées sous forme de graphique (4313 abc).

La période 1963 - 1967 a été suffisamment longue et variée pour espérer obtenir une bonne précision et une bonne représentativité des débits de l'année moyenne.

(1) Coefficient mensuel de débit = $\frac{\text{débit moyen du mois}}{\text{débit du mois moyen}}$

.../...

4314 - Comparaison avec des périodes différentes

Pour mieux juger de la représentativité de la période 1963 - 1967, nous avons comparé les débits aux fréquences des débits mensuels établies sur de plus longues périodes :

- 1933 - 1959 à Chartreuse de Vaucluse
- 1923 - 1959 à Cize Bolozon
- 1960 - 1969 à Chazay

On s'aperçoit que pour la période choisie, le régime de l'Ain est assez voisin de son régime le plus fréquent (50 %) avec cependant une légère supériorité dans les maximums, les minimums restent constants (cf graphiques 4314 a b).

Enfin des courbes de débits classés établies =

- sur la Bienne à Chancia (1961 - 1970)
- sur l'Ain à Chazay (1960 - 1969)

donnent les débits caractéristiques principaux (cf fig 4314 c d)

4315 - Etude de régime

Comme nous l'avons vu au chapitre CLIMATOLOGIE, le bassin de l'Ain subit des influences océaniques et, dans une moins grande mesure, des influences méditerranéennes. En outre, sur les hauts sommets de l'Est de la chaîne le climat présente certains caractères continentaux.

Ce mélange d'influences ne va pas sans se répercuter sur le régime des rivières. L'étude des coefficients mensuels de débit (cf fig 4315 ab) ainsi que celle des débits moyens mensuels (fig 4312 - 4313), permettent de tirer plusieurs conclusions :

- Le régime général n'est pas simple. Il comprend deux maximums et deux minimums bien marqués.

Le premier maximum (Mars) correspond à la fonte des neiges, le second (Décembre) aux fortes précipitations. En outre, un maximum moins marqué vient se placer en Août-Septembre, correspondant aux orages de fin d'été.

.../...

.../...

Les minimums se situent en Janvier - Février (rétention nivale) en Juillet (étiage très prononcé) et octobre.

- Il existe des variations à ce schéma général concernant les rivières qui drainent la haute chaîne (Saine et Biene en particulier).

Le maximum de Mars est reporté en Avril, la neige fondant plus tard en altitude, celui de Décembre est avancé en Novembre la rétention nivale commençant plus tôt en montagne. Les étiages ont les mêmes dates.

On peut donc conclure d'après M. PARDE en disant que l'on a affaire à un régime pluvio-nival océanique, ce qui traduit la supériorité de la pluie sur la neige et la dominance des influences océaniques.

432 - Relations des débits et des surfaces

S'il est certain qu'il existe une relation entre les débits et les surfaces réceptrices, le fait est qu'en terrain karstique cette relation n'est pas toujours évidente.

J. TRICART et F. HIRSCH ont montré, que pour de nombreuses rivières, la liaison des débits Q aux surfaces S des bassins était de la forme : $Q = h S^x$.

Cette relation parabolique s'approche d'une relation linéaire dans des conditions de climat homogènes, dans ce cas on aurait $x = 1$. L'exposant x dépend donc seulement du climat, h serait lié à la pluviosité.

Pour l'Ain la relation établie entre les débits moyens interannuels et les surfaces réceptrices est de la forme :

$$Q = 0,0599 S^{0,91} \text{ (cf fig 432 a)}$$

Q étant exprimé en m^3/sec et S en Km^2

En fait la relation "parabolique" entre débit et surface n'a pas d'autre signification que la croissance de l'altitude moyenne et des précipitations avec la surface du bassin et ne présente pas d'intérêt pratique pour une extrapolation.

.../...

.../...

On peut, sur un graphique (cf graphique 432 b), reporter les volumes écoulés en fonction des surfaces des sous-bassins, les points obtenus se distribuent alors assez bien autour d'une droite.

V (en 10^6 m³) = 1,2 S (enKm²) et on peut expliquer pour beaucoup de bassins l'écart à la droite.

Pour les bassins affectés de circulations souterraines (2,3,A,10) l'écart à la droite est dû au fait que la surface topographique ne correspond pas à la surface drainée.

Les bassins de haute altitude (1,7,8,9,) se situent en dessus de la droite (précipitations plus élevées). Les bassins d'altitude plus faible (11,12) se situent au dessous de la droite (précipitations plus faibles). Enfin, pour les stations les plus à l'aval (Chazey 17 et Pont-St-Denis 16) le débit plus faible peut s'expliquer par l'importance de l'alimentation de la nappe de la basse vallée de l'Ain.

44 - CONCLUSIONS

Du point de vue hydrologique il est souvent difficile voir impossible de définir avec précision des surfaces de bassins versants. Seu l'établissement des bilans pourra nous aider à comber cette lacune.

L'étude de l'hydrologie de surface tant descriptive que quantitative nous a cependant montré l'existence d'un réseau jeune avec des rivières aux débits souvent élevés mais affecté de nombreux phénomènes karstiques (bassins fermés, pertes de ruisseaux, resurgences importantes nombreuses vallées sèches, réseau aérien relativement pauvre).

5 - BILAN DES BASSINS VERSANTS

51 - ETABLISSEMENT DES BILANS FRACTIONNES

511 - Méthode des bilans hydrologiques partiels

En domaine karstique, l'établissement d'un bilan global est délicat car bien souvent le bassin versant topographique ne correspond pas au bassin versant hydrogéologique.

.../...

.../...

Simplifié à l'extrême, le bilan hydrologique global d'un bassin peut s'écrire :

$$P = Q + E \pm R \pm \Delta q$$

P = précipitations mesurées et planimétrées

Q = écoulement mesuré à la station de jaugeage

E = évapotranspiration réelle globale calculée

R = différence de réserve composante généralement inconnue mais qui sur une longue période tend à s'annuler.

Δq = différence entre les écoulements souterrains entrant et sortant aux limites du bassin versant topographique.

Les transferts d'eau souterrains aux limites déterminent des excédents ou des défauts d'écoulement sortant (par rapport à l'écoulement d'un bassin versant coïncidant avec un bassin hydrogéologique), donc ces transferts se traduisent - si on ne les prend pas en compte - par une sous-estimation ou une sur-estimation de l'évapotranspiration. C'est précisément un écart significatif entre l'évapotranspiration calculée pour un bassin versant et le déficit d'écoulement apparent observé qui servira à estimer Δq

- si $\Delta q = 0$ le bassin topographique correspond au bassin hydrogéologique, ou encore les débits souterrains entrant, équilibrent les débits souterrains sortant.

- Si $\Delta q < 0$ il y a apport souterrain au bassin (supérieur aux éventuelles pertes). Le bassin hydrogéologique est plus étendu que le bassin versant topographique

- si $\Delta q > 0$ il correspond au débit des pertes du bassin (supérieur aux éventuels apports)

Le bassin hydrogéologique est plus petit que le bassin topographique.

.../...

.../....

Le découpage du bassin en sous-bassins correspondant aux stations de jaugeage existantes va nous permettre d'appliquer cette méthode à de petites unités. Ainsi les zones déséquilibrées apparaîtront-elles nettement.

Toutefois, avant d'exposer les résultats obtenus, il convient de discuter la méthode et d'en voir les limites.

512 - Domaine de validité

L'application de la méthode des bilans fractionnés ne peut se faire qu'après en avoir défini les limites.

En effet, de nombreuses erreurs et incertitudes doivent être prises en considération pour l'interprétation des résultats. Nous considérons deux cas : celui des sous-bassins et celui des bassins partiels.

5121 - Sous-bassins

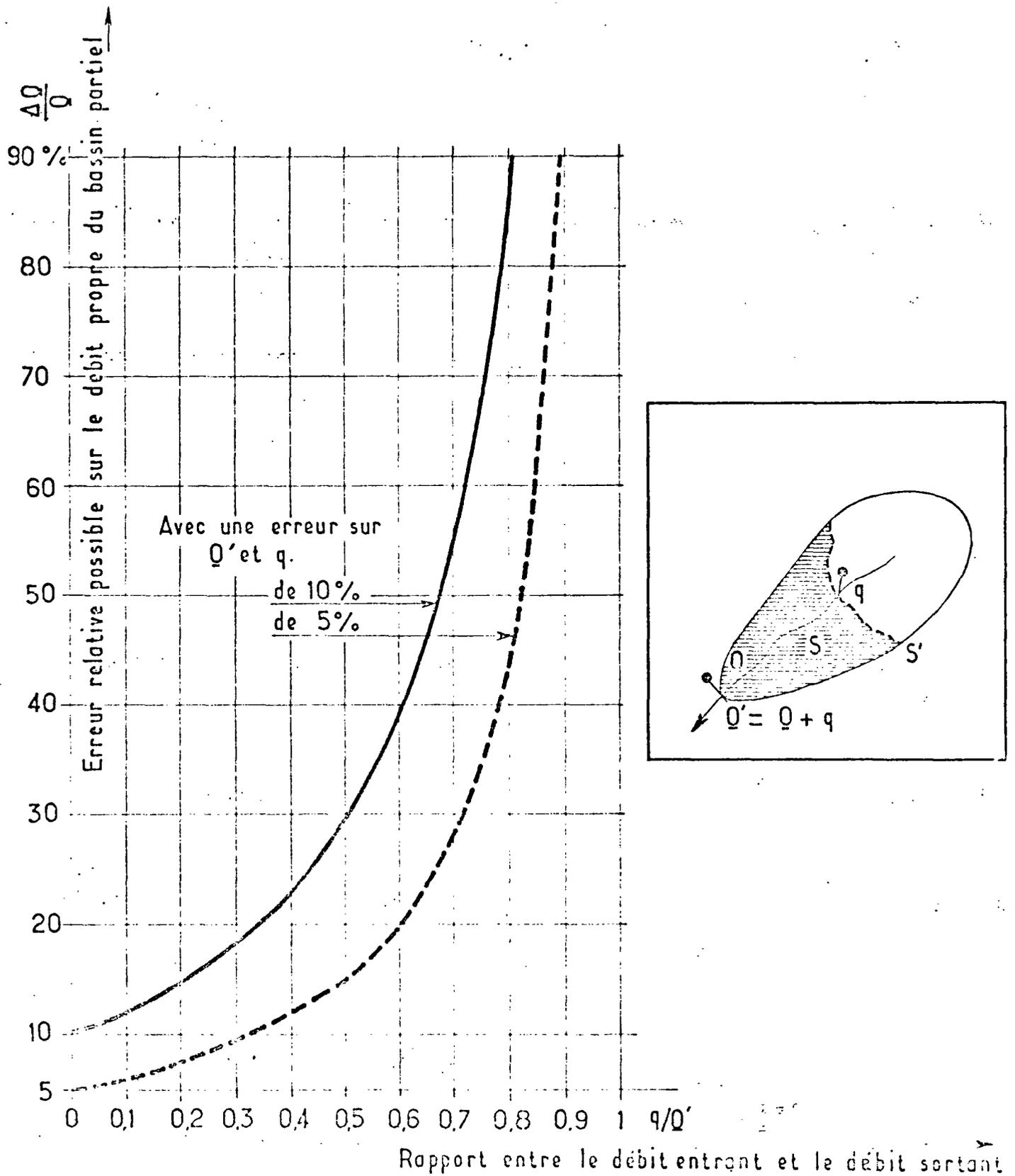
Ce sont les bassins "emboîtés" dans l'ensemble étudié et définis à partir d'une station de jaugeage. Les erreurs que l'on peut commettre sur le bilan de ces sous-bassins sont dues au cumul des erreurs sur :

- Les précipitations : on admet généralement une erreur de 10 % sur les précipitations planimétrées (cf § 3313)
- l'évapotranspiration : une marge d'erreur de 10 % semble être acceptable.
- les débits mesurés aux stations de jaugeage : erreur de 5 à 10 % selon les exploitants.

La somme de ces erreurs est toutefois assez pessimiste et on peut dire que pour un sous-bassin affecté de circulations karstiques, un écart inférieur à 20 % entre la valeur des précipitations et la somme:écoulement + déficit d'écoulement n'est pas significatif.

.../....

BASSIN VERSANT PARTIEL - ERREUR RELATIVE SUR LE DEBIT PROPRE EN FONCTION DU RAPPORT ENTRE LE DEBIT ENTRANT ET LE DEBIT SORTANT D'APRES J.P.VACHER.71



.../...

5122 - Bassins partiels

Ce sont les bassins propres situés entre deux stations de jaugeage.

Les erreurs commises sur les pluies et l'évapotranspiration sont du même ordre que pour les sous-bassins.

Quant au débit propre des bassins partiels, il peut être entaché d'erreurs importantes comme l'a montré J.P VACHER.

L'erreur relative $\frac{\Delta Q}{Q}$ que l'on fait sur le débit propre Q d'un bassin partiel croit avec le rapport entre le débit entrant et le débit sortant.

Comme le montre la fig 5122 (1) pour avoir une valeur acceptable du débit propre il faut que le débit sortant soit au moins deux fois plus grand que le débit entrant.

Plus le débit de la station aval est grand par rapport à celui de la station amont, plus l'évaluation du débit propre du bassin partiel est précise.

Ainsi pour les bassins partiels la valeur absolue de Δq devra, pour être significative, être supérieure à l'écart de 20 % admis plus haut (§ 5121).

513 - Application au bassin de l'Ain et résultats

5131 - Introduction

Compte tenu des restrictions apportées au § 512 nous avons effectué pour le bassin de l'Ain un certain nombre de bilans fractionnés.

En plus des 17 sous-bassins définis par les 17 stations de jaugeage nous avons utilisé les bassins partiels les plus significatifs.

(1) Extraite de la thèse de J.P VACHER : Contribution à l'étude hydrologique du bassin de l'Isère. Bordeaux 1971.

.../...

ELEMENTS DES BILANS HYDROLOGIQUES MOYENS

BASSIN VERSANT TOPOGRAPHIQUE N°	SURFACE EN Km ²	ALTITUDE MOYENNE EN m	TEMP. MOYENNE EN °C	PRECIPITATIONS P EN		ECOLLEMENT ANNUEL MOYEN Q EN		DEFICIT D'ECOLLEMENT CONSTATE D = P - Q		EVAPOTRANSPIRATION CALCULEE ET CORRIGEE ETR		P - Q + E ± Δq EN 10 ⁶ m ³ /AN	Δq / Δq		Δq EN % DE		OBSERVATIONS	
				mm	10 ⁶ m ³ /AN	mm	10 ⁶ m ³ /AN	mm	10 ⁶ m ³ /AN	mm	10 ⁶ m ³ /AN		%	Δq an 10 ⁶ m ³ /AN	P	Q		
1	186	888	6,1	1922	346,0	1578	281,0	344	62,0	500	90,0	- 28,0	20	± 5,6	8	10	Forts déficits d'écoulement perles souterraines	
2	95	1100	5	2052	191,9	1130	107,3	922	87,6	490	46,6	+ 41,0	20	± 8,2	21	38		
3	46	946	6	1921	88,4	620	28,5	1301	59,9	520	23,9	+ 36,0	20	± 7,2	40	128		
4	750	811	7	1811	1381,0	1300	975,0	511	406,0	510	382,5	- 23,5	20	± 1,8	1,7	2,4		
1-(1+2+3)	429	700	7,7	1752	751,7	1291	555,2	458	196,5	517	222,0	- 25,5	28	± 7,1	3	3,3		
5	47	700	7,7	1678	78,9	1241	58,3	437	20,6	555	26,1	- 5,5	20	± 1,1	7	9,1		
6	1115	755	7,3	1766	1969,5	1256	1400,9	510	568,6	510	568,6	0	20	.	.	.		
6-(4+5)	318	586	8,1	1603	509,6	1156	367,6	417	142,0	550	175,0	- 33,0	47	± 15,5	6,5	9		bilan peu précis
7	140	1073	5,2	2198	307,7	1712	239,7	486	68,0	440	61,6	+ 6,4	20	± 1,3	2	2,6		
8	216	1032	5,5	2133	460,7	1504	325,0	629	135,7	450	97,2	+ 38,5	20	± 7,7	8	12,6		
8-7	76	956	6	2013	153,0	1122	85,3	891	67,7	470	35,6	+ 32,1	47	± 15,1	21	37,0	bilan peu précis	
9	480	991	5,7	2008	963,7	1485	713,1	523	250,6	480	230,4	+ 20,2	20	± 4,0	2	3		
9-8	264	957	5,9	1905	503,0	1478	388,1	435	114,9	505	133,2	- 18,3	30	± 5,5	3,6	4,7		
10	685	906	6,3	1878	1286,1	1658	1135,9	220	150,2	510	349,3	-199,3	20	± 39,9	15,1	17,5	Apports Souterrains	

BV N°	S km ²	h m	T °C	P		Q		D		ETR		Δq 10 ⁶ m ³ /AN	ΔΔq/Δq		Δq EN %		OBSERVATIONS
				mm	10 ⁶ m ³ /AN	mm	10 ⁶ m ³ /AN	mm	10 ⁶ m ³ /AN	mm	10 ⁶ m ³ /AN		%	ΔΔq EN 10 ⁶ m ³ /AN	P	Q	
10-9	205	707	7,0	1572	322,3	2062	422,8	1900	1100,5	517	112,1	- 212,6	37	± 78,6	66	50	Fort gain
A	75	888	6,1	1900	142,5	0	0	1900	112,5	530	39,8	+ 102,7	15	± 15,4	72		Bassin fermé du lac de l'ABBAYE
11	290	494	8,9	1115	410,0	935	271,1	480	138,6	550	151,3	- 12,7	20	± 2,5	3	4,7	
12	250	762	7,3	1500	390,0	944	215,5	556	151,5	525	136,5	+ 18,0	20	± 3,6	4,6	7,3	
13	2600	753	7,3	1717	1465,1	1197	3111,1	520	1351,0	530	1378,0	- 24,0	20	± 4,8	0,5	0,7	
14	2800	731	7,1	1686	1720,1	1256	3518,1	430	1201,9	530	1481,0	- 282,1	20	± 56,4	6	8	Débits douteux
15	134	898	6,4	1500	201,0	1021	137,9	179	63,1	500	67,0	- 3,9	20	± 0,8	2	3	
16	297	719	7,1	1377	108,9	799	237,3	578	171,6	520	151,5	+ 17,1	20	± 3,4	4	7	Echelle: débit douteux; alimen- tation nappe importante.
16-15	163	626	8,1	1275	207,9	610	99,1	665	108,5	525	85,8	+ 22,7	35	± 8	11	23	
17	3610	686	7,7	1592	5795,2	1084	3911,1	508	1851,2	510	1856,1	0	20				
10+A	760	901	6,3	1879	1128,6	1495	1135,9	381	292,7	525	399,0	106,3	20	± 21,2	7,5	9,1	
10+A-3.2	901	928	6,2	1900	1712,0	1410	1271,7	490	110,3	510	459,5	19,2	20	± 3,8	1,1	1,5	

.../...

en éliminant systématiquement tous ceux affectés d'une trop forte marge d'erreur.

Les tableaux 513 a et b présentent les principaux éléments des bilans ainsi que la marge d'erreur admise sur Δq .

5132 - Bilans équilibrés

Ils peuvent l'être :

- par concordance entre bassin topographique et bassin hydrogéologique ou transferts négligeables; c'est le cas pour les bassins suivants :

- Doucier 5 et le bassin du Hérisson
- Chaléa 11 et le bassin de Valouse
- Trablettes 12 et le bassin de l'Oignin
- Chazey 17 pour le bassin total

- par équilibre entre débits souterrains entrant et sortant; c'est le cas pour les bassins :

Pont de Chatillon 4; les pertes du haut bassin de l'Ain (Foncine et Pont de Lemme) semblent être compensées par les apports dans le sous bassin de Bourg de Sirod et le Bassin de l'Angillon.

- Chartreuse de Vaucluse 6 sur l'Ain
- Cize Bolozon 13 sur l'Ain.

5133 - Bilans déséquilibrés

Le haut bassin de l'Ain montre plusieurs bilans partiels significativement déséquilibrés qui sont :

- sous bassin de Foncine le Bas 2 pour la Saine

$$195 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 107 \cdot 10^6 \text{ m}^3 + 47 \cdot 10^6 \text{ m}^3 + 41 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$P = Q + E + \Delta q$$

avec $\Delta q = 41 \pm 8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ soit 21 % de P et un déficit d'écoulement constaté D = 922 mm

- le sous bassin de Pont-de-Lemme 3 pour la Lemme :

$$88 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 28 \cdot 10^6 \text{ m}^3 + 24 \cdot 10^6 \text{ m}^3 + 36,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$P = Q + E + \Delta q$$

.../...

Avec $\Delta q = 36 \pm 7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ soit 40 % de P et un déficit d'écoulement constaté D = 1301 mm

- Le bassin partiel de Chancia 10-9 pour la Bienne
 $322 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 423 \cdot 10^6 \text{ m}^3 + 112 \cdot 10^6 \text{ m}^3 - 213 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $P = Q + E - \Delta q$

avec $\Delta q = 213 \pm 80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ soit 66 % de P et un déficit d'écoulement constaté D = "-490 mm"

- Le bassin fermé du lac de l'Abbaye A
 $143 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 0 + 40 \cdot 10^6 \text{ m}^3 + 103 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $P = Q + E + \Delta q$

avec $\Delta q = 103 \pm 15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ soit 72 % de P
 déficit d'écoulement constaté D = 1900 mm

5134 - Conclusions

D'autres bassins n'entrent pas dans les catégories citées soit qu'il n'aient pas un bilan significatif soit que le manque d'éléments ne permette pas leur classification.

L'étude hydrologique ne permet guère d'aller plus loin dans nos conclusions. L'étude hydrogéologique (structurale et morphologique) nous permettra ultérieurement de préciser les relations des bassins entre eux et de définir éventuellement des unités hydrogéologiques

52 - EVALUATION DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DE L'ÉCOULEMENT

521 - Le programme FLØC (1)

5211 - Opérations du programme

Dans un premier temps il est procédé à l'évaluation de la distribution spatiale de l'écoulement total.

../...

Les données de base suivantes sont alors nécessaires :

- surface du bassin versant en Km²
- débit moyen interannuel QT, de la période p, mesuré à l'exutoire du bassin versant en 10⁶ m³/an.
- la carte en isohyètes des précipitations moyennes interannuelles P, sur l'ensemble du bassin versant.
- une carte de zonalité de l'évapotranspiration réelle moyenne interannuelle sur l'ensemble du bassin.

Ces données acquises, on effectue une discrétisation du bassin en mailles, d'égale surface unitaire A, considérées comme indépendantes et pour chacune desquelles on admet l'uniformité de P et de ETR. La carte 5211 a montre le maillage utilisé.

Un bilan est alors calculé pour chaque maille selon les étapes suivantes :

- calcul de la lame d'eau précipitée moyenne interannuelle PT (en mm) sur l'ensemble du bassin versant par moyenne des lames d'eau précipitées sur chaque maille.
- calcul du déficit d'écoulement moyen interannuel ETT (en mm) sur l'ensemble du bassin versant par moyenne des déficits d'écoulement relatifs à chaque maille.
- comparaison de la différence PT - QT avec ETT et calcul d'un coefficient de correction C :
$$C = (PT - QT) / ETT$$
 puis calage des bilans unitaires de chaque maille sur le débit d'écoulement total du bassin par application du coefficient C à ETR de chaque maille.
- calcul de l'écoulement total maille par maille (en mm) par différence entre la lame d'eau précipitée et la hauteur d'évapotranspiration corrigée.

(1) Une description détaillée du programme FLØC et de ses applications est donnée dans le rapport BRGM 71 SGN 085 HYD, par Mme O. DELAROZIERE-BOUILLIN J.P LABORDE et J. MARGAT.

../...

/...

Dans un second temps il est procédé à l'évaluation de la distribution spatiale de l'écoulement souterrain. Trois processus sont possibles selon les données dont on dispose. Dans tous les cas il est nécessaire de connaître la distribution par maille de l'écoulement total établie suivant la méthode précédente.

Nous n'explicitons que le cas employé pour le bassin de l'Ain.

On dispose d'une carte de la classification hydrogéologique du bassin versant appliquée à la détermination de l'écoulement souterrain moyen (cf carte 621 ht établie d'après des critères hydrogéologiques). Cette carte donne le rapport $ES = \text{écoulement souterrain} / \text{écoulement total}$ (cf § 5212 les valeurs de ES choisies en fonction de la lithologie).

- l'écoulement souterrain QS de chaque maille est obtenu par application de ES à la valeur de l'écoulement total de la maille.
- Le calcul de l'écoulement souterrain total QST du bassin versant est effectué par sommation des écoulements souterrains de chaque maille.

Il faut souligner que QS (débit souterrain) calculé pour chaque maille a la signification de l'alimentation spécifique moyenne probable des nappes souterraines dans la maille par infiltration des précipitations, indépendamment de tout apport pouvant provenir d'une autre maille (transfert souterrain ou infiltration d'eau de surface importée).

L'organigramme du programme principal FLØC 0 ainsi que l'organigramme du sous-programme FLØC 7 utilisés sont donnés par les figures 5211 b et c. Les résultats sont donnés sous forme de tableau où figurent pour chaque maille :

- le numéro de la maille
- P en mm/an
- ETR corrigée par application de C en mm/an
- le débit total en mm/an, m³/an et l/s/Km²
- ES en %
- le débit souterrain en mm/an, m³/an et l/s/Km²

Le débit souterrain total est donné à la fin du listing en 10^{10} m³/an.

.../...

5212 - Application au bassin de l'Ain

Pour le bassin de l'Ain limité à la station de Chazey les données suivantes ont été utilisées :

- ,discrétisation du bassin en 405 mailles de 9 Km² de superficie (mailles carrées de 3 Km de coté)
- débit total moyen interannuel pour la période 1963-1967 à Chazey 3944.10⁶ m³/an
- valeur par maille des précipitations obtenues à partir de la carte d'isohyètes (1963-1967)
- valeur par maille de l'ETR calculée à partir de la formule de Turc mois par mois.
- carte de classification hydrogéologique du bassin pour l'application des coefficients ES. Les coefficients choisis sont les suivants

alluvions anciennes et modernes	:	0,8
glaciaire et fluvioglaciaire	:	0,5
crétacé	:	0,8
calcaires massifs du Jurassique supérieur et moyen	:	1,0
Marnes du jurassique supérieur	:	0,0

Le choix du coefficient ES pour chaque maille est fonction de la surface relative des terrains considérés.

A partir de ces données le sous-programme FLØC 7 à été utilisé. Le tableau de sortie des résultats est présenté par les réductions 5212 abc.

522 - Résultats

5221 - Cartographie de la distribution spatiale de l'écoulement

- Ecoulement total.

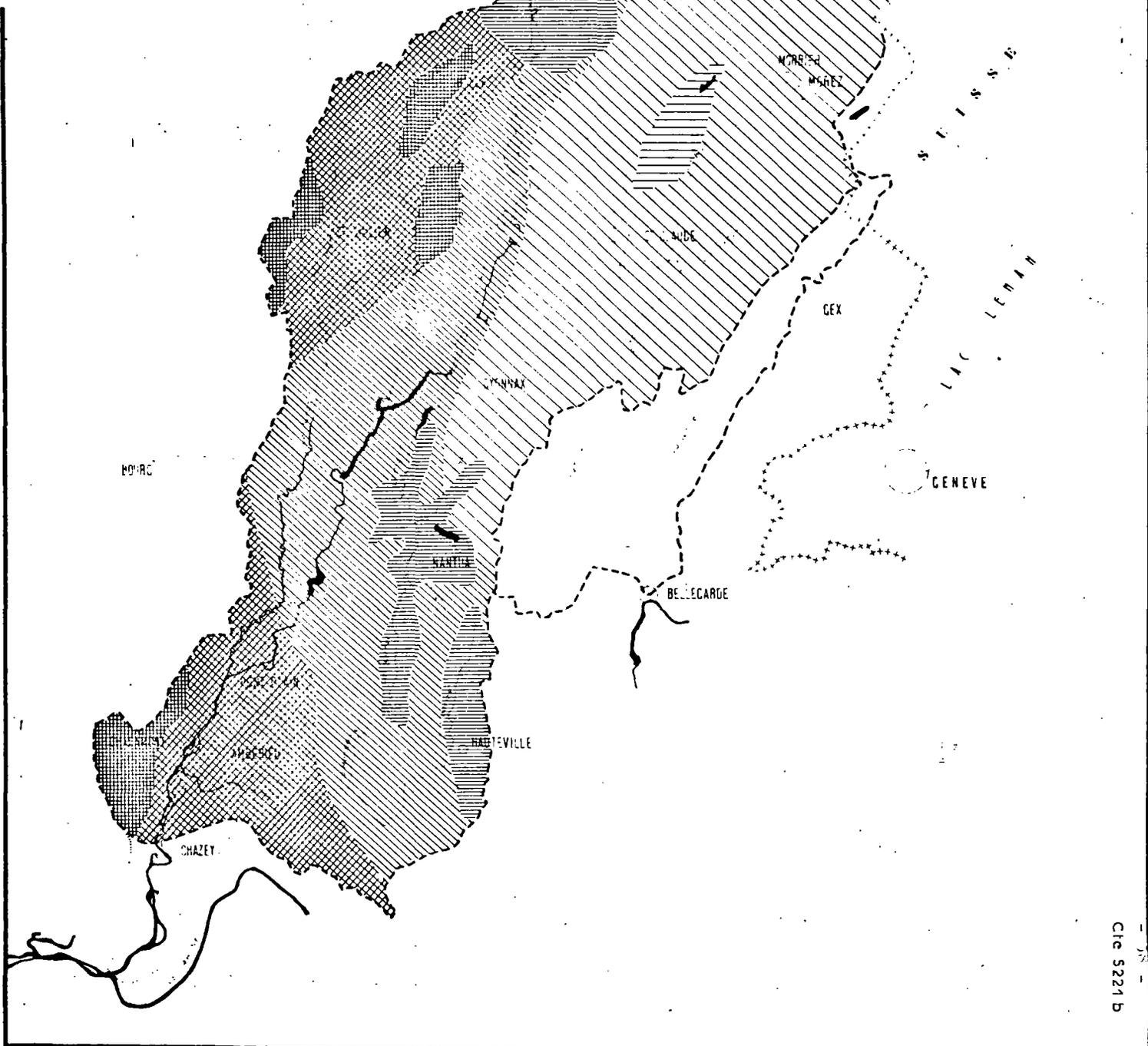
A partir des valeurs par maille de l'écoulement total exprimé en mm/an une carte en courbes d'isomodules a été tracée (cf carte 5221 a).

.../...

BASSIN DE L'AIN

CARTE DE L'ÉCOULEMENT SOUTERRAIN

Réservoir aquifère fissuré L/s/km ²	Réservoir aquifère poreux L/s/km ²
 10 à 20	 0 à 10
 20 à 30	 10 à 20
 > 30	 20 à 30



BASSIN DE L'AIN 1963 - 1967

Evaluation quantitative des circulations karstiques du haut bassin de l'Ain et du
bassin de la Bienne

COURS EAU	BASSIN N°	SUPERFICIE Km2	DEBITS MESURES Q en m3/s	DEBITS CALCULES FLØC Q' m3/s	Q-Q' en m3/s	Q/Q' en %
L'AIN	1	180	9,0	8,7	+ 0,3	103
	2	95	3,40	4,96	- 1,56	68,5
	3	46	0,90	2,00	- 1,10	45
	7	140	7,6	7,6	00	100
	8	216	10,3	11,0	- 0,7	93,6
	8-7	76	2,7	3,4	- 0,7	79
	9	480	22,6	23,2	- 0,6	97
	9-8	264	12,2	12,2	--0	100
	10	685	36,0	29,3	+ 6,7	122
	10-9	205	13,3	6,9	+ 6,4	192
LA BIENNE	A	75	0	3,12	- 3,12	-
Ain composé exutoires A + 2 + 3		901	40,3	39,4	+ 0,9	102

.../...

Elle donne une image de la valeur de l'écoulement total sur le bassin de l'Ain ainsi que de sa répartition spatiale.

- Ecoulement souterrain.

Les valeurs de l'écoulement souterrain en l/s/Km² reportées par maille ont permis de dresser une carte de l'écoulement souterrain lissée en fonction des contours géologiques (cf carte 5221 b)

5222 - Approche quantitative des circulations karstiques

Les différentes mailles correspondant aux sous-bassins et bassins partiels ont été regroupées afin de reconstituer les écoulements théoriques. La comparaison avec les écoulements constatés aux stations de jaugeage permet une évaluation quantitative des transferts d'eau souterrains entre les différents bassins versants ou plus exactement la résultante des échanges souterrains entre deux bassins.

Le tableau 5222 présente les résultats obtenus pour le haut bassin de l'Ain et le bassin de la Bienne. Cet ensemble a été choisi car il présente d'importantes circulations karstiques et les déséquilibres des bilans sont significatifs : l'écart entre le débit calculé et le débit mesuré est supérieur à 20 % de ce dernier (ou encore un rapport entre le débit mesuré et le débit calculé compris entre 80 % et 120 % n'est pas significatif).

Il apparait ainsi que plusieurs bassins présentent un écart significatif. Ce sont :

- le sous-bassin de Foncine le bas 2 pour la Saine. Le débit de ce bassin devrait être de 5 m³/s alors qu'il n'est que de 3,40 m³/sec. Les pertes moyennes annuelles sont de l'ordre de 1,6 m³/sec.
- le sous-bassin de Pont de Lemme 3 pour la Lemme avec un débit théorique de 2,0 m³/sec et un débit réel de 0,9 m³/sec soit des pertes moyennes annuelles de l'ordre de 1,1 m³/sec.

.../...

.../...

- Le bassin fermé du lac de l'Abbaye A qui n'a aucun débit aérien c'est à dire un débit réel de 0 m³/sec et un débit théorique de 3,1 m³/sec soit des pertes annuelles moyennes de 3,1 m³/sec.

- le bassin partiel de Chancia 10-9 pour la Bienne : débit théorique 6,9 m³/sec débit réel 13,3 m³/sec soit un surplus de 6,4 m³/sec c'est à dire de 92 %

Nous verrons plus loin (§ 632) que ces 4 bassins ne sont pas indépendants. Les pertes des trois premiers sont compensées par le surplus du quatrième; la géologie nous confirmera l'hypothèse d'une unité hydrogéologique à trois exutoires.

53 - CONCLUSIONS

Les deux méthodes employées bien que d'une application fort différente nous ont apporté des résultats semblables.

La méthode des bilans hydrologiques partiels donne à condition de bien envisager les marges d'erreur - des résultats quantitatifs relativement précis. Elle a en outre l'avantage d'être simple. Cependant son emploi est souvent long et fastidieux.

L'utilisation du programme FLØC permet une évaluation plus rapide des transferts d'eau et aboutit à une cartographie de l'écoulement. Toutefois la précision semble moindre qu'avec la méthode précédente.

La "méthode FLØC" permet d'autre part d'évaluer avec une assez bonne précision l'écoulement de sous-bassins non affectés de transferts d'eau souterrains. Les résultats donnés par le tableau 5222 en fournissent de bon exemples (comparaison de Q et Q' pour les bassins 1,7,8,9,).

L'étude des bilans hydrologique nous a permis de constater des déséquilibres traduisant des transferts d'eau souterrains importants. L'étude géologique et hydrogéologique nous aidera à localiser les principales circulations karstiques.

.../...

6 - HYDROGEOLOGIE

61 - INTRODUCTION

L'hydrogéologie du bassin versant de l'Ain est essentiellement dominée par l'extension des formations calcaires. Ainsi la lithologie montre-t-elle une bonne prédisposition à la karstification.

Toutefois, l'explication des phénomènes karstiques et leur interprétation sont liés à l'étude de la structure et de la tectonique.

Si les grandes masses calcaires ont vu le développement intense de leur karstification ceci n'est dû en grande partie aux bouleversements tectoniques qui ont favorisé la pénétration des eaux tout en morcelant le karst en unités plus ou moins liées.

L'étude stratigraphique nous définira les principaux aquifères ainsi que les écrans imperméables. L'étude structurale sommaire permettra d'avoir une idée générale de la géométrie des unités.

62 - SCHEMA LITHOLOGIQUE, STRUCTURAL, ET MORPHOLOGIQUE

621 - Lithologie

Une carte des principaux ensembles lithologiques au 1/200 000 a été dressé (cf. carte 621 h.t.).

6211 - Log stratigraphique général

La figure 6211 donne une idée de la lithologie générale grâce à trois séries stratigraphiques représentatives de trois régions du bassin.

Dans une optique hydrogéologique les variations de faciès n'ont qu'un intérêt secondaire les grandes formations perméables et imperméables se retrouvant identiques dans tout le bassin.

Pour l'établissement de la carte lithologique 621, les différents ensembles distingués sont de bas en haut :

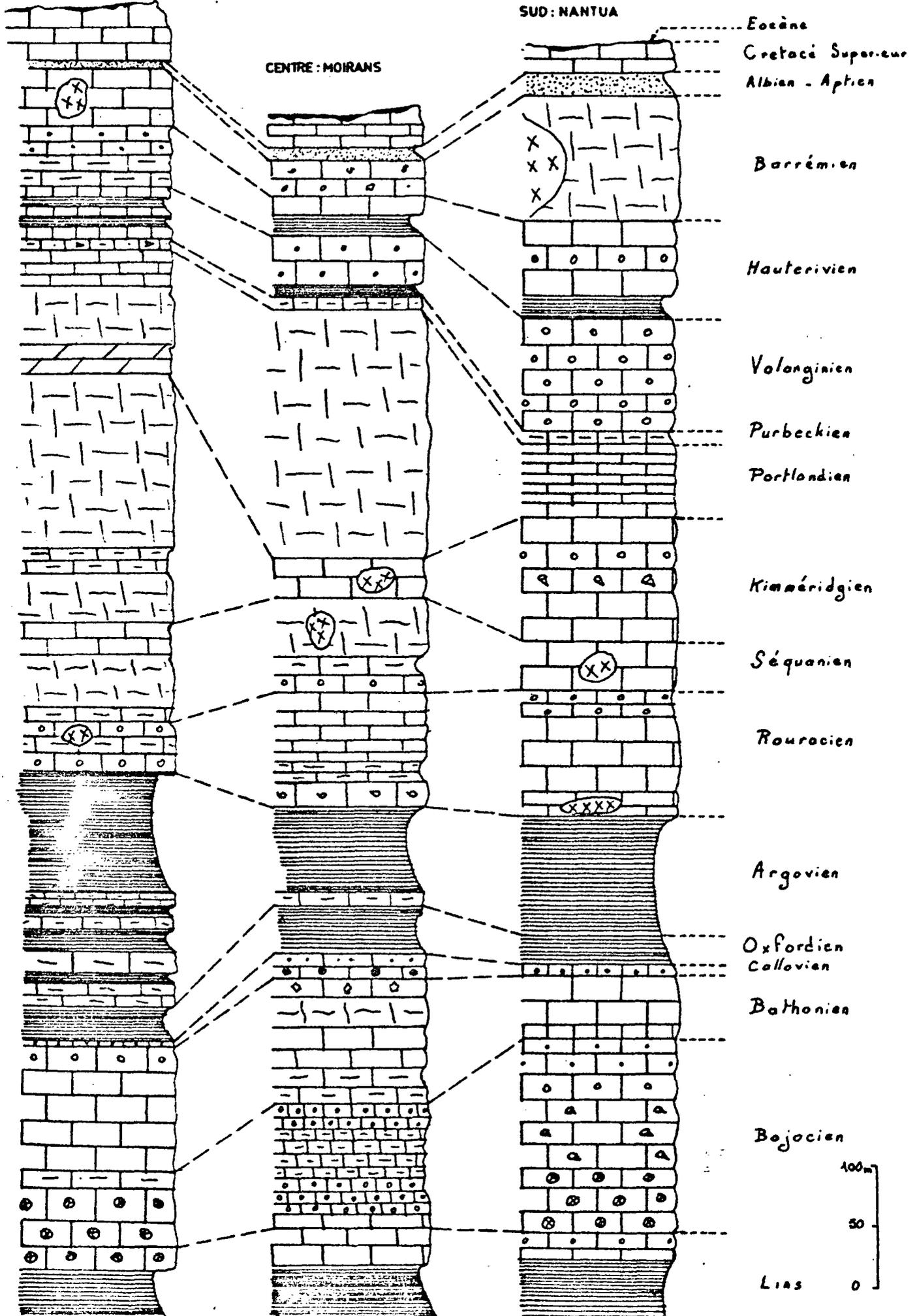
- Le Lias marneux substratum des aquifères
- L'ensemble Bajocien - Bathonien - Callovien à dominance calcaire. Puissance : 100 à 200 m.

BASSIN DE L'AIN VARIATION DES FACIES ET EPAISSEURS SUIVANT LA SITUATION

NORD : CHAMPAGNOLE

CENTRE : MOIRANS

SUD : NANTUA



- L'ensemble Oxfordien - Argovien essentiellement marneux.
Puissance : 100 à 200 m.
 - L'ensemble Rauracien - Séquanien - Kimméridgien -
Portlandien calcaire Puissance : 300 à 400 m.
 - Le Crétacé marno-calcaire à dominance calcaire.
Puissance : 100 à 150 m.
 - Les formations marno-calcaires à passées gréseuses ou
sableuses du Tertiaire et du Quaternaire ancien.
 - Les dépôts glaciaires et fluvioglaciaires.
 - Les alluvions fluviales anciennes et modernes.
 - Les formations superficielles importantes (éboulis).
- Ces quatre dernières formations très localisées ne sont pas figurées sur les logs stratigraphiques.

6212 - Les principaux ensembles perméables

Les principaux ensembles présentant une perméabilité de fissuration sont les deux masses calcaires du Jurassique moyen (Bajocien - Bathonien - Callovien) et du Jurassique supérieur (Rauracien - Séquanien - Kimméridgien - Portlandien).

Elles sont séparées dans la stratigraphie par l'ensemble marneux de la base du Jurassique supérieur (Oxfordien - Argovien).

Toutefois les nombreux accidents tectoniques annullent souvent l'effet de barrière de ce niveau imperméable et favorisent les communications entre les différentes masses calcaires.

Les formations du Crétacé ont parfois un rôle de réservoir non négligeable mais leur faible extension les place au second rang.

Enfin les formations glaciaires, fluvioglaciaires et fluviatiles fournissent très localement de petits réservoirs à perméabilité d'interstices. Seules les basses vallées de l'Ain et de l'Albarine comportent des nappes souterraines appréciables de fort débit.

En résumé ce sont les deux ensembles calcaires du Jurassique moyen et de Jurassique supérieur qui commandent l'hydrogéologie du bassin de l'Ain.

622 - Structure générale

On oppose fréquemment au Jura tabulaire un Jura plissé lui-même divisé en Jura externe et Jura interne. Que deviennent ces limites à l'échelle du bassin de l'Ain ? La carte 622 donne une synthèse de ces structures.

6221 - Le Jura tabulaire

Les plateaux, bien développés dans le Jura central, disparaissent dans le Jura méridional. On peut distinguer toutefois les unités suivantes :

- Le plateau de Nozeroy ①, dans lequel l'Ain prend sa source, essentiellement formé de Jurassique supérieur calcaire et de Crétacé. Le faisceau de Syam ⑦ le sépare du plateau de Champagnole ②

- Le plateau de Champagnole ② est très étendu en longueur et se termine au Sud près de Moirans en Montagne par le plateau de l'Ain ③. Les calcaires du Jurassique supérieur en forment la majeure partie sauf au Nord de Champagnole où ils sont relayés par les calcaires du Jurassique moyen

- Le plateau d'Arinthod ou plateau de la Valouse ④ "hâvre de tranquillité structurale au centre des reliefs faillés qui l'enveloppent" selon l'expression de R. ENAY.

Au Sud affleurent les calcaires du Jurassique supérieur au centre les marnes du Jurassique supérieur et au Nord les calcaires du Jurassique moyen.

- Le plateau de Lons ⑤ bordant le bassin à l'Ouest de la chaîne de l'Euthe ⑧ entièrement formé de calcaires du Jurassique moyen.

6222 - Le Jura plissé

Les différents faisceaux, bien séparés au Nord et au centre par des zones de plateaux se trouvent accolés au Sud où leurs limites sont plus difficiles à déterminer. On distingue toutefois deux grands ensembles :

- Le Jura externe avec deux grands sous ensembles de faisceaux :

BASSIN DE L'AIN

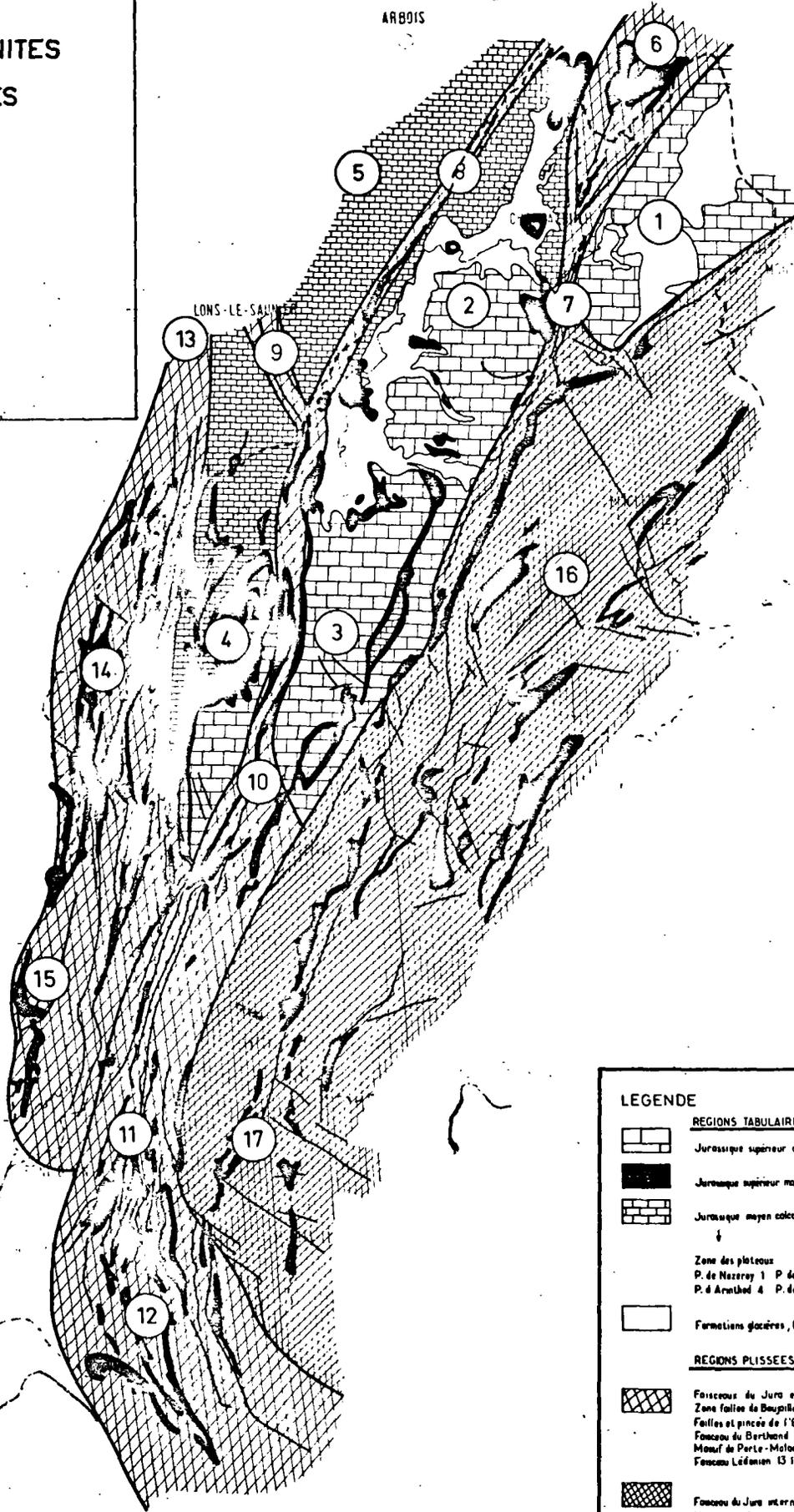
LES GRANDES UNITES
STRUCTURALES

SALINS-LES-BAINS

ARBOIS

PONTARLIER

LONS-LE-SAUNIER



LEGENDE

REGIONS TABULAIRES



Jurassique supérieur calcaire et Crétacé



Jurassique supérieur marneux



Jurassique moyen calcaire

Zone des plateaux

P. de Nazeray 1 P. de Champagnole 2 P. de l'Ain 3
P. d'Aréthod 4 P. de Lons 5



Formations glaciaires, fluvio-glaciaires et alluviales

REGIONS PLISSEES



Faïsses du Jura externe
Zone faillee de Bauphilles, Carrières 6 Faïsses de Syon 7
Failles et pincés de l'Euthie 8 Accidents transverses d'Orgélet 9
Faïsses du Barthod 10 Faïsses de Saint-Rambert 11
Masse de Porte-Molard Daxen 12
Faïsses Lédimien 13 14 15 Vignoble 14 Revermont 15



Faïsses du Jura interne Faïsses helvétiques
Mont-Jura 16 Haut-Bugey 17

. Le faisceau lédonien (13) le plus à l'Ouest qui se prolonge vers le Sud par le Vignoble (14) et le Revermont (15) découpé en lanières par des failles Nord-Sud. Dans le Revermont on a une dominance des faciès calcaires du Jurassique supérieur tandis que dans le vignoble où le Jurassique moyen domine, Jurassique supérieur et Cretacé affleurent à la faveur de synclinaux.

. Le faisceau bugiste

Il prend son origine dans la zone des plateaux par la pincée de l'Euthe (8) qui est relayée plus au Sud par les accidents d'Orgelet (9) et le faisceau de Berthiand (10) encore appelé faisceau d'Orgelet-Poncin (Glangeaud). La zone des lanières de Saint-Rambert (11) et au Sud de l'Albarine le massif de Portes-Molard-Dedon (12) viennent jouxter la terminaison méridionale des plis du Jura interne. L'ensemble offre le style ultra-comtois. Toutes les formations disloquées s'entremêlent.

- Le Jura interne ou faisceau helvétique

C'est une vaste zone de plis traversée par des accidents transverseaux (décrochements) où l'on trouve des anticlinaux (monts) et des synclinaux (=Vaux) bien formés et alternant régulièrement ainsi que des massifs formés de compartiments pliés en larges voûtes séparées par des failles N - S bordant d'étroites gouttières synclinales. On peut distinguer :

- au Nord de la cluse Nantua - Bellegarde le haut Jura (16)
- au Sud le haut Bugey (17)

Les formations calcaires (principalement celles du Jurassique supérieur et du Crétacé) y atteignent un grand développement.

La structure est de style haut-Jurassien avec des anticlinaux coffrés (sommet aplati et flancs verticaux) et des synclinaux à fond Cretacé, subhorizontaux.

623 - Morphologie des aquifères

L'étude structurale, rapide, nous permet de tirer plusieurs conclusions quant à l'extension éventuelle des aquifères.

La zone des plateaux (Nozeroy - Champagnole - Arinthod) présente une continuité des faciès favorable à l'extension et à l'homogénéité des aquifères.

Les zones plissées (Jura interne et Jura externe) disloquées et morcelées en unités parfois minuscules ne sont pas favorables à l'extension d'un système karstique unique.

Dès lors, l'écran marneux du Jurassique supérieur (Argovo-Oxfordien) ne joue plus son rôle de barrière ou de substratum.

Ainsi dans le Jura méridional, siège d'importants bouleversements tectoniques, le karst est-il morcelé en unités souvent peu reconnaissables.

Dans le faisceau helvétique la grande amplitude des mouvements anclinaux et synclinaux permet une meilleure homogénéité du développement karstique.

Disons un mot pour terminer sur un aquifère peu étendu (1/10 de la surface totale), mais qui a une importance dans l'économie : la nappe alluviale de la basse vallée de l'Ain. Les alluvions modernes de l'Ain sont peu étendues mais présentent une bonne perméabilité. Elles sont emboîtées dans les terrasses des alluvions fluvioglaciaires wurmiennes, qui forment la majeure partie de l'aquifère.

La perméabilité de ces alluvions est de 3 à $4 \cdot 10^{-3}$ m/sec. ; l'épaisseur mouillée est en moyenne de 8 m mais peut dépasser 20 m. Cet aquifère donne de bons débits et une étude approfondie a été effectuée en vue de l'implantation de la ville nouvelle de l'Ain et de nombreuses industries dans la région d'Ambérieu (1).

63 - LE KARST DANS LE BASSIN DE L'AIN

631 - Phases de karstification et évolution

Une première phase de karstification correspond à l'émersion de la fin du Jurassique supérieur. Elle est cependant insignifiante.

Une seconde phase débute avec le Tertiaire (Eocène) et se prolonge simultanément avec les phénomènes de déformation tectonique et d'érosion. Une intense karstification marque le Pliocène dont le climat devrait être subtropical.

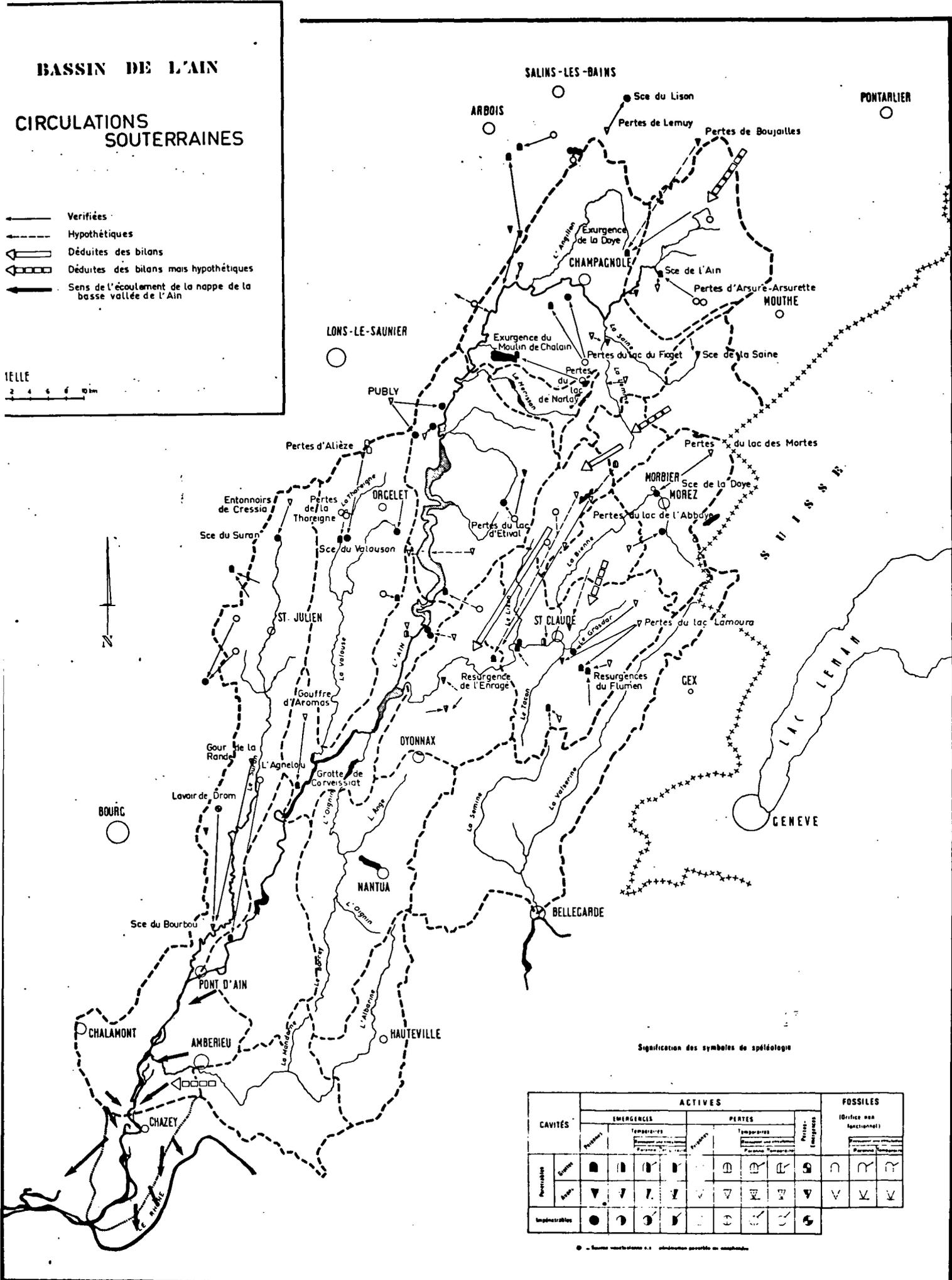
(1) Voir rapports du Cabinet Ruby 1961 et 1966 : Etude de la nappe alluviale de l'Ain et Note de synthèse sur les études de la nappe alluviale de l'Ain par M. BUSSE 1967. Agence de Bassin Rhône Méditerranée Corse.

BASSIN DE L'AIN

CIRCULATIONS SOUTERRAINES

- Verifiées
- - - - - Hypothétiques
- ◀ Dédites des bilans
- ◀◀ Dédites des bilans mais hypothétiques
- ◀◀◀ Sens de l'écoulement de la nappe de la basse vallée de l'Ain

ÉCHELLE
2 4 6 8 10 km



Signification des symboles de spéléologie

CAVITÉS	ACTIVES					FOSSILES (Orifices non fonctionnels)												
	ÉMERGENCES			PERTES		Pertes-Émergences	<table border="1"> <tr> <th>Orifices</th> <th>Orifices</th> <th>Orifices</th> </tr> <tr> <td>○</td> <td>◐</td> <td>◑</td> <td>◒</td> <td>◓</td> <td>◔</td> </tr> </table>			Orifices	Orifices	Orifices	○	◐	◑	◒	◓	◔
	Orifices	Orifices	Orifices															
○	◐	◑	◒	◓	◔													
Temporaires			Temporaires															
Pénétrables	Superf.	◐	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗									
	Prof.	◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗										
Imperméables		◑	◒	◓	◔	◕	◖	◗										

○ = Source souterraine à circulation possible en surface.

Au Quaternaire la karstification est influencée par les glaciers dont l'action fut ou bien positive (eau des glaciers abondante et agressive), ou bien négative (recouvrement de grandes surfaces par la glace, dépôts morainiques post-glaciaires).

Actuellement l'évolution du karst est favorisée par le climat humide dominant, bien que le karst jurassien soit couvert en grande partie d'une épaisse couche d'humus.

Les surfaces rocheuses nues et régolithes sont rares.

La liaison entre phases tectoniques et karstification a fait qualifier le karst jurassien de "tectokarst".

632 - Les circulations karstiques

6321 - Etude qualitative

De nombreuses explorations du réseau karstique visitable ont été effectuées par les clubs spéléologiques, qui donnent des renseignements intéressants et très détaillés.

Ces observations sont parfois étayées d'expériences de colorations qui précisent le cheminement souterrain des eaux.

Pour éviter une énumération fastidieuse des colorations effectuées dans le bassin de l'Ain une carte a été établie donnant les principales circulations prouvées à notre connaissance (cf. carte 6321).

Nous citerons toutefois la percée karstique lac de l'Abbaye-résurgence de l'Enragé à Molinges qui avec ses 21 km de distance en ligne droite et ses 520 m de dénivellation se place parmi les plus importantes percées karstiques de France.

Les eaux du lac de l'Abbaye se perdent latéralement dans une "goule" ($x = 873,85 - y = 175,58 - Z = 871$ m) et vont resurgir aux sources de l'Enragé dans le cirque de Molinges ($x = 864,2 - y = 156,7 - Z = 350$ m). A ce réseau se rattachent plusieurs pertes situées dans le bassin fermé du lac de l'Abbaye.

Les sources de l'Enragé (une source pérenne et deux trop pleins) sont le seul point de résurgence des eaux du bassin fermé, comme l'a montré la coloration du spéléo-club salinois (1965)(1).

Cette résurgence très active donne à l'étiage plus d'1 m³/sec. et lors des crues le débit total des résurgences atteint fréquemment 30 m³/sec. et parfois 100 m³/sec. Le débit de ces sources n'étant pas mesuré régulièrement on ne peut pas définir la surface de leur bassin d'alimentation. Cependant comme nous le verrons dans le chapitre suivant l'exploitation des bilans partiels va nous faire penser que le bassin fermé du lac de l'Abbaye n'alimente pas seul les sources de l'Enragé.

6322 - Etude quantitative

Si l'on connaît de nombreuses circulations karstiques affectant le bassin de l'Ain rares sont celles que l'on peut chiffrer.

La méthode des bilans partiels (cf. § 5133) et l'application du programme FLOC (cf. § 5222) nous ont montré l'existence d'écarts parfois importants. Dans beaucoup de cas ces écarts ne sont pas significatifs mais pour quelques bassins il s'avère possible de chiffrer les transferts d'eau (voir § 5222).

On peut ainsi évaluer les apports interannuels au bassin partiel de Chancia (apports dus presque exclusivement aux résurgences de l'Enragé) entre 5,8 m³/sec (somme des pertes des bassins de Foncine le Bas Pont de Lemme et du lac de l'Abbaye) et 6,4 m³/sec. (surplus du bassin partiel de Chancia) (voir tableau 5222).

La méthode des bilans partiels laisse présumer d'autres circulations mais les limites de validité interdisent toute évaluation quantitative.

C'est ainsi que l'on peut supposer une alimentation souterraine du haut bassin de l'Ain (Bourg-de-Sirod : N° 1) qui présente un déficit d'écoulement de 344 mm peu compatible avec les 500 mm d'évapotranspiration calculée. L'idée d'un échange souterrain entre les hauts bassins du Doubs et de l'Ain n'est pas incompatible avec la géologie.

(1) Voir l'article de MUGNER et CHATELAIN ; les recherches hydrogéologiques sur la percée karstique lac de l'Abbaye - résurgences de l'Enragé. Annales de spéléologie, tome 24 fasc 2 1969 PP 299 - 316.

Elle n'est pas incompatible non plus avec les calculs de bilans puisqu'on a calculé pour le bassin de Labergement sur le Doubs des pertes de 3 m3/s dont une partie alimente la source de la Loue (O. BOUILLIN). Or les bassins de Labergement et de Bourg-de-Sirod sont limitrophes.

Le bassin partiel de Chenavier (8-7) sur la Bienne présente lui aussi un déficit d'écoulement anormal 891 mm au lieu des 470 mm attendus.

On peut penser là à un passage vers le bassin suivant (Chassal N° 9) qui englobe les précédents et est équilibré.

On observe enfin une anomalie dans le bassin de l'Albarine le fort déficit d'écoulement du bassin de Pont-Saint-Denis (16-15) est dû au fait que la rivière se perd dans les alluvions de la basse vallée de l'Ain et ceci totalement aux périodes d'étiage. Ainsi l'Albarine alimente en grande partie la nappe d'Ambérieu.

64 - CONCLUSIONS

641 - Bassins versants hydrogéologiques

Les superficies des bassins versants topographiques affectés de circulations karstiques importantes peuvent être ramenées aux superficies probables d'alimentation. Pour cela le calcul suivant donne des résultats acceptables si on considère la répartition des précipitations comme homogène sur les surfaces considérées :

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

S = surface réelle en km²

Q = débits en 10³ m³

P = précipitations moyennes sur S en mm

E = évapotranspiration moyenne sur S en mm

Ce calcul a été appliqué aux bassins présentant des déficits d'écoulement anormaux. Il s'agit principalement de l'ensemble déjà cité : Bassin de la Bienne, hauts bassins de la Saine et de la Lemme, bassin fermé du lac de l'Abbaye.

Le tableau suivant donne les principaux résultats obtenus dans l'optique d'une unité hydrogéologique.

SUPERFICIE DES BASSINS VERSANTS AFFECTES
DE CIRCULATIONS KARSTIQUES IMPORTANTES

Bassin versant	Superficie topographique S en Km2	Superficie calculée s en Km2	(S-s) en Km2
FONCINE LE BAS 2	95	68	+ 27
PONT DE LEMME 3	46	20	+ 26
LAC DE L'ABBAYE A	75	0	+ 75
CHANCIA 10	685	813	- 128
UNITE 10 + A + 2 + 3	901	901	0

BOURG DE SIROD 1	180	200	- 20
------------------	-----	-----	------

642 - Unités hydrogéologiques

6421 - Unités simples

Une unité hydrogéologique simple est un bassin hydrogéologique à un seul exutoire, c'est à dire un domaine sans transfert d'eau aux limites.

Le bassin de la Valouse (n° 11) est un bon exemple d'unité simple. On a là un système se développant entièrement dans le plateau d'Arinthod formé essentiellement par les calcaires du Jurassique supérieur et limité à l'Est et à l'Ouest par l'écran des marnes Argovo-Oxfordiennes. Ce réservoir naturel est drainé par la Valouse et ses affluents.

On ne peut citer d'autre unité de ce type sur le bassin de l'Ain.

6422 - Unités composées

Une unité hydrogéologique composée est un système aquifère à plusieurs exutoires dont le bilan global est bouclé.

L'établissement des bilans partiels (§513), l'application du programme FLØC (§522) et l'étude hydrogéologique (§632), nous ont incité à considérer comme une unité hydrogéologique à trois exutoires l'ensemble (hauts bassins de la Saine et de la Lemme - bassin fermé du lac de l'Abbaye - bassin de la Bienne) que nous appellerons (10 + A + 2 + 3).

Examinons les arguments confirmant cette théorie et ceux allant à son encontre:

Les arguments favorables sont de trois types :
hydrologiques - géologiques - autres :

- Les faits hydrologiques déjà énumérés dans les § 513 et 522, confirment que le bilan de l'ensemble 10 + A + 2 + 3 est parfaitement équilibré (voir tableau § 641).

Cette unité de 901 km² de superficie aurait un débit spécifique moyen de 44,7 l/sec/km². De plus un échange éventuel avec le bassin de Tancua 7 jouxtant au S.E les bassins déficitaires 2 et 3 est peu probable, le bassin de Tancua présentant un déficit d'écoulement normal.

- Les arguments géologiques et structuraux sont donnés par des coupes sériées effectuées à la limite des bassins versants partiels (cf. planches 6422 a b c d e).

Elles montrent la continuité hydrogéologique du Nord vers le Sud des bassins 2 3 et A établis dans une même vaste cuvette synclinale du faisceau helvétique. De plus, l'impossibilité du passage direct des eaux du bassin du lac de l'Abbaye vers la Bienne est démontrée par la présence de l'écran marneux (coupes 7, 8, 9, 10).

De même un passage souterrain entre le bassin excédentaire de Bourg-de-Sirod 1 et le bassin déficitaire de Foncine 2 semble exclu (cf. coupe 1). Vers le Sud-Est la remontée anticlinale de l'écran marneux et le pendage des couches vers l'Ouest semble rendre difficile un éventuel passage souterrain vers l'Est hors du bassin (coupes 2, 3).

Enfin cet ensemble se situe entièrement dans le faisceau helvétique où les grandes surfaces calcaires, les plissements et la fracturation permettent un ample développement des phénomènes karstiques (1).

- D'autres arguments permettent de penser à l'existence d'une unité hydrogéologique 10 + A + 2 + 3 au sein de laquelle les sous-bassins A 3 et 2 seraient en continuité souterraine.

Ces trois bassins sont "en escalier", c'est à dire, d'altitude décroissante du Nord vers le Sud, ce qui pourrait influencer l'écoulement gravitaire des eaux.

Le déficit d'écoulement croît du Nord au Sud : 922 mm pour FONCINE, 1301 mm pour PONT de LEMME et 1900 mm pour le lac de l'ABBAYE, ce qui peut faire penser à une évolution du réseau karstique qui serait diffus vers le Nord (pertes très dispersées nombreuses dolines et entonnoirs dans les bassins 2 et 3) et de plus en plus élaboré vers le Sud (percée du lac de l'ABBAYE).

Il existe cependant des arguments qui tendent à infirmer la théorie d'une continuité souterraine entre les 3 bassins A 3 et 2.

Cet ensemble est traversé du N-W au S-E par le grand décrochement de Morez (qu'emprunte d'ailleurs le cours de la Lemme) et qui pourrait avoir un caractère drainant.

(1) C'est aussi le cas plus au Nord dans les hauts bassins du Doubs et de la Loue.

Ce drainage souterrain pourrait se faire du SE vers le NW car s'il se faisait vers le SE le bilan du bassin de Tancua s'en ressentirait : Or il n'en n'est rien. Aucun argument sérieux ne permet de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Il est possible de discuter les chiffres et en particulier les valeurs de Δq (volume des échanges souterrains). Cependant des précautions ont été prises (cf. § 512), pour ne donner que des valeurs significatives et ceci avec leur marge d'erreur.

En tout état de cause on peut dire que les débits fournis par le bassin fermé du lac de l'Abbaye ne suffisent pas à expliquer le surplus d'eau enregistré dans le bassin de Chancia.

L'adjonction des pertes subies par les bassins de Foncine et Pont-de-Lemme permettent de "boucler le bilan". La géologie et les structures vont aussi dans le sens d'une unité hydrogéologique. Il n'est pas exclu que l'on ait affaire à un système plus compliqué mais l'état actuel des données ne permet guère d'aller plus loin dans cette voie.

7 - CONCLUSIONS GENERALES

L'étude du bassin de l'Ain, bien qu'assez sommaire compte tenu de l'ampleur du sujet, constitue une synthèse de données climatologiques, hydrologiques et hydrogéologiques.

La climatologie nous a permis une étude assez précise de la répartition et du volume des précipitations sur l'ensemble du bassin. Nous avons pu ainsi constater que, contrairement à d'autres régions, les hauteurs de précipitations étaient essentiellement liées à l'altitude, les autres facteurs (influences diverses, latitude, éléments météorologiques locaux ...) ayant une importance secondaire.

Un second volet de l'étude climatologique nous a permis une approche aussi précise que possible de la répartition et de la valeur de l'évapotranspiration grâce à des méthodes de calcul automatique. La marge d'erreur affectant cet élément a pu ainsi être réduite.

L'étude hydrologique nous a montré l'existence d'un réseau jeune, en pleine évolution.

Le régime général a été défini comme pluvio-nival océanique. Ce terme marque la prépondérance des précipitations pluvieuses sur les précipitations neigeuses et la dominance des influences océaniques.

Les tentatives de relations débit-surface ont été infructueuses du fait de l'importance des phénomènes karstiques.

La partie bilan des bassins versants et hydrogéologie a donné des résultats qualitatifs et quantitatifs intéressants.

Nous avons pu ainsi évaluer les pertes du bassin fermé du lac de l'Abbaye (environ 100 millions de m³/an) du haut bassin de la Saine (60 millions de m³/an) et du haut bassin de la Lemme (35 millions de m³/an).

La somme de ces pertes correspondant au surplus d'écoulement constaté dans le bassin de la Bienne à Chancia (surplus de 200 millions de m³/an) nous avons émis l'hypothèse de l'existence d'une unité hydrogéologique à trois exutoires formée par les hauts bassins de la Saine et de la Lemme, le bassin fermé du lac de l'Abbaye et le bassin de la Bienne.

Toutefois l'existence d'un réseau souterrain très évolué dans le haut bassin de l'Ain n'est reconnue que partiellement (percée lac de l'Abbaye - réseau de l'Enragé).

Enfin un tableau comparatif des différentes valeurs hydroclimatiques et caractéristiques du bassin de l'Ain et de bassins limitrophes (Valserine, Doubs) ou plus éloignés (Isère) a été dressé (cf. tab. 7).

Il montre une assez grande similitude entre le bassin de l'Ain et celui de la Valserine ce qui est logique vu l'identité de leur contexte climatique, géographique et géologique.

Comme on pouvait s'y attendre les différences avec le bassin de l'Isère sont assez grandes, les deux bassins étant peu comparables.

Enfin la comparaison avec les éléments du bassin du Doubs prête à quelques remarques. On pouvait s'attendre, pour deux bassins voisins situés dans un contexte identique, à de grandes ressemblances. Or il n'en n'est rien. Les éléments comparables (valeur des précipitations, débit à l'exutoire, déficit d'écoulement, gradients pluviométriques et thermiques) ont des valeurs assez différentes si on se rapporte aux superficies jaugées (cf. tab. 7). Les différences de latitude et de pluviosité sont pour une grande part responsables de ces écarts.

BASSIN DE L'AIN

Tableau comparatif de différentes valeurs hydroclimatiques du bassin de l'Ain et de bassins voisins

	DOUBS	VALSERINE	ISERE	AIN
Superficie du bassin jaugé en Km ²	6350	360	11 320	3640
Altitude moyenne du bassin en m	600	980	1 510	690
Température moyenne en °C	6	8	4,9	7,7
Valeur moyenne des précipitations en mm	1230	1725	1215	1590
Débit à l'exutoire en mm en 10 ⁶ m ³ /an	660 4200	1232 560	935 10590	1080 3940
Déficit d'écoulement assimilé à ETR sur l'ensemble du bassin en mm	570	490	280	510
Gradient pluviométrique en mm/m	0,66	0,85		0,83
Gradient thermique en °C/hm	0,48	0,55	0,50	0,65
Valeur de l'écoulement souterrain	Important	Important	Faible	Important
Prépondérance lithologique	calcaires fissurés	calcaires fissurés	roches imperméables	calcaires fissurés

B I B L I O G R A P H I E

ACTES DU COLLOQUE D'HYDROLOGIE EN PAYS CALCAIRE (1971)

Besançon les 8 et 9 Octobre 1971.

Extrait des annales scientifiques de l'Université de Besançon.
Géologie 3ème série fasc. 15 - 1971 348 P. pl. fig. tab.

**ANNUAIRE DES STATIONS DE JAUGEAGE EXPLOITEES PAR LES CIRCONSCRIPTIONS
ELECTRIQUES**

(Publication annuelle depuis 1961) Ministère de l'Industrie,
Paris, Imprimerie nationale).

ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA FRANCE

(Publication annuelle) Société hydrotechnique de France, 199
rue de Grenelle PARIS.

ATLAS DES EAUX SOUTERRAINES DE LA FRANCE (1970)

Datar - BRGM Editions BRGM PARIS.

ALABOUVETTE B. (1965)

Etude géologique de la région de St Laurent (JURA)
Thèse de 3ème cycle de géologie appliquée, Besançon.

AUBERT J. (1972)

Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région
d'Orgelet (Jura). Thèse de 3ème cycle Faculté des Sciences et
Techniques, Besançon.

AVIAS J. (1964)

Sur la méthodologie en hydrogéologie karstique. Mémoires du cen-
tre d'études et de recherches hydrogéologiques (CERH) Tome 1
Institut de géologie CERGA Montpellier.

AVIAS J. (1969)

Barrages en terrain karstique = l'exemple du barrage de Ceyrac
(Gard)

Revue de géographie des pays méditerranéens. Etude et travaux de
"Méditerranée" N° 7.

AVIAS J. (1972)

Important karst régions of the northern hemisphere. Reprinted from
KARST. Elsevier Publishing Company.

BERGER E. - CHAUSSARD M. - (1959)

Etude sur la répartition des précipitations dans le département
du Jura en fonction de l'altitude.

Revue de géographie alpine, Grenoble t 47 N° 1 p. 97 - 102

BONNET M. - DELAROZIERE - BOUILLIN O. - JUSSERAND C. - ROUX P. (1970)

Calcul automatique des bilans d'eau mensuels et annuels par
les méthodes de Thornthwaite et de Turc. BRGM 70 SGN 107 HYD.

BUSSE J.F. (1967)

Nappe alluviale de l'Ain. Note de synthèse sur les études de la
nappe alluviale de l'Ain.

Agence de Bassin Rhône - Méditerranée - Corse.

CAILLETEAU C. - CARTIER G. - DREYFUSS M. (1965)

Etude géologique et hydrogéologique du bassin fermé d'Orgelet
(39)

Terres et eaux t 18 N° 46 p 31 - 33.

CASTANY G. (1967)

Principe de l'établissement des bilans d'eau BRGM Bulletin N° 3
P 1 - 19 . 18 fig.

CASTANY G. (1968)

Prospection et exploitation des eaux souterraines
Paris, Dunod 717 p. Fig. réf.

CHABOT G. (1927)

Les plateaux du Jura Central.

Publications de la faculté des lettres de l'université de
Strasbourg fasc. 41. Paris société d'édition les belles lettres
327 p.

COLIN J. (1966)

Inventaire spéléologique de la France

I département du Jura

Fédération française de spéléologie. Editions du BRGM

COLLIN J.J. (1968-1969-1971)

Connaissance de l'hydrogéologie de la plaine Saône-Doubs

1ère partie : géologie

2ème partie : hydrogéologie

3ème partie : pollutions

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 68 SGL 067 HYD.

COLLIN J.J. - DREYFUSS M. - LIENHARDT G. (1964)

Recherche d'un magasin aquifère en domaine karstique
(premier plateau du Jura)

BRGM DSGR 64 A 43.

COLLIN J.J. - DREYFUSS M. - LIENHARDT G. (1965)

Connaissance de l'hydrogéologie du premier plateau du Jura ;
rapport N° 2. Deux études de coloration.

BRGM DSGR 65 A 73.

CORMARY Y. - JACQUET J. (1965)

L'étude du cycle de l'eau sur un bassin d'investigation.

La houille blanche N° 3 1965.

COUTAGNE A. (1939)

Contribution à l'étude de l'humidité de l'air et de l'évaporation en montagne.

Les études rhodaniennes. Revue de géographie régionale LYON.

DELAROZIERE O. (1968)

Contribution à l'étude du bassin du Doubs. Climatologie, hydrologie et déficit d'écoulement rapportés aux unités géologiques.

Thèse doctorat 3e cycle. Géodynamique université de Paris

Lyon BRGM SGR JURA ALPES 68 SGL 162 JAL

99 p, 7 fig. 85 p. Fig. annexes 11 pl. h. t.

DELAROZIERE - BOUILLIN O. (1969)

Contribution à l'étude des circulations karstiques par la méthode des bilans hydrologiques partiels.

BRGM SGR JURA-ALPES 69 SGL 123 HYD 16 p. 1 fig.

DELAROZIERE - BOUILLIN O. - MARGAT J. (1969 - 1970)

Etude sommaire de la distribution des ressources en eau souterraine de la France

- rapport N° 1 (1969)

Esquisse d'une méthode simplifiée pour évaluer et cartographier la distribution de l'écoulement souterrain et des réserves.

BRGM 69 SGL 294 HYD

- rapport N° 2 (1970)

Notice explicative de la carte du débit moyen des nappes d'eau souterraine de la France.

BRGM 70 SGN 299 HYD

DELAROZIERE - BOUILLIN O. - MARGAT J. (1971)

Adaptation des réseaux hydrométriques aux études hydrogéologiques - BRGM 71 SGN 305 HYD

DELAROZIERE - BOUILLIN O. (1971)

Utilisation comparée des formules de Thornthwaite, Turc mensuelle, Turc annuelle et Pennan pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle et de l'évapotranspiration réelle moyenne. Application au territoire français.

BRGM SGN 71 SGN 173 HYD 19 p. 6 fig.

DELAROZIERE - BOUILLIN O. - LABORDE J.P. - MARGAT J. (1971)

Calcul automatique de la distribution spatiale des modules d'écoulement total et d'écoulement souterrain dans un bassin versant. Programme FLØC

BRGM 71 SGN 085 HYD

DELFONTAINES P. - DELAMARRE M.J.B. (1964)

Atlas aérien de la France

Tome V Alsace - Vosges - Lorraine - Ardennes et Champagne - Morvan et Bourgogne - Jura.

Gallimard.

DE MARGERIE E. (1922 - 1936)

Le Jura. Mémoire pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France.

1ère partie (1922) : bibliographie sommaire du Jura français et suisse : 641 p.

2ème partie (1936) : commentaire de la carte structurale 1463 p.

DREYFUSS M. (1963)

Principe d'une méthode d'étude des réseaux karstiques par corrélation des débits.

Bulletin de la société d'histoire naturelle du Doubs.

N° 65 fasc. 3.4 p. 53 - 56

DREYFUSS M. - LIENHARDT G. - MAILLARY J.C. (1967)

Connaissance de l'hydrogéologie du premier plateau du Jura. Expérience de coloration à Montrond (Jura)

BRGM DSGR 67 A 68

DREYFUSS M. - DAVILA J. (1969)

Quelques conséquences hydrogéologiques et appliquées d'une comparaison des débits des rivières jurassiennes.
Annales scientifiques de l'Université de Besançon 3ème série
fasc 6 - 1969.

DROGUE C. (1967)

- Essai de détermination des composants de l'écoulement des sources karstiques. Evaluation de la capacité de rétention par chenaux et fissures.
- Etude des relations entre écoulements superficiels et écoulements souterrains dans le bassin du Vidourle (Gard)
BRGM chronique d'hydrogéologie N° 10 Mars 1967

ENAY R. (1966)

L'Oxfordien dans la moitié sud du Jura français.
Etude stratigraphique
Nouvelles archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon
fasc. VIII Tome I.

ENAY R. - MANGOLD C. - BERNIER - GAILLARD (1971)

Groupe français d'étude du Jurassique. Excursion dans le Jura méridional (1.2.3.4. Octobre 1971) Livret guide.

FLANDRIN J. ET PALOC H. (1969)

Contribution à la connaissance du réservoir aquifère de la Fontaine de Vaucluse. Résultat des études effectuées en 1967-1968. Note préliminaire.
BRGM 69 SGL 178 HYD

FORKASIEWICZ J. - PALOC H. (1965)

Le régime de tarissement de la Foux de la Vis étude préliminaire.
Commune de Vissec (Gard)
BRGM DS A 84 13 p. 43 Fig.

FOURNIER E. (1902)

Etude sur les sources, les résurgences et les nappes aquifères
du Jura Franc-Comtois.

Bulletin des services de la carte géologique de France.

N° 89 Tomme XIII

FOURNIER E. (1923)

Explorations souterraines en Franche-Comté. Les gouffres
Besançon imp. Jacques et Demontrand 212 p. Fig.

FOURNIER E. (1923)

Explorations souterraines en Franche-Comté. Grottes et
rivières souterraines.

Besançon imprimerie coopérative ouvrière 185 p.

FOURNIER E. (1924)

La recherche et le captage des eaux potables en Franche-Comté

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 hydrogéologiques 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.

FRACHON J.C. (1965)

Les réseaux de l'Enragé (Jura français) Une percée hydrologique de 21 km.

BOUEUX - Suisse N° 4 t 3 p. 5 10 1 Fig.

GACHON L. (1953)

L'hydrographie du Jura. Hydrographie karstique et hydrographie superficielle.

Bulletin de la Société d'histoire naturelle du Doubs
N° 57 p. 85 - 86.

GEVIN P. - LIENHARDT G. - MICHEL R. (1964)

Etat des principaux problèmes hydrogéologiques posés dans la zone de coordination de l'eau Rhône II

BRGM DSGR 64 A 23

GIGNOUX M. (1960)

Géologie stratigraphique.

Paris, Masson et Cie 750 p. Fig. tab.

GLANGEAUD L. (1949)

Les caractères structuraux du Jura

Bulletin de la société géologique de France

V° série Tome 19 p. 669-688

GOSSELIN M. (1964)

Les problèmes de l'eau dans la région Rhône II

Essai de synthèse des connaissances actuelles.

Comité technique de l'eau, rapport établi par le service de la navigation Rhône-Saône.

GRISOLLET H. - GUILMET B. - ARLERY R. (1962)

Climatologie. Méthodes et pratiques

Paris, Gauthier-Villars 404 p. 110 Fig.

GUILLOT P. - GRARD R. (1968)

La prévision des crues de l'Ain à Coiselet.

Bulletin de l'Association Internationale d'Hydrologie Scientifique XIII^e année N° 4 Déc. 1968 p. 107-123.

KRUMMENACHER R. (1970)

Géologie du bassin de la Valserine.

Thèse université de Genève dpt de géologie et paléontologie

KRUMMENACHER R. (1971)

Hydrogéologie du bassin de la Valserine.

Institut de géologie - Université de Genève

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.

MANGOLD C. (1971)

Stratigraphie des étages Bathonien et Callovien du Jura méridional.

Thèse présentée à l'Université de Lyon Claude Bernard.

MARGAT J. (1965)

Quelques recommandations pour l'établissement des bilans d'eau.

BRGM DS 65 A 25.

MARGAT J. (1966)

La cartographie hydrogéologique

BRGM DS 66 A 130.

MARTIN J.B. (1911)

Le Jura méridional.

Paris - Revue de géographie annuelle - imp. Ch. Delagrave 219 p.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AIN

OREAM Lyon Cabinet Ruby Octobre 1967 à Novembre 1969
Etude hydrogéologique de la basse vallée de l'Ain
5 notes et rapports.

MUGNIER C. - CHATELAIN G. (1969)

Les recherches hydrogéologiques sur la percée karstique lac
de l'Abbaye-résurgences de l'Enragé (21 km) et récente colo-
ration du spéléo-club salinois (Jura).
Annales de spéléologie t 24 N° 2 p. 299 - 316.

MUSSILON C. (1962)

Etude géologique de la région de Syam (Jura).
Thèse de 3° cycle Besançon.

OGERIEU (1865)

Histoire naturelle du Jura. Tome 1 géologie 987 p.
-1er fascicule : géographie physique, hydrographie, météoro-
logie, agriculture minérale, minéralogie, pétrologie et palé-
ontologie.
-2ème fascicule : géologie proprement dite.

PARDE M. (1925)

Le régime du Rhône étude hydrologique.
Thèse pour le doctorat présentée à la faculté des lettres de
l'université de Grenoble.
- première partie : étude générale.
- deuxième partie : genèse des crues.

PARDE M. (1933)

Fleuves et rivières.
Paris Armand Colin 223 p. 18 graphiques et cartes

PALOC H. (1965)

Colloque du Dubrovnik sur l'hydrologie des roches fissurées.
Compte rendu.
BRGM chronique d'hydrogéologie N° 8 Déc. 1965.

PEGUY C.P. (1970)

Précis de climatologie

Paris, Masson, 444 p. 119 Fig. 20 tab.

POGGI A. (1965)

L'évolution de la neige déposée à moyenne altitude.

La houille blanche n° 4 et 5 1965.

QUANTIN A. (1958)

Le climat du Jura.

Bulletin de la société botanique de France t 105 p. 8-11

RAMBERT B. (1971)

Application de l'analyse des hydrogrammes des cours d'eau
à l'évaluation de l'écoulement souterrain.

Rapport préliminaire BRGM 71 SGN 389 HYD

REMENIERAS G. (1965)

Hydrologie de l'ingénieur.

Paris, Eyrolles 415 p. Fig. graph. tab.

RICOUR J. - LIENHARDT M.J. (1965)

L'eau et l'économie moderne.

BRGM DSGR 65 B7

ROCHE M. (1963)

Hydrologie de surface.

Paris, Gauthier-Villars 430 p. Fig. tabl.

SANSON J. (1961)

Recueil de données statistiques relatives à la climatologie
de la France.

Mémorial de la météorologie nationale N° 30

Paris, météo nationale 1945 148 p. tab. 1 carte.

SCHOELLER H. (1962)

Les eaux souterraines.

Hydrologie dynamique et chimique. Recherche exploitation et évaluation des ressources.

Paris, Masson et Cie. 643 p. 187 fig. tabl.

TAULELLE M. (1966)

Etude géologique de la région d'Arinthod (Jura). Besançon.

Thèse de 3° cycle géologie appliquée.

TRAUTSOLT I. (1969)

Recherches sur les climats du Jura français.

Annales de géographie 1969 n° 428 Juillet Août p. 405-434

TRICART J. HIRSCH F. (1960)

Relations entre le débit et la superficie des bassins fluviaux.

Annales de géographie n° 375 p. 449 - 461.

TROMBE F. (1950)

Les eaux souterraines.

Collection "que sais-je" presses universitaires de France.

VACHER J.P. (1971)

Contribution à l'étude hydrologique du bassin de l'Isère.

Thèse de 3° cycle hydrogéologie Université de Bordeaux I.

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.

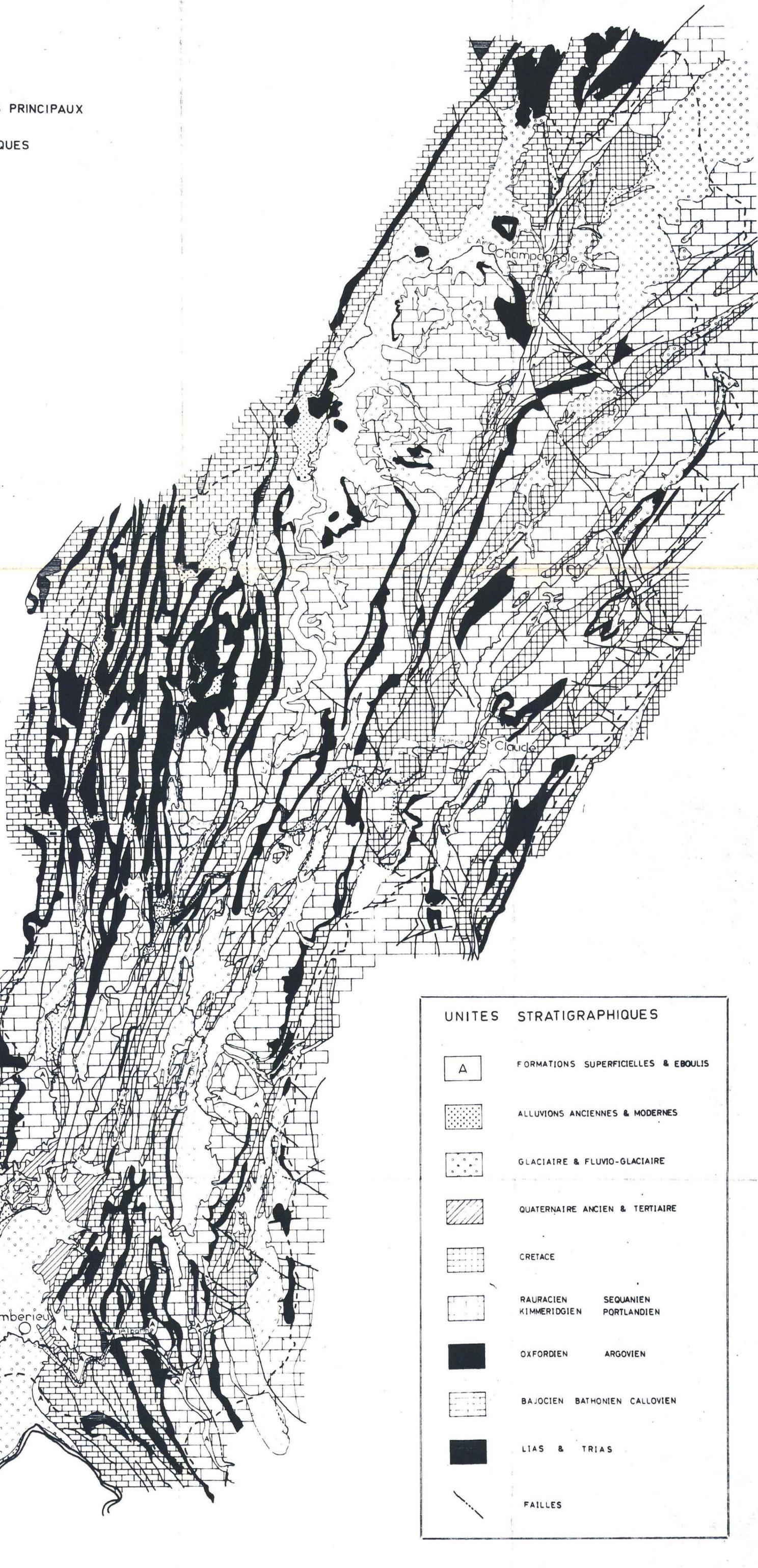
Annales scientifiques de l'université de Besançon 3° série fasc. 2.

BASSIN DE L'AIN

CARTE SCHEMATIQUE DES PRINCIPAUX ENSEMBLES LITHOLOGIQUES

Echelle 1/200 000

0 km 5 km 10 km



UNITES STRATIGRAPHIQUES

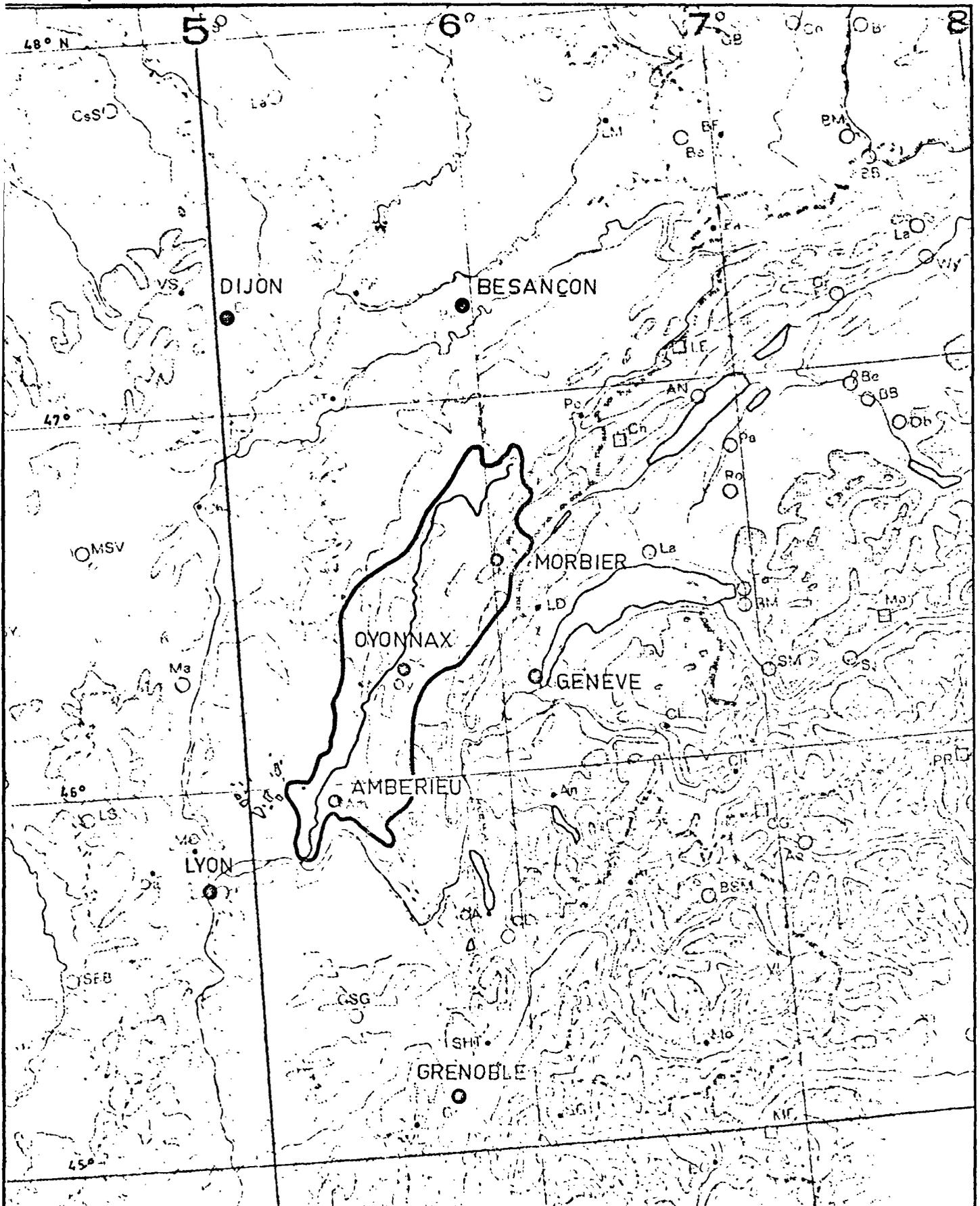
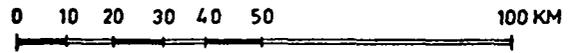
-  FORMATIONS SUPERFICIELLES & EBOULIS
-  ALLUVIONS ANCIENNES & MODERNES
-  GLACIAIRE & FLUVIO-GLACIAIRE
-  QUATERNAIRE ANCIEN & TERTIAIRE
-  CRETACE
-  RAURACIEN SEQUANIEN
KIMMERIDGIEN PORTLANDIEN
-  OXFORDIEN ARGOVIEN
-  BAJOCIEN BATHONIEN CALLOVIEN
-  LIAS & TRIAS
-  FAILLES

- ANNEXES -
=====

CONTRIBUTION A L'ETUDE CLIMATOLOGIQUE
HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN DE L'AIN



BASSIN VERSANT DE L'AIN



BASSIN DE L'AIN AU 1/200 000

<u>Cartes IGN</u>	<u>Numéros IGN</u>
BESANCON	42
ANNECY-GENEVE	48
GRENOBLE	54
MACON	47

Cartes Michelin : nos 70 et 74

BASSIN DE L'AIN AU 1/100 000

	<u>Numéros IGN</u>
LONS LE SAUNIER	O 13
SAINT AMOUR	O 14
BOURG-EN-BRESSE	O 15
BELLEY	O 16
PONTARLIER	P 13
SAINT-CLAUDE	P 14

BASSIN DE L'AIN CARTES TOPOGRAPHIQUES AU 1/50 000

Nom	Numéros IGN	Numéros BRGM
SAINT-AMOUR	XXXI 28	626
BOURG-EN-BRESSE	29	651
AMBERIEU-EN-BUGEY	30	675
MONTLUEL	31	699
LONS-LE-SAUNIER	XXXII 26	581
ORGELET	27	604
MOIRANS-EN-MONTAGNE	28	627
NANTUA	29	652
SAINT-RAMBERT	30	676
BELLEY	31	700
SALINS-LES-BAINS	XXXII 25	556
CHAMPAGNOLE	26	582
MOREZ - BOIS D'AMONT	XXXIII - XXXIV 27	605 - 606
SAINT-CLAUDE	XXXIII 28	628
PONTARLIER	XXXIV 25	597
MOUTHE	26	583

BASSIN DE L'AIN CARTES GEOLOGIQUES

1/80 000

	138 LONS-LE-SAUNIER	139 PONTARLIER
	149 SAINT-CLAUDE	
159 BOURG EN BRESSE	160 NANTUA	
168 LYON	169 CHAMBERY	

1/50 000

	556 SALINS	557 PONTARLIER
581 LONS-LE-SAUNIER	582 CHAMPAGNOLE	583 MOUTHE
	605/606 MOREZ-BOIS D'AMONT	
627 MOIRANS	628 ST-CLAUDE	

BASSIN DE L'AIN CARTES DIVERSES

Cartes géologiques au 1/320 000

DIJON N° 19

LYON N° 23

Cartes de la chimie des eaux au 1/100 000

BOURG

BELLEY

Carte spéléologique du Jura au 1/200 000 B.R.G.M. FFS

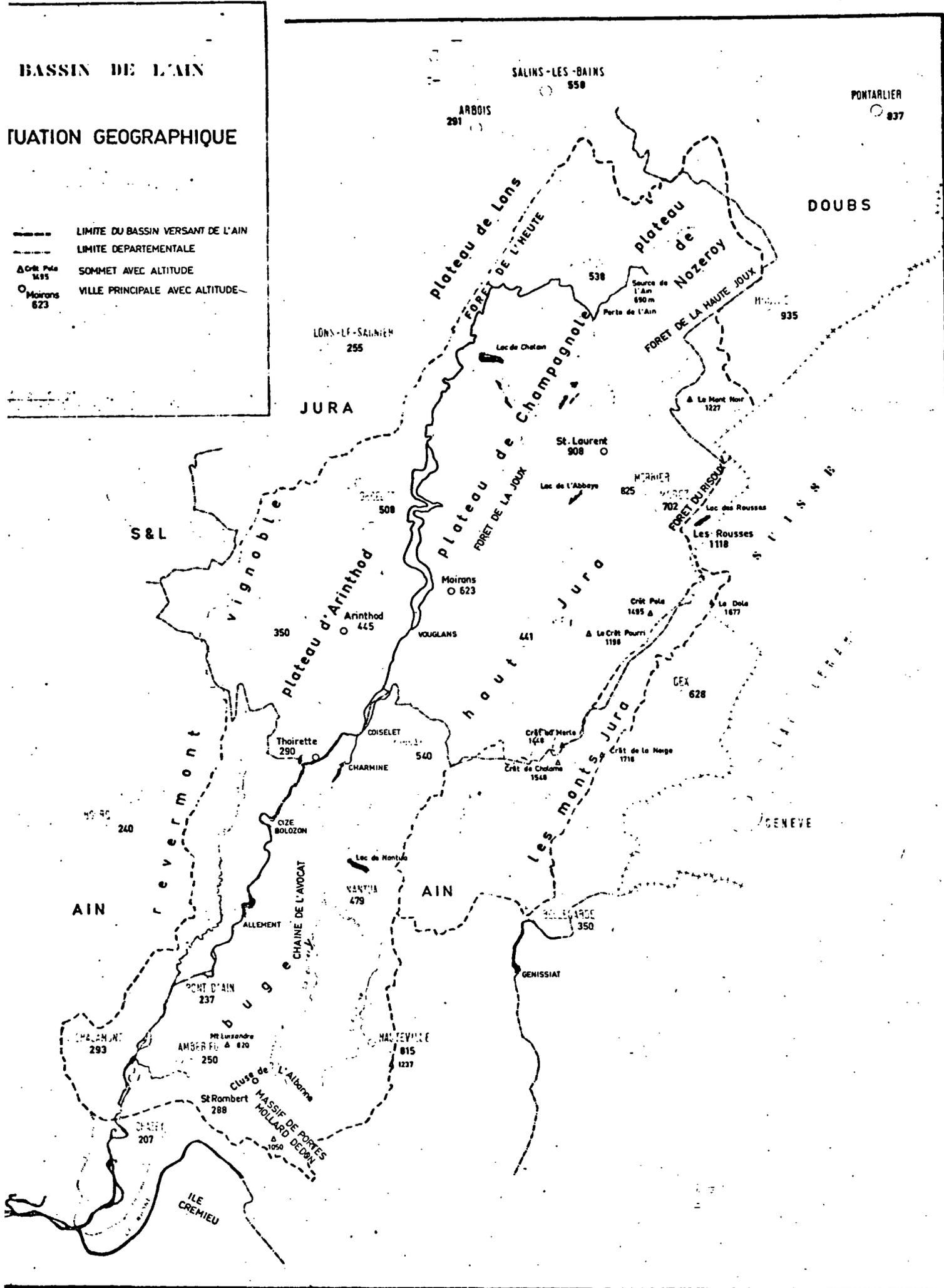
Cartes de végétation au 1/50 000

BELLEY

BASSIN DE L'AIN

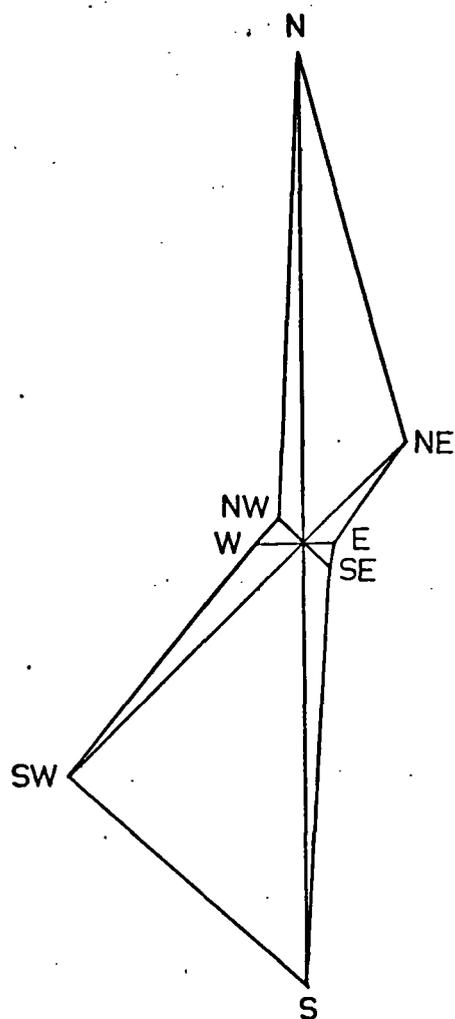
SITUATION GEOGRAPHIQUE

-  LIMITE DU BASSIN VERSANT DE L'AIN
-  LIMITE DEPARTEMENTALE
-  SOMMET AVEC ALTITUDE
-  VILLE PRINCIPALE AVEC ALTITUDE

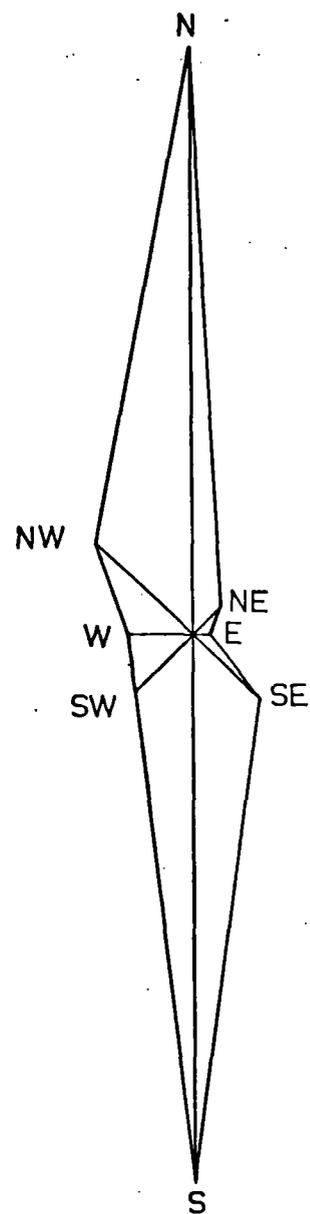


BASSIN DE L'AIN

FREQUENCE POUR 1000 DES DIRECTIONS DU VENT (CALMES EXCLUS) - OBSERVATIONS QUOTIDIENNES TRIHORAIRES



AMBERIEU
5 années



BOURG-EN-BRESSE
1926-1939

DEPARTEMENT: JURA

FICHE PLUVIOMETRIQUE. PRECIPITATIONS

STATION : MORBIER (Les Marais)

MOYENNES MENSUELLES EN mm A

PARTIR DES RELEVES JOURNALIERS

Altitude: 928 m

MOIS Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE	MOIS MOYEN	an. hydro 1 oct 30 sept
1963	91,1	127,9	253,4	145,8	177,5	316,8	86,2	373,9	88,1	9,71	343,8	8,6	2109,9	175,8	2064,0
1964	43,7	69,7	224,1	137,9	136,2	65,3	68,5	8,83	119,1	242,0	100,3	53,1	1348,2	112,3	1402,3
1965	181,9	49,2	265,1	245,6	239,4	97,3	283,9	164,2	317,6	56,2	296,5	464,1	2661,5	221,8	2240,1
1966	221,0	233,7	188,2	185,3	190,6	111,4	130,9	206,2	75,5	89,3	176,7	414,5	2323,4	193,6	2359,6
1967	111,9	156,7	202,5	63,7	298,1	91,7	79,5	180,0	202,2	171,9	259,9	213,3	2031,4	169,3	2166,8
	649,6	637,2	1133,3	778,3	1041,8	683,0	649,0	1012,6	802,5	756,5	1177,2	1152,6	10474,3	872,8	10229,7
	129,9	127,4	226,6	155,6	208,3	136,6	129,8	202,5	160,5	151,3	235,4	230,7	2094,8	174,5	2050,5

OCTOBRE
1962 : 56,5
1967 : 171,9

NOVEMBRE
63,6
259,9

DECEMBRE
303,2 = + 423,3
213,3 = - 645,1

221,8 : 5 → -44,3

↑ Année civile
moyenne
↑
2,1 %
↓
2050,5 Année hydrologique moyenne

BASSIN DE L'AIN : PRÉCIPITATIONS ET TEMPERATURES MOYENNES INTERANNUELLES

STATIONS	Altitude en m	Précipitations moyennes 56-57 31-60	Précipitations moyennes 63-67	Températures moyennes 63-67
AIN				
AMBERIEU EN BUGEY	253	1167 1099	1159	10,4
BOUR EN BRESSE	240	1033	1072	10,4
CHANAY	480	964	(1330)	(9,7)
CHATILLON				
LA PALUD	230		1117	
GEVRIEUX				
CHEZERY FORENS	582	1933	1986	
FERNEY VOTAIRE	450		934	
GIRON	980		1639	
LE GRAND				
ABERGEMENT	810		(1636)	
HAUTEVILLE				
LOMPNES	820	1543	1545	7,0
IZERNORE				
(LES TRABLETTES)	430	1499	1517	9,1
LABALME	596		1460	
MIJOUX	986	1770	(1916)	
MONTAGNIEU (LES GRANGES)	220		758	10,6

STATIONS	Altitude en m	Précipitations moyennes 1956 - 1967 1931 - 1960	Précipitations moyennes 1963 - 1967	Températures 1963 - 1967
MORNAY (Nurieux) (Gravière)	450	1489	1545	
NANTUA	479	1369	1448	
NEUVILLE/AIN (La Cruz)	270	1203	1169	
SALAVRE	210	1199	1245	
TENAY	250	1487 1562	1408	
TREFFORT	250		1110	
VILLEREVERSURE	300	1250	1278	9,7
VIRIEU-LE-GRAND	284	1356	1346	10,4
<u>JURA</u>				
ARBOIS	291	1241 1290	1183	
ARINTHOD	494	14431	1527	
BEAUFORT	250	1018	1055	
BELLEFONTAINE (Béqui)	1028	2096	2220	6,3
BESAIN (MF-Les-Tilleuls)	535	1564	1640	8,4

STATIONS	Altitude en m	Précipitations 1963. - 1967	Précipitations 1956 - 1967 1931 - 1960	Températures 1963 - 1937
BOURG-DE-SIROD	540	(1796)		
CERNON (Chartreuse de Vaucluse)	350	1433		
CHARCIER	521	(1416)		
CHATEL DE JOUX	760	1949	1880	
CLAIRVAUX LES LACS	541	1653	1609 - 1517	9,4
CRANCOT	510	1433	1343	
CRESSIA (La Combe)	511	(1254)	(1132)	
DOMBLANS	230	1189	1107	
LE FRASNOIS (Nid des Merles)	800	1808	1808	
FONTENY (sanatorium)	670	1548	1485	
LAMOURA	1156	2047	2038	5,0
LONS-LE-SAUNIER	250	1143	1195 - 1235	10,7
MARIGNY-CHALAIN	464	1537	1517 - 1461	
MIGNOVILLARD	870	1833	1786	
MORBIER (Les Marais)	928	2095	1982	5,4

STATIONS	Altitudes en m	Précipitations moyennes 1956 - 1967 1931 - 1960	Précipitations moyennes 1963 - 1967	Températures moyennes 1963 - 1967
POLIGNY	322	1200	1218	
LES ROUSSES	1115	1936 1890	1990	
SALINS LES BAINS	350	1346	1402	
ST AMOUR	245	1154	1198	
ST CLAUDE (Etables)	410	1600	1659	9,7
ST JULIEN/SURAN	460	1374	1450	
ST LAURENT EN GRANDVAUX	910	1675 1659	1700	
SUPT (Mf le Chevreuil)	725	1818 1833	1805	7,5
LEZAT (gare)	705		(2196)	
THOIRETTE	330		1447	
VESCLES	357	1533	1567	9,7
CERNON (usine de St Mortier)		1492		
<u>Niopluiomètres totalisateurs du Jura</u>				
LE MASSACRE	1390	2515	2663	
LE RISOUX	1195	2162	2251	

STATIONS	Altitude en m	Précipitations moyennes 1956 - 1967 1931 - 1960	Précipitations moyennes 1963 - 1967	Températures moyennes 1963 - 1967
<u>DOUBS</u>				
GRANGES ST MARIE	851	1445	1509	
JOUGNE	1000	1487	1574	
LEVIER	720		(1591)	
MOUTHE	935	1828	1790	5,6
VILLENEUVE D'AMONT	700	1488	1619	

NB : Les nombres indiqués entre parenthèses sont des valeurs obtenues à partir de chiffres partiellement extrapolés

BASSIN DE L'AIN

Précipitations mensuelles (1963 - 1967)
Moyennes. Maximums. Minimums. Coefficients
pluviométriques relatifs.

MOIS	MOYENNE	MAXIMUM	ANNEE	MINIMUM	ANNEE	COEFFICIENTS PLUVIO
<u>AMBERIEU</u>						
<u>253</u> m						
J	82	122	1965	45	1964	0,85
F	75	116	1966	24	1965	0,77
M	123	177	1964	62	1966	1,27
A	95	131	1968	<u>19</u>	1967	0,98
M	103	142	1965	71	1963	1,06
J	86	180	1963	46	1965	0,89
J	73	153	1965	29	1967	0,75
A	100	207	1963	45	1966	1,03
S	114	<u>284</u>	1965	25	1966	1,18
O	81	154	1966	27	1965	0,84
N	141	195	1967	33	1963	1,45
D	87	199	1965	53	1964	0,90
Année	1159					

MOIS	MOYENNE	MAXIMUM	ANNEE	MINIMUM	ANNEE	COEFFICIENT PLUVIO
VILLERVER- SURE 300 m						
J	70	125	65	40	64	0,66
F	85	178	66	33	65	0,88
M	124	185	64	54	67	1,17
A	105	153	63	15	67	0,99
M	111	174	65	66	64	1,05
J	104	218	63	61	65	0,98
J	78	174	65	29	64	0,74
A	122	211	63	69	64	1,15
S	140	<u>303</u>	65	71	64	1,32
O	88	165	66	39	63	0,83
N	149	219	63	39	64	1,40
D	103	225	65	<u>9</u>	63	0,97
Année	1278					

MOIS	MOYENNE	MAXIMUM	ANNEE	MINIMUM	ANNEE	COEFFICIENT PLUVIO
<u>VENAY</u> 150 m						
J	99	152	65	48	64	0,85
F	94	138	67	30	65	0,80
M	161	220	64	64	66	1,38
A	108	161	65	39	67	0,92
M	112	212	67	67	63	0,96
J	80	160	63	40	66	0,68
J	75	156	65	31	64	0,64
A	132	282	63	75	66	1,13
S	129	298	65	24	66	1,10
O	97	163	64	25	65	0,83
N	192	296	63	43	64	1,64
D	130	<u>309</u>	65	<u>9</u>	63	1,11
Année	1408					

<u>HAUTE- VILLE</u> 820 m	MOYENNE	MAXIMUM	ANNEE	MINIMUM	ANNEE	COEFFICIENT PLUVIO
J	96	147	66	41	64	0,74
F	107	143	67	26	65	0,83
M	166	214	65	103	66	1,29
A	115	152	65	48	67	0,89
M	123	209	67	72	64	0,95
J	107	225	63	51	67	0,83
J	97	174	65	34	64	0,75
A	140	301	63	77	64	1,09
S	140	330	65	30	66	1,09
O	102	164	64	45	65	0,79
N	188	288	63	45	64	1,46
D	164	<u>355</u>	65	<u>10</u>	63	1,27
Année	1545					

MOIS	MOYENNE	MAXIMUM	ANNEE	MINIMUM	ANNEE	COEFFICIENT PLUVIO
<u>F CLAUDE</u>						
410 m						
J	105	160	66	54	64	0,76
F	96	177	66	41	64	0,70
M	154	210	65	110	63	1,12
A	118	151	66	75	67	0,86
M	159	227	67	77	64	1,15
J	131	179	63	74	64	0,95
J	112	254	65	81	67	0,81
A	168	342	63	78	64	1,22
S	149	325	65	54	66	1,08
O	107	154	66	45	65	0,78
N	183	263	63	58	64	1,33
D	177	<u>374</u>	65	<u>4</u>	63	1,28
Année	1659					

<u>LAIRVAUX</u>						
ES LACS 541 m						
J	106	159	65	53	64	0,77
F	101	186	66	44	65	0,73
M	154	203	65	122	66	1,12
A	121	165	65	66	67	0,88
M	169	255	67	68	64	1,22
J	117	294	63	61	64	0,85
J	105	263	65	21	64	0,76
A	166	291	63	72	64	1,20
S	136	275	65	53	63	0,99
O	108	174	66	42	65	0,78
N	197	<u>328</u>	63	61	64	1,43
D	173	324	66	<u>5</u>	63	1,25
Année	1653					

MOIS	MOYENNE	MAXIMUM	ANNEE	MINIMUM	ANNEE	COEFFICIENT PLUVIO
<u>LEFONTAINE</u>						
1028						
J	141	227	67	53	64	0,76
F	139	267	66	65	64	0,75
M	226	287	65	195	66	1,22
A	165	241	65	81	67	0,89
M	211	296	67	138	64	1,14
J	159	400	63	79	67	0,86
J	136	293	65	78	64	0,74
A	221	452	63	100	64	1,19
S	180	372	65	80	66	0,97
O	146	239	64	60	65	0,79
N	248	359	63	106	64	1,34
D	249	<u>504</u>	65	<u>8</u>	63	1,35
Année	2220					

<u>MOURA</u>						
56						
J	121	189	66	57	64	0,71
F	132	239	66	53	65	0,77
M	201	242	65	162	66	1,18
A	170	257	65	77	67	1,00
M	201	284	67	152	64	1,18
J	140	296	63	85	64	0,83
J	117	269	65	38	64	0,68
A	204	428	63	88	64	1,19
S	172	338	65	59	66	1,01
O	143	235	64	51	65	0,84
N	230	369	63	88	64	1,35
D	215	<u>454</u>	65	<u>5</u>	63	1,26
Année	2047					

MOIS	MOYENNE	MAXIMUM	ANNEE	MINIMUM	ANNEE	COEFFICIENT PLUVIO
<u>ESAIN</u>						
35 m						
J	102	162	65	54	64	0,74
F	103	236	66	42	64	0,75
M	155	237	65	116	66	1,13
A	115	174	65	97	64	0,84
M	159	213	67	120	636	1,16
J	115	288	63	34	64	0,84
J	95	221	65	15	64	0,69
A	156	280	63	75	64	1,13
S	139	267	65	79	63	1,01
O	102	156	64	52	65	0,74
N	200	342	65	72	64	1,46
D	200	<u>504</u>	65	<u>7</u>	63	1,46
Année	1640					

<u>UPT</u>						
25 m						
J	117	103	66	60	64	0,77
F	118	213	66	52	64	0,79
M	180	266	65	147	67	1,20
A	135	206	65	61	67	0,90
M	169	202	67	124	63	1,12
J	141	315	63	38	67	0,94
J	96	210	65	31	64	0,64
A	182	344	65	101	64	1,21
S	154	279	65	85	64	1,03
O	112	167	66	50	65	0,75
N	203	302	63	97	64	1,35
D	200	<u>384</u>	65	<u>7</u>	63	1,33
Année	1805					

Tab 33241

BASSIN DE L'AIN 1963 - 1967

Coefficients pluviométriques mensuels.

Classement par ordre croissant pour 10 stations caractéristiques

1 < | > 1

TENAY

JUIL JUILN FEV OCT JANV AVRIL MAI | SEPT DECEMB AOUTE MARS NOV

HAUTEVILLE

JANV JUIL OCT FEV = JUIN AVRIL MAI | AOUT = SEPT DEC MARS NOV

BESAIN

JUIL OCT = JAN FEV AVRIL = JUIN | SEPT AOUT = MARS MAIS NOV = DECEMBRE

SUPT

JUIL OCT JANV FEV AVRIL JUIN | SEPT MAI MARS AOUT DECEMB NOV

ST CLAUDE

FEV JANV OCT JUIL AVRIL JUIN | SEPT MARS MAI AOUT MAI DECEMB NOV

CLAIRVAUX

FEV JUIL JANV OCT JUIN AVRIL SEPT | MARS AOUT MAI DECEMB NOV

BELLEFONTAINE

JUIL FEV JANV OCT JUIN AVRIL SEPT | MAI AOUT MARS NOV DECEMBRE

LAMOURA

JUIL JANV FEV JUIN OCT | AVRIL SEPT MARS = MAI AOUT DECEMB NOV

AMBERIEU

JUILL FEV OCT JANV JUIN DEC AVRIL | AOUT MAI SEPT MARS NOV

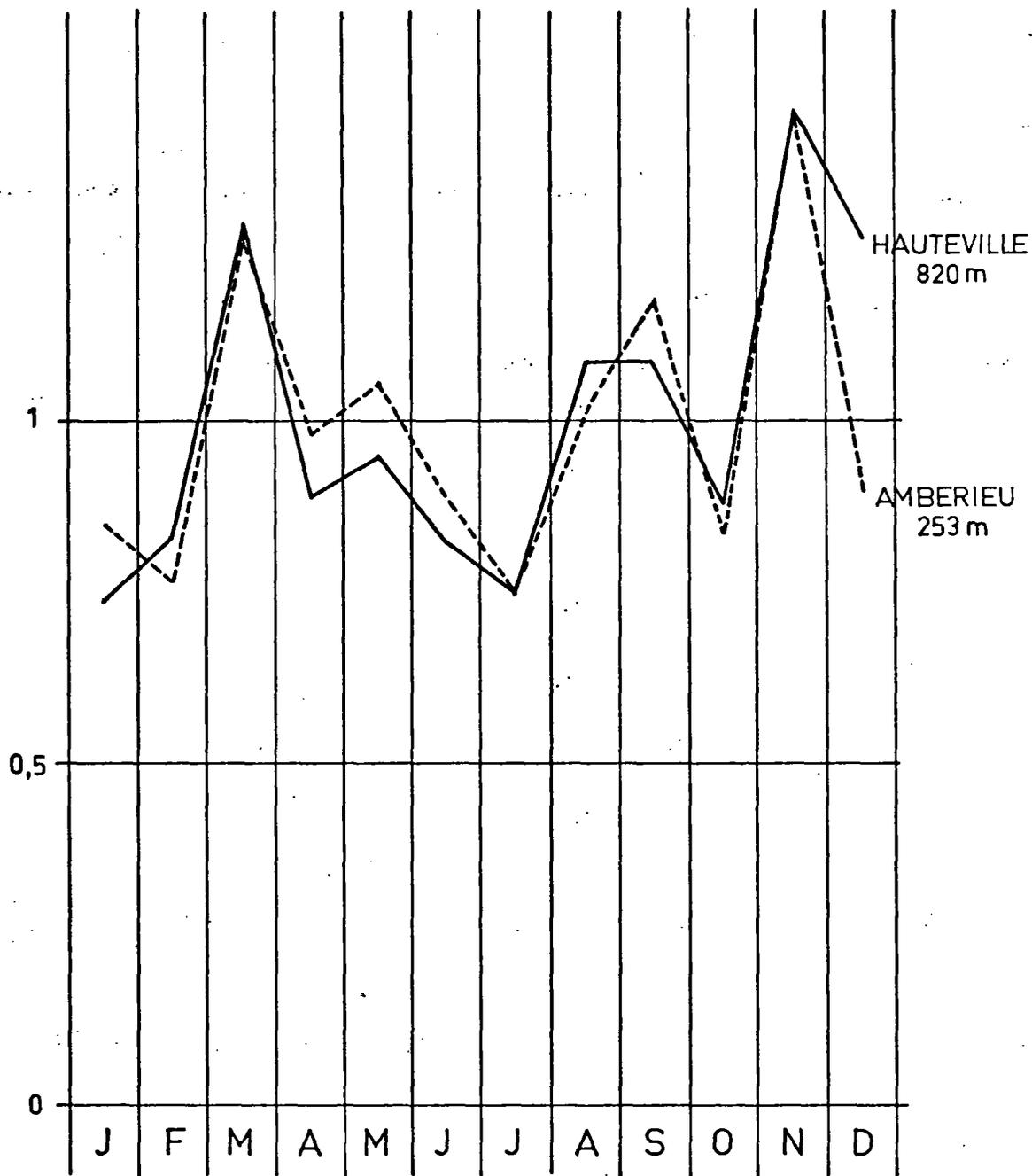
VILLEREVERSURE

JANV JUIL FEV OCT DEC JUIN AVRIL | MAI AOUT MARS SEPT NOV

BASSIN DE L'AIN

COEFFICIENTS PLUVIOMETRIQUES RELATIFS

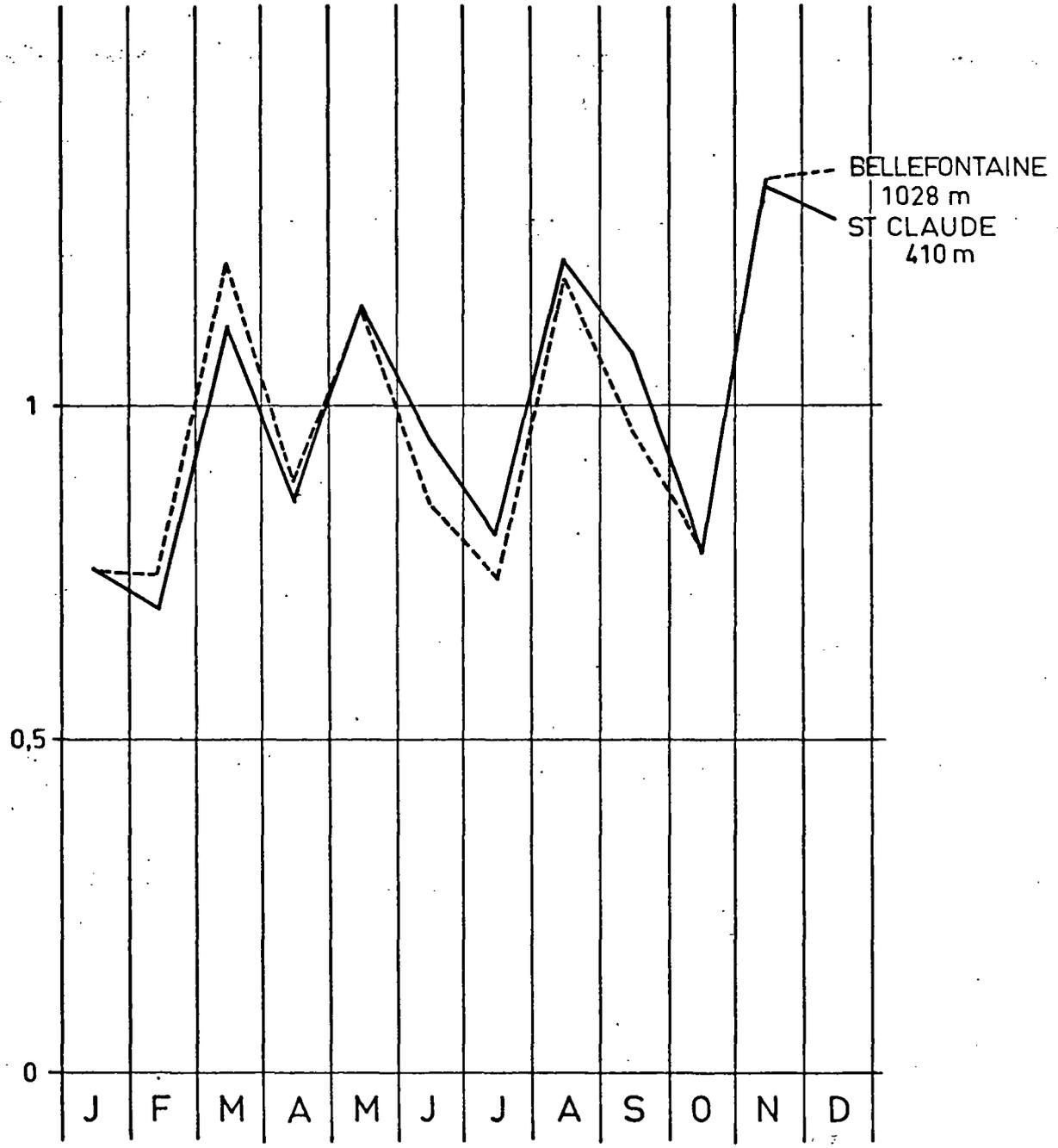
EVOLUTION MENSUELLE DES PRECIPITATIONS
DE DEUX STATIONS SITUEES AU SUD DU BASSIN



BASSIN DE L'AIN

COEFFICIENTS PLUVIOMETRIQUES RELATIFS

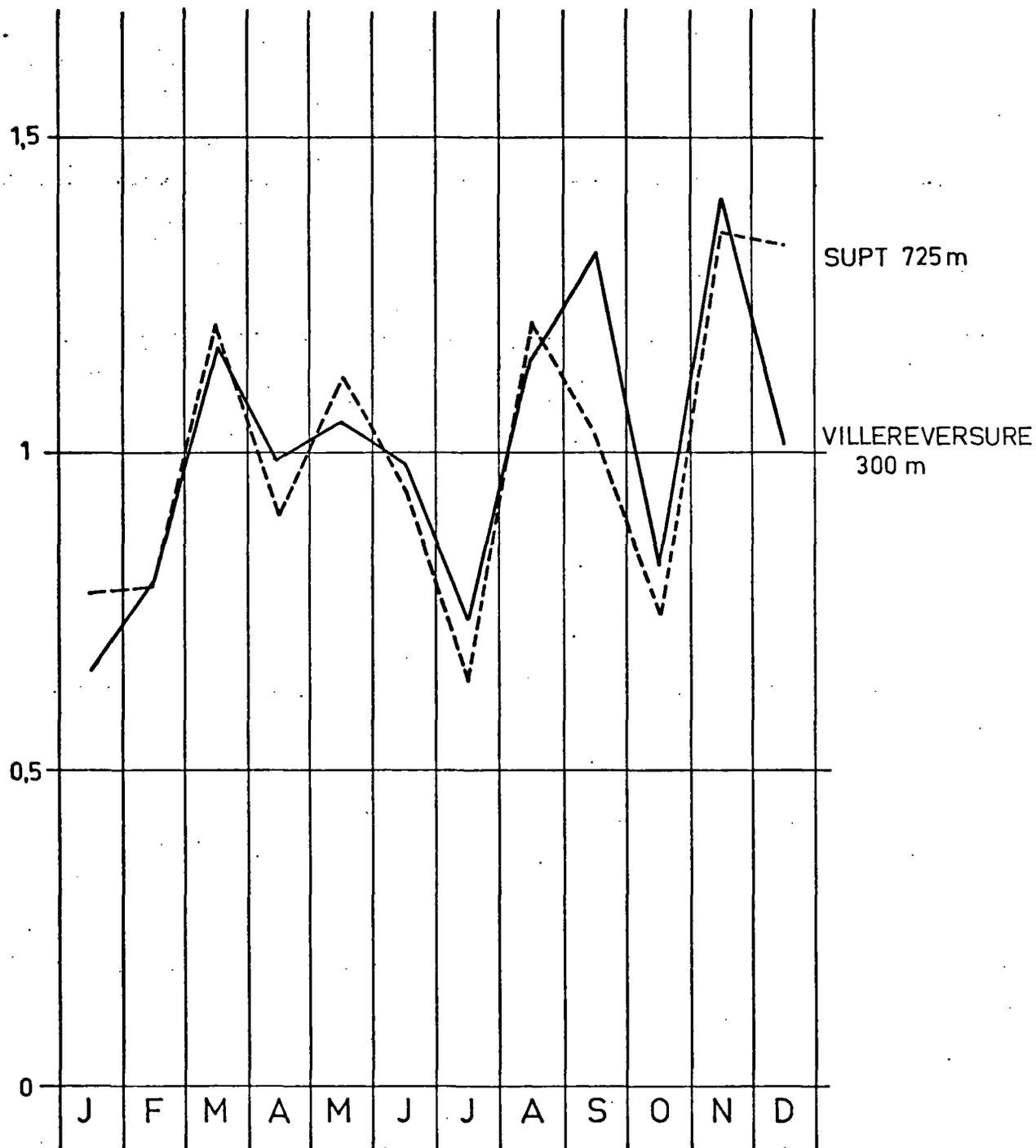
EVOLUTION MENSUELLE DES PRECIPITATIONS
DE DEUX STATIONS SITUEES AU N.E. DU BASSIN



BASSIN DE L'AIN

COEFFICIENTS PLUVIOMETRIQUES RELATIFS

EVOLUTION MENSUELLE DES PRECIPITATIONS
D'UNE STATION SITUEE AU NORD (Supt) ET
D'UNE AUTRE AU SUD-OUEST (Villereversure)



DEPARTEMENT: JURA

FICHE Nombre de jours de précipitations :

STATION : SAINT CLAUDE (Etables)

totales

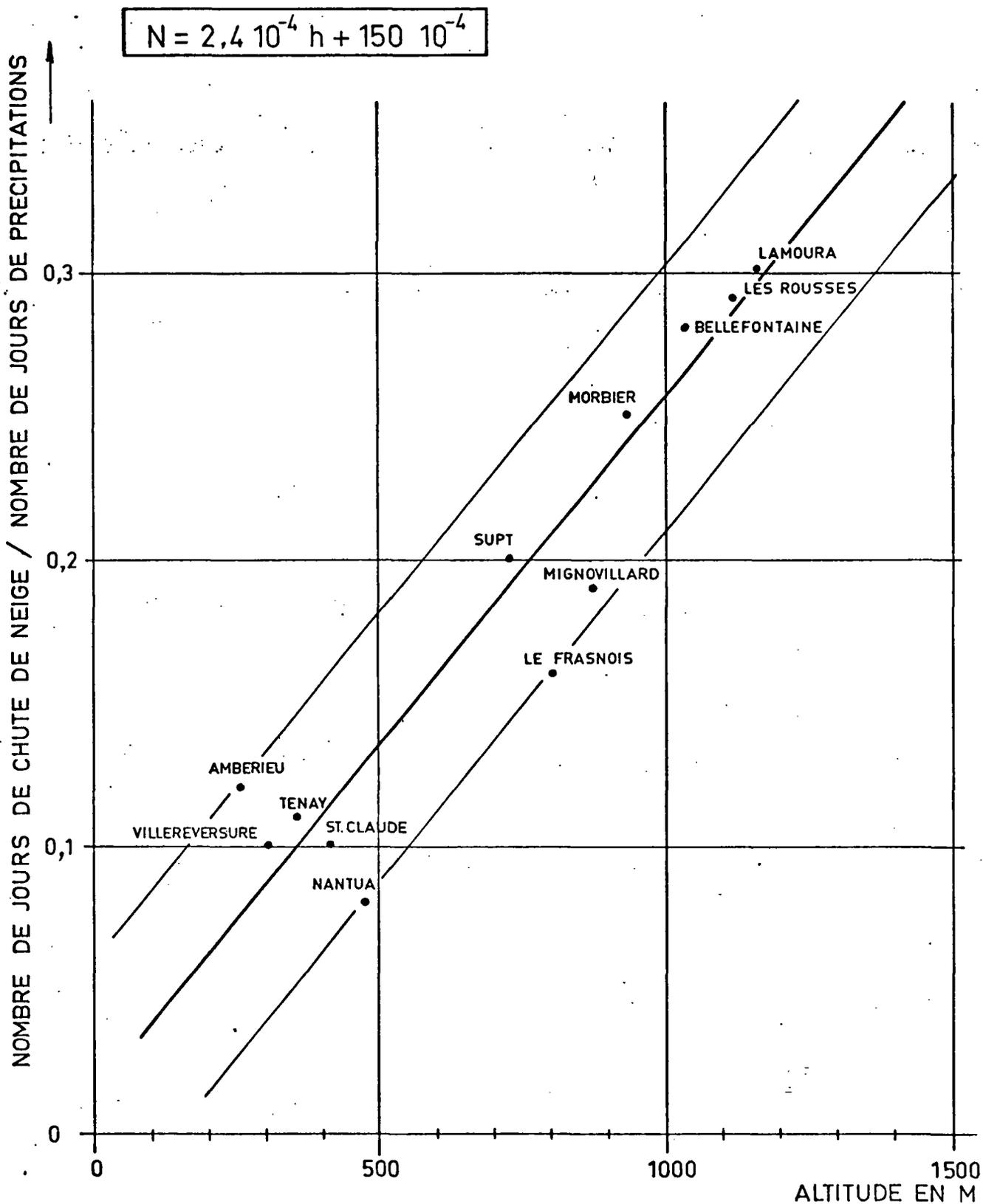
neigeuses

Altitude: 410 m

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Σ	Σ /12	n/N
1963	14 6	13 5	17 2	15 0	16 0	24 0	6 0	19 0	15	7 0	18 0	2 1	166 14	14 1	0,08
1964	6 5	7 0	19 1	14 0	15 0	12 0	6 0	9 0	9	13 0	10 2	11 5	131 13	11 1	0,10
1965	19 7	6 4	15 3	21 0	17 0	12 0	18 0	16 0	19	8 0	26 4	24 3	201 21	16 2	0,10
1966	15 4	16 0	15 6	18 0	13 0	12 0	15 0	14 0	8	14 0	16 8	22 8	178 26	15 2	0,15
1967	12 3	10 0	17 0	7 0	18 0	11 0	8 0	11 0	15	9 0	14 2	12 6	144 11	12 1	0,08
Σ	66 25	52 9	83 12	75 0	79 0	71 0	53 0	69 0	66	51 0	84 16	71 23	820 85	68 7	
Σ /5	13 5	10 2	16 5	15 0	16 0	14 0	10 0	14 0	13	10 0	17 3	14 5	164 17	14 1	0,10

BASSIN DE L'AIN

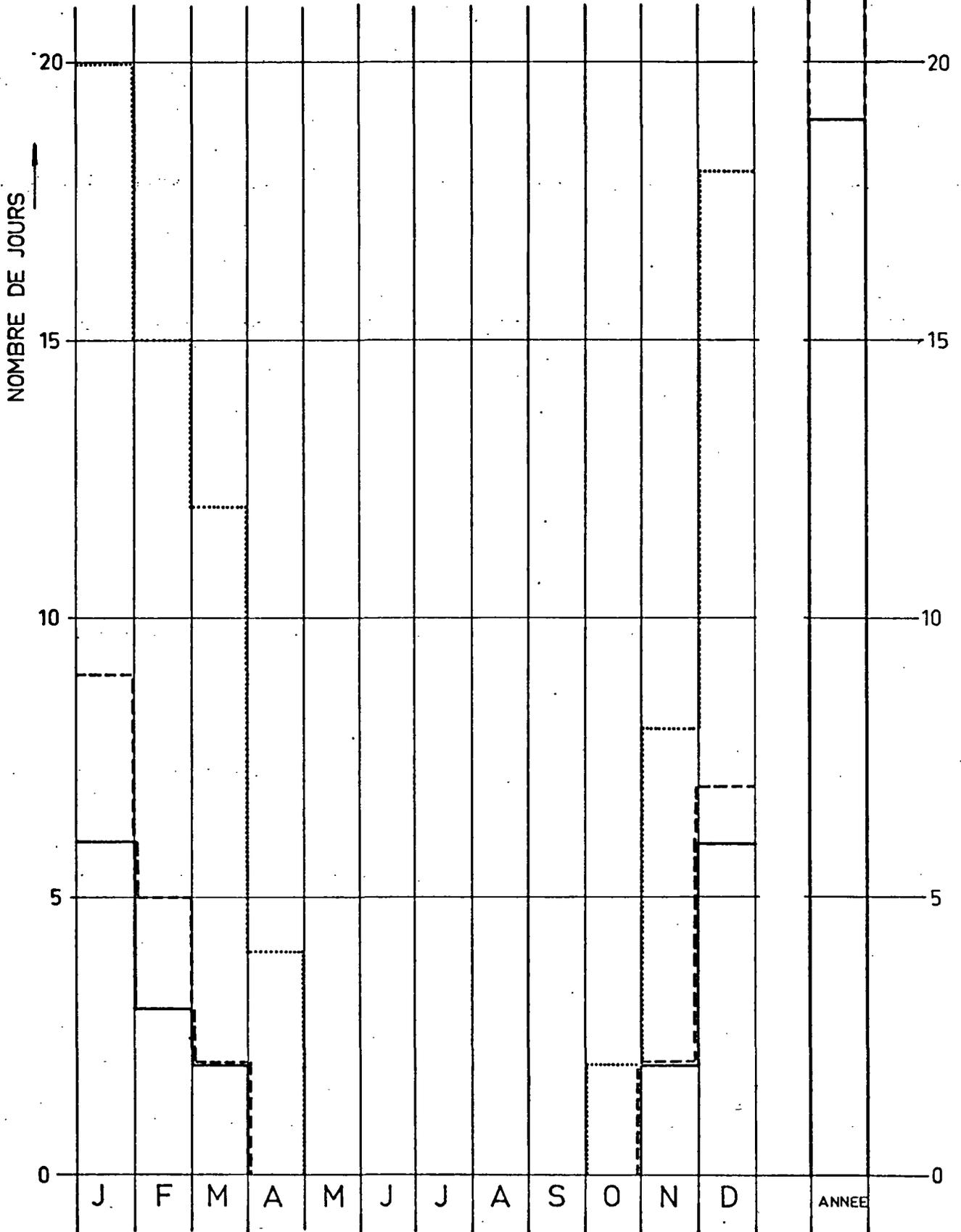
COEFFICIENT DE NIVOSITE EN FONCTION DE L'ALTITUDE



BASSIN DE L'AIN

AMBERIEU-63-67

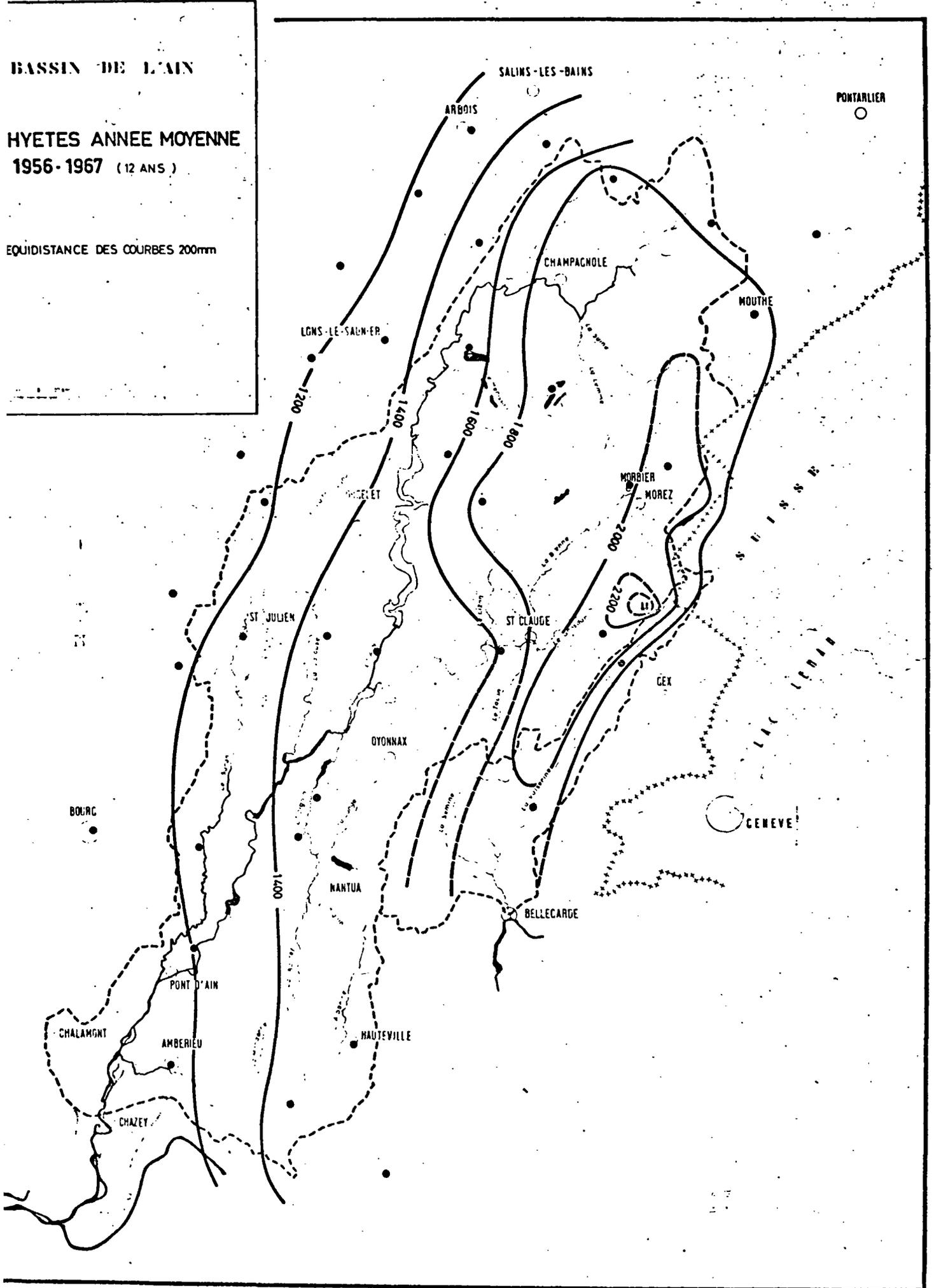
- Nombre de jours de chute de neige
- - - Nombre de jours où le sol était couvert de neige
- Nombre de jours de gelées sous abri



BASSIN DE L'AIN

HYETES ANNEE MOYENNE
1956-1967 (12 ANS)

EQUIDISTANCE DES COURBES 200mm

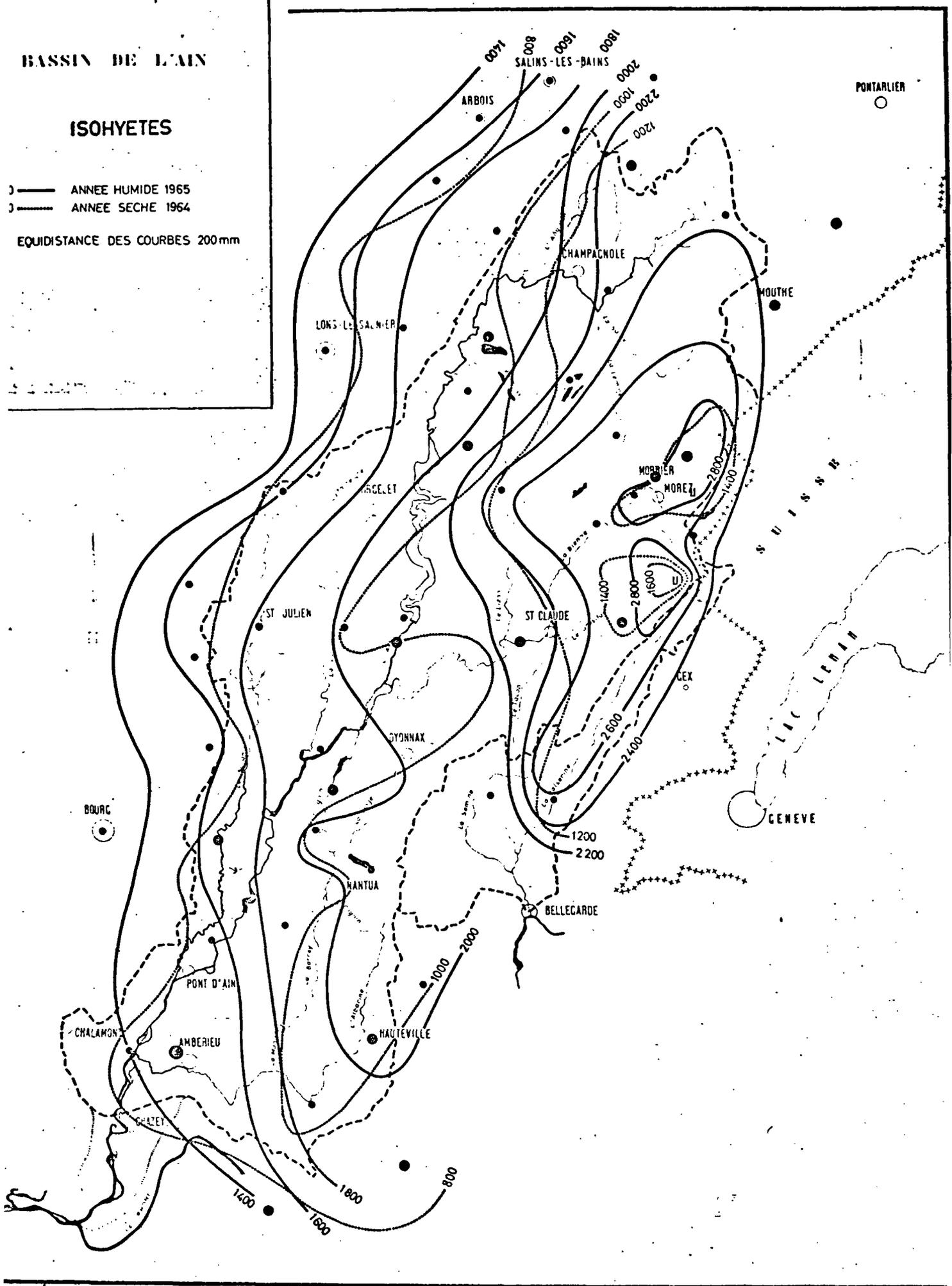


BASSIN DE L'AIN

ISOHYETES

- ANNEE HUMIDE 1965
- - - ANNEE SECHE 1964

EQUIDISTANCE DES COURBES 200mm



BASSIN DE L'AIN : HAUTEUR DES PRECIPITATIONS EN mm

STATIONS	1963	1964	1965	1966	1967
<u>AIN</u>					
AMBERIEU EN BUGEY	1305	869	1446	1116	1060
[BOURG EN BRESSE]	1170	697	1328	1137	1026
[CHANAY]	(1200)	(840)	1876	1517	1218
CHATILLON LA PALLUD	1197	824	1403	1105	1057
[CHEZERY-FORENS]	1908	1273	2594	2202	1951
[GIRON]	1718	1018	2089	1788	1581
[LE-GRAND-ABERGEMENT]	(1440)	(1080)	20381	1800	1523
HAUTEVILLE					
LOMPNES	1671	1032	2007	1620	1397
IZERNORE (Les Trablettes)	1574	996	1990	1622	1403
LABALME	1395	997	1895	1621	1390
[MIJOUX]	1831	(1268)	(2515)	2026	1942
[MONTAGNIEU]	840	565	939	746	699
MORNAY	1588	1022	2047	1634	1433
NANTUA	1582	1063	2005	1378	1214
					≡

STATIONS	1963	1964	1965	1966	1967
NEUVILLE/AIN	1344	818	1487	1130	1063
[SALAVRE]	(1160)	780	1741	1362	1182
TENAY	1549	1076	1844	1148	1425
TREFFORT	1123	629	1473	1243	1081
VILLEREVERSURE	1342	928	1699	1359	1063
[VIRIEU LE GRAND]	1443	899	1767	1377	1243
<u>JURA</u>					
[ARBOIS]	1340	782	1524	1305	966
ARINTHOD	1535	1000	2093	1636	1370
[BEAUFORT]	1057	662	1296	1210	1052
BELLEFONTAINE	2306	1439	2875	2408	2072
BESAIN	1617	971	2412	1748	1455
BOURG DE SIROD	(1860)	(1260)	2239	1995	1627
CERNON (ch de V)	1338	934	1907	1573	1412
CHARCIER	(1429)	(813)	(1839)	1563	(1435)

STATIONS	1963	1964	1965	1966	1967
CHATEL DE JOUX	2004	1220	2526	2163	1835
CLAIRVAUX LES LACS	1715	957	2141	1849	1605
[CRANCOT]	1420	832	1813	1682	1418
CRESSIA(LA COMBE)	(1178)	(820)	1611	1443	1216
LE FRASNOIS	1881	1276	2247	2001	1662
FONTENY	1566	944	1962	1822	1448
LAMOURA	2104	1397	2619	2115	1999
[LONS-LE-SAUNIER]	1239	724	1470	(1175)	(1105)
MARIGNY-CHALAIN	1522	932	1858	1816	1556
MIGNOVILLARD	1914	1169	2351	2098	1631
MORBIER (LES MARAIS)	2110	1348	2662	2323	2031
[POLIGNY]	1291	740	1746	1304	1011
LES ROUSSES	2039	1309	2480	2202	1930
[SALINS-LES-BAINS]	1438	914	1697	1575	1287
[SAINT-AMOUR]	1128	706	1621	1334	1201

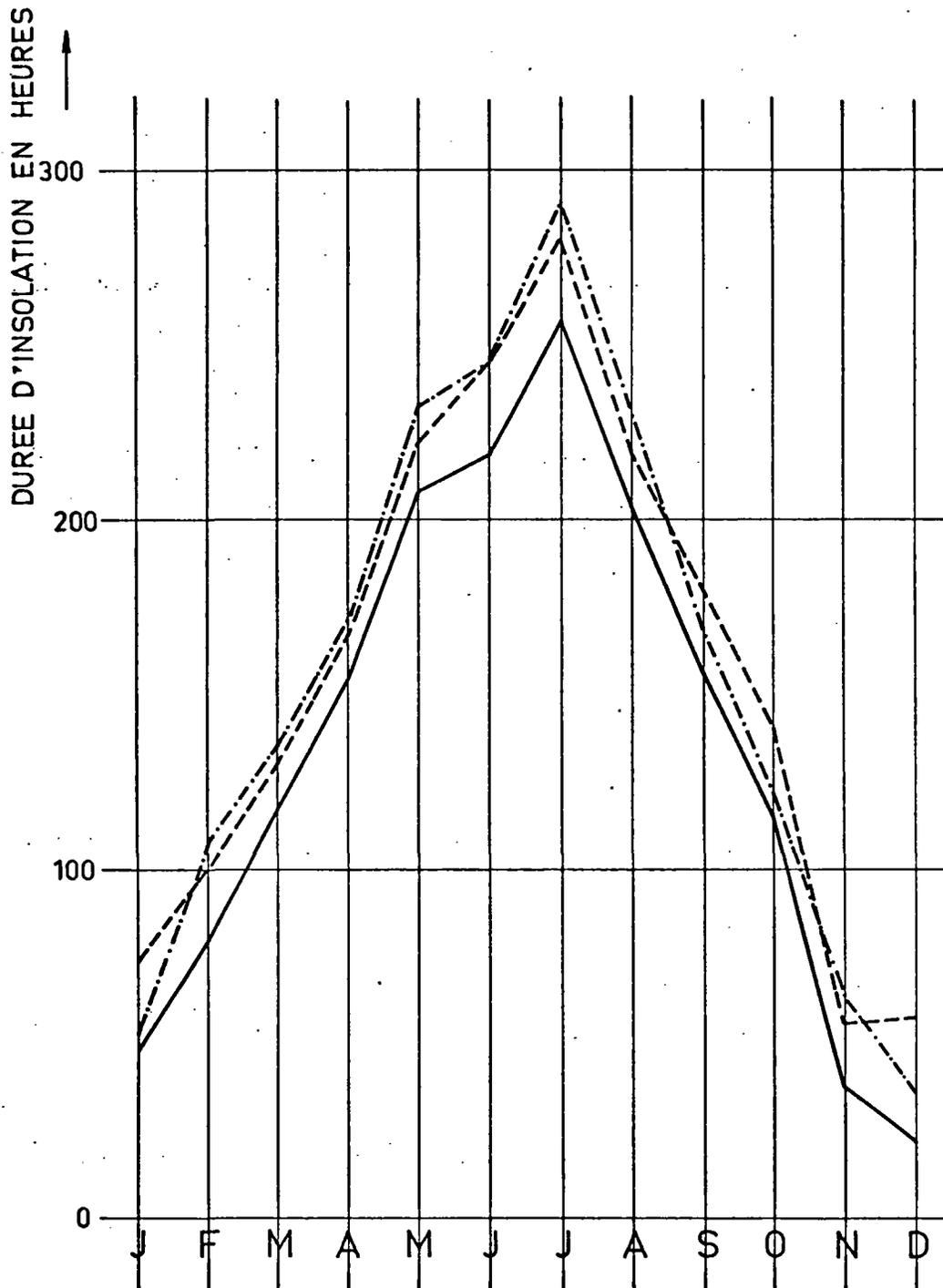
STATIONS	1963	1964	1965	1966	1967
ST CLAUDE (Etables)	1641	1032	2206	1757	1662
ST JULIEN/SURAN	1380	939	1871	1648	1410
ST LAURENT EN GDVX	1768	1176	2123	1884	1550
SUPT (Le Chevreuil)	1857	1225	2267	2152	1526
LEZAT	(2145)	(1437)	(2909)	2606	1874
THOIRETTE	1577	892	1902	1592	1324
VESCLES (St Mortier)	1528	996	2127	1701	1482
LE MASSACRE	2740	1700	2880	3035	2960
LE RISOUX	2295	1500	2540	2485	2435
<u>DOUBS</u>					
[GRANGES ST MARIE]	1486	1021	1913	1640	1485
[JOGNE]	1555	1067	2046	1728	1476
[LEVIER]	1597	(1019)	(2088)	1880	(1454)
[MOUTHE]	1807	1211	2312	1928	1692
[VILLENEUVE D'AMONT]	1644	1054	1941	1959	1498

NB = Les nombres donnés entre parenthèses sont obtenus à partir de valeurs partiellement extrapolées.

Les postes entre crochets sont extérieurs au bassin

BASSIN DE L'AIN - 1963-1967

INSOLATION COMPAREE A DIVERSES STATIONS



	ALTITUDE	LATITUDE
——— AMBERIEU	252 m	45° 59' N
- - - - - BESANÇON	307 m	47° 15' N
- · - · - GENEVE	450 m	46° 14' N

DEPARTEMENT: AIN

STATION: IZERNORE (Les Trablettes)

FICHE THERMOMETRIQUE

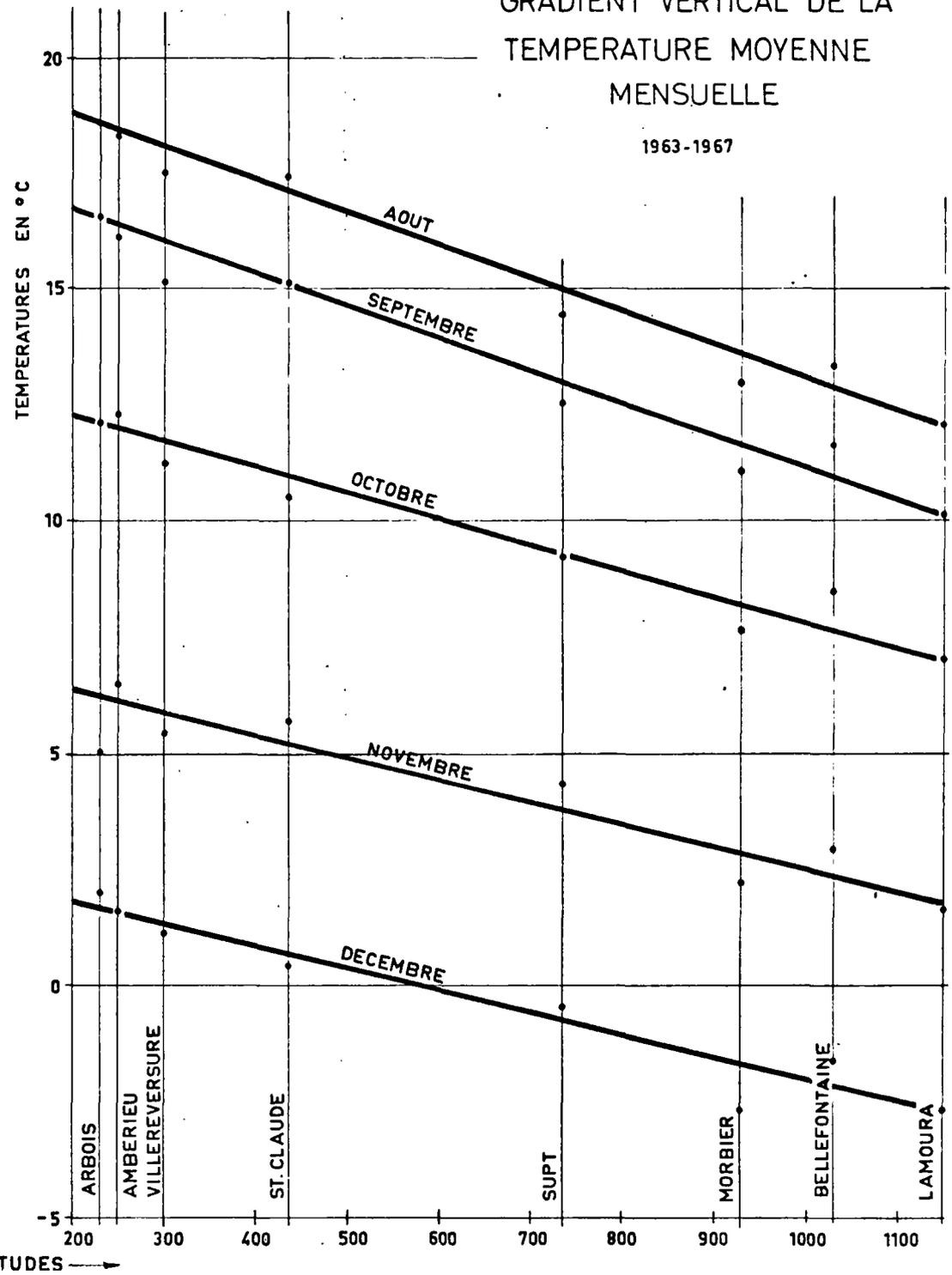
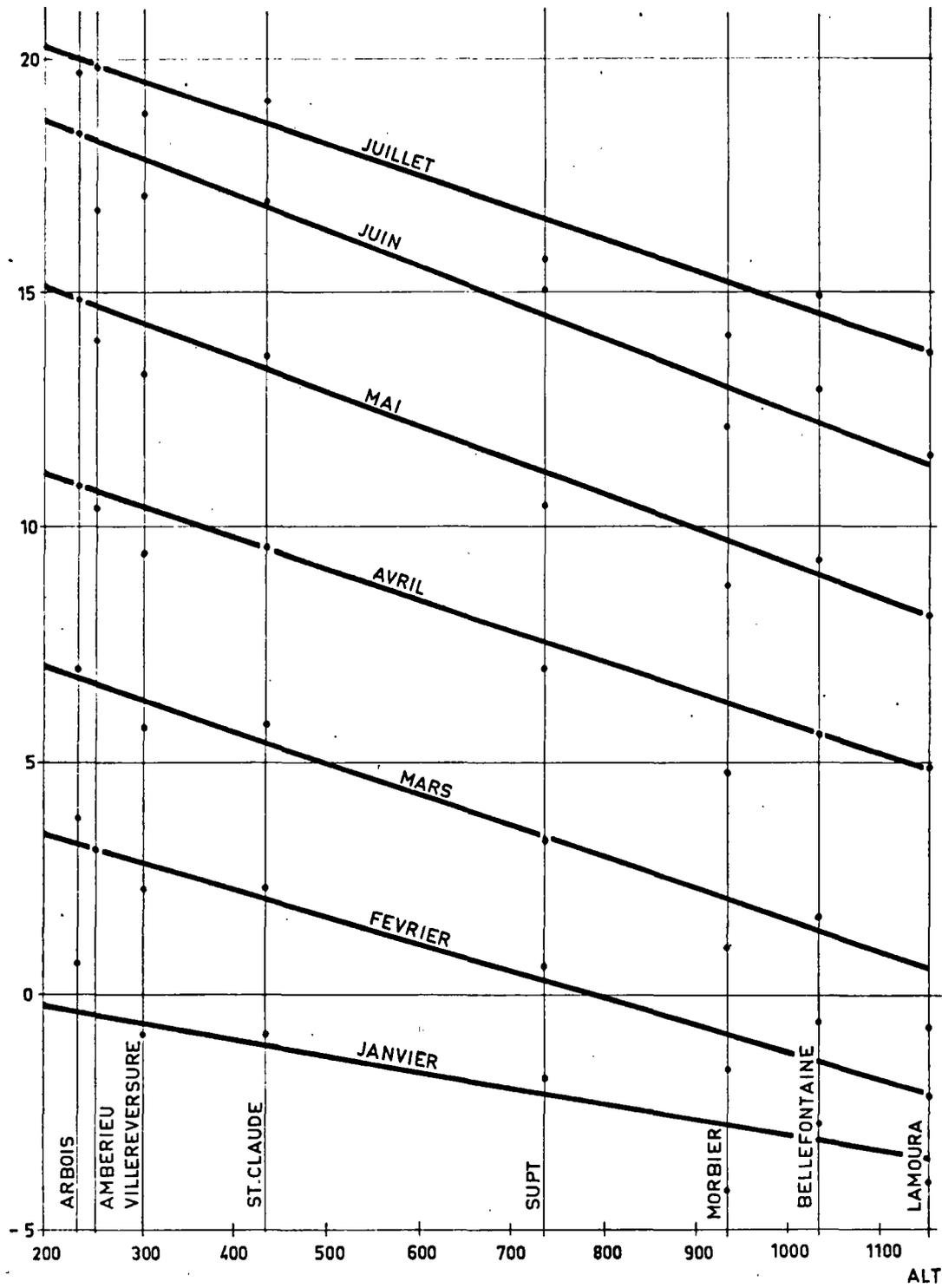
Températures moyennes mensuelles
annuelles et interannuelles
en °C et 1/10 èmes

Altitude: 430 m

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle		
1963	-4,0	-2,3	5,4	9,4	11,2	15,4	18,4	15,8	14,0	9,1	7,9	-1,4	8,2		
1964	-1,7	3,7	5,1	9,8	14,1	16,6	19,3	17,5	15,9	8,3	5,4	1,1	9,6		
1965	2,0	-2,0	5,1	7,4	11,8	16,3	15,9	16,1	13,4	11,7	5,9	4,1	8,9		
1966	0,7	6,8	4,2	10,4	12,8	16,5	16,2	16,6	15,7	12,9	2,7	2,7	9,8		
1967	0,7	4,1	4,3	7,5	12,5	14,2	19,6	17,6	14,4	13,2	5,6	-1,4	9,3		
Moyenne Mensuelle	-0,4	2,0	4,8	8,9	12,5	15,8	17,9	16,7	14,7	11,0	5,5	1,0	9,1	moyenne interannuelle	

GRADIENT VERTICAL DE LA
TEMPERATURE MOYENNE
MENSUELLE

1963-1967



ALTITUDES

Températures moyennes et gradients mensuels

ATIONS	ALT en m	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
IEU	253	-0,1	3,0	6,5	10,3	13,9	16,7	19,8	18,4	16,2	12,4	6,5	1,6
REVERSURE	300	-0,9	2,2	5,7	9,4	13,2	17,0	18,8	17,6	15,2	11,3	5,5	1,1
N	350	-0,5	2,4	5,5	9,1	13,2	16,8	18,7	17,2	15,1	11,5	5,9	1,4
ORE	430	-0,4	2,0	4,8	8,9	12,5	15,8	17,9	16,7	14,7	11,0	5,5	1,0
AUDE	434	-0,9	2,2	5,7	9,5	13,6	16,9	19,1	17,5	15,2	11,5	5,8	0,4
N	535	-1,2	1,6	4,5	7,8	11,6	15,0	17,1	15,7	13,7	10,1	4,8	0,6
VAUX	541	-0,5	1,7	4,8	9,2	13,3	16,8	18,8	17,0	15,1	11,2	5,4	1,1
	735	-1,8	0,5	3,2	6,9	10,4	15,0	15,7	14,5	12,6	9,3	4,4	-0,5
VILLE	820	-2,5	0,3	2,6	6,5	10,2	14,6	15,0	14,2	12,1	8,9	3,5	-0,1
ER	928	-4,2	-1,6	0,9	4,7	8,7	12,1	14,0	13,0	11,1	7,7	2,2	-2,1
FONTAINE	1028	-2,8	-0,7	1,5	5,5	9,3	12,9	14,9	13,4	11,7	8,5	2,9	-1,0
RA	1156	-4,1	-2,2	0,2	4,8	8,1	11,5	13,7	12,1	10,2	7,0	1,6	-2,1
MOYENNE m isotherme		125	700	1225	1925	2300	2675	3250	2875	2625	2425	1525	575

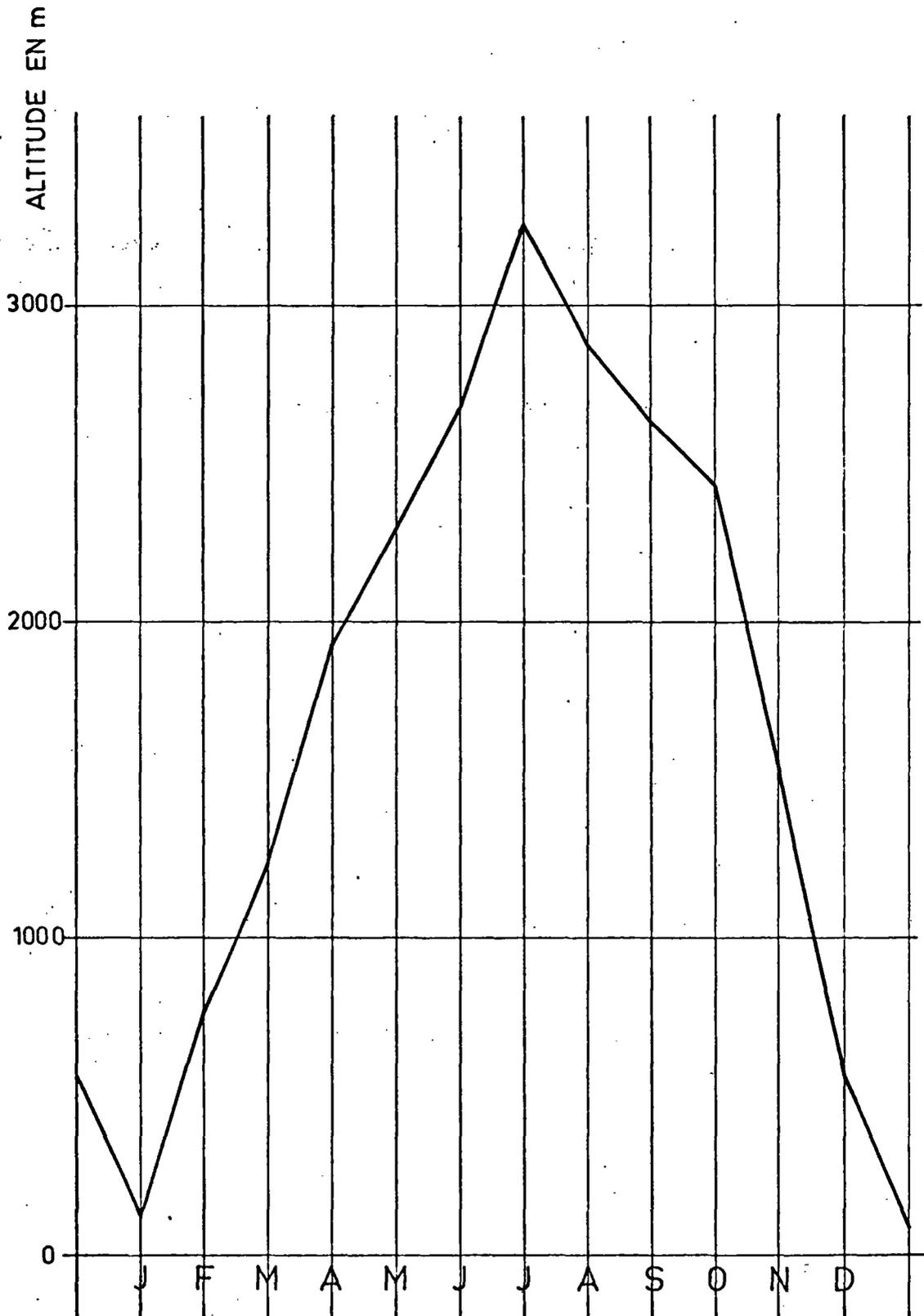
Mois	GRADIENT VERTICAL	:	TEMP. A L'ALTITUDE 0 m.	COEFF DE CORRELATION
JANVIER	- 0,0030 h	+	0,3	0,94
FEBVRIER	- 0,0057 h	+	4,5	0,97
MARS	- 0,0066 h	+	8,3	0,99
AVRIL	- 0,0064 h	+	12,3	0,97
MAI	- 0,0073 h	+	16,5	0,98
JUN	- 0,0077 h	+	20,2	0,97
JUILLET	- 0,0068 h	+	21,5	0,97
AOUT	- 0,0070 h	+	20,4	0,98
SEPTEMBRE	- 0,0069 h	+	18,1	0,98
OCTOBRE	- 0,0057 h	+	13,5	0,98
NOVEMBRE	- 0,0050 h	+	7,5	0,93
DECEMBRE	- 0,0046 h	+	2,7	0,97

BASSIN DE L'AIN : Comparaison des valeurs des gradients thermiques
pour différents auteurs.

Valeur des gradients thermiques en°C pour 100 m					
AIN	DELAROZIERE DOUBS	KRUMMENACHER VALSERINE	VACHER ISERE	ANGOT	LUGEON
ANNEE 0,65	0,48	0,55	0,50	0,53	
JANVIER 0,30	0,36	0,53	0,24	0,40	0,40
AOUT 0,64	0,60	0,61	0,57	0,70	0,63
JUILLET 0,68	0,57	0,57	0,51	0,61	0,56
OCTOBRE 0,57	0,33	0,45	0,35	0,49	0,46

BASSIN DE L'AIN
 ANNEE MOYENNE 1963-67

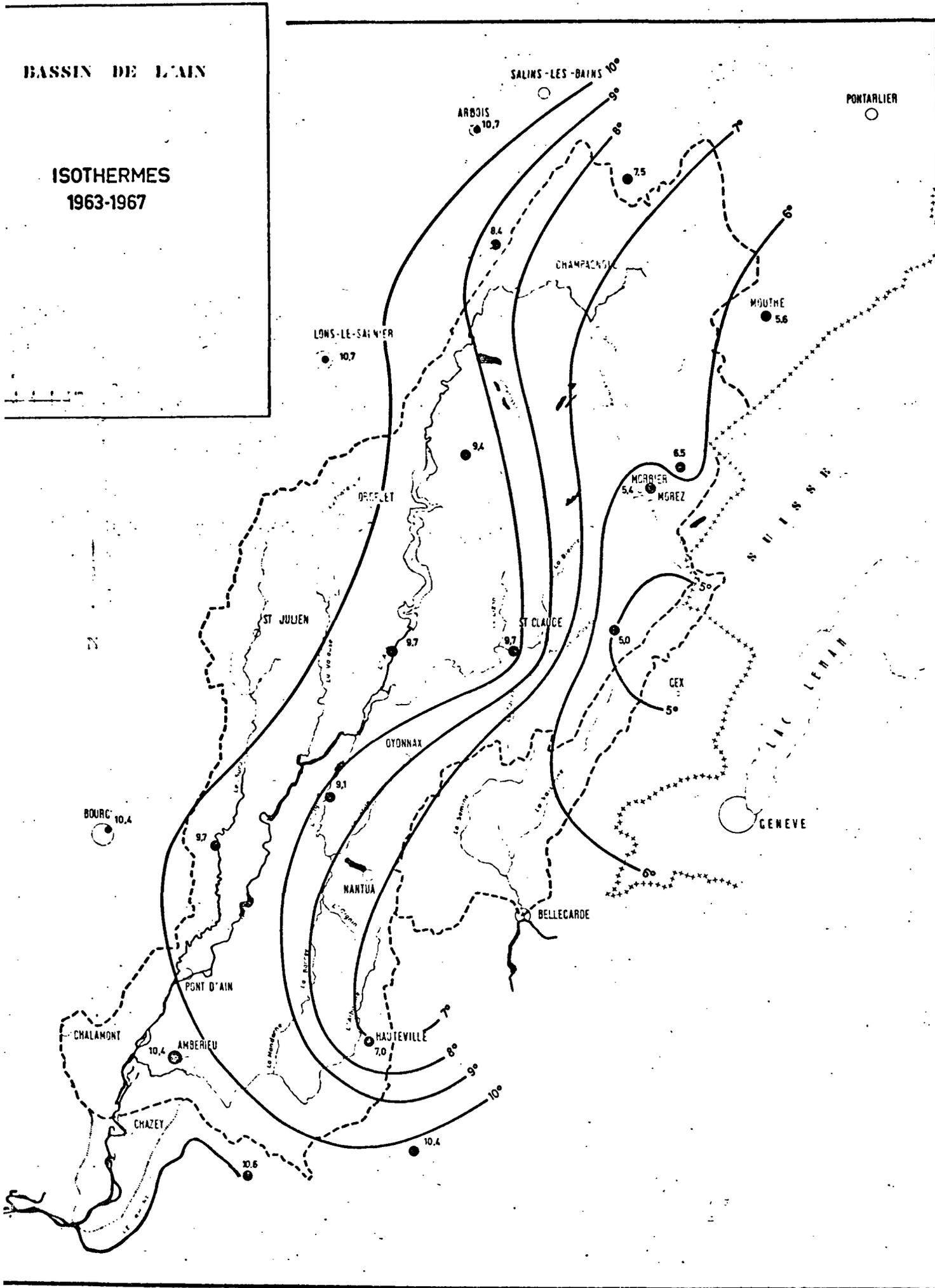
ALTITUDE DE L'ISOTHERME 0°C



BASSIN DE L'AIN

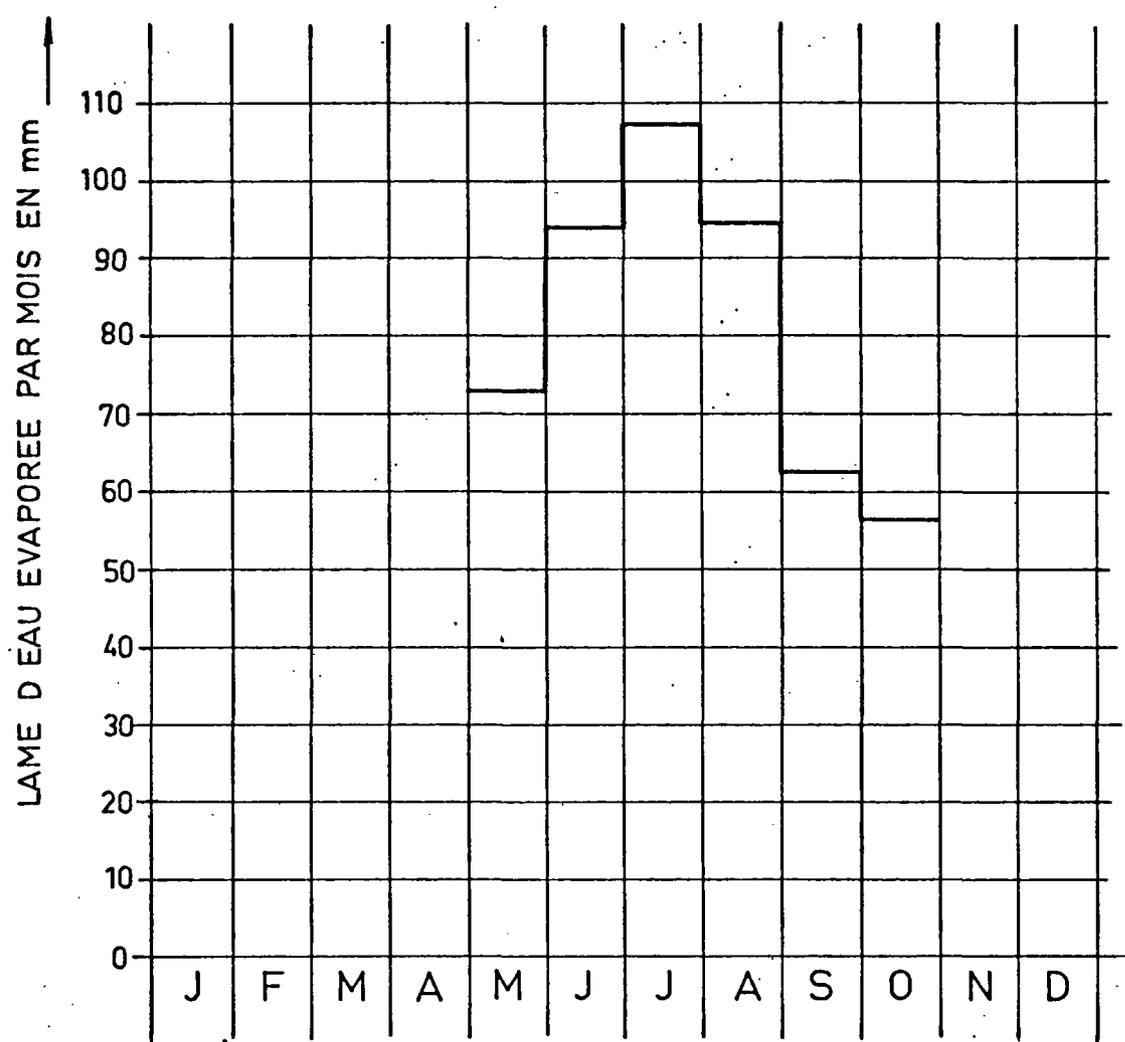
ISOTHERMES 1963-1967

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



BASSIN DE L'AIN

EVAPORATION MENSUELLE A L'EVAPOROMETRE PICHE - AMBERIEU (65-68)

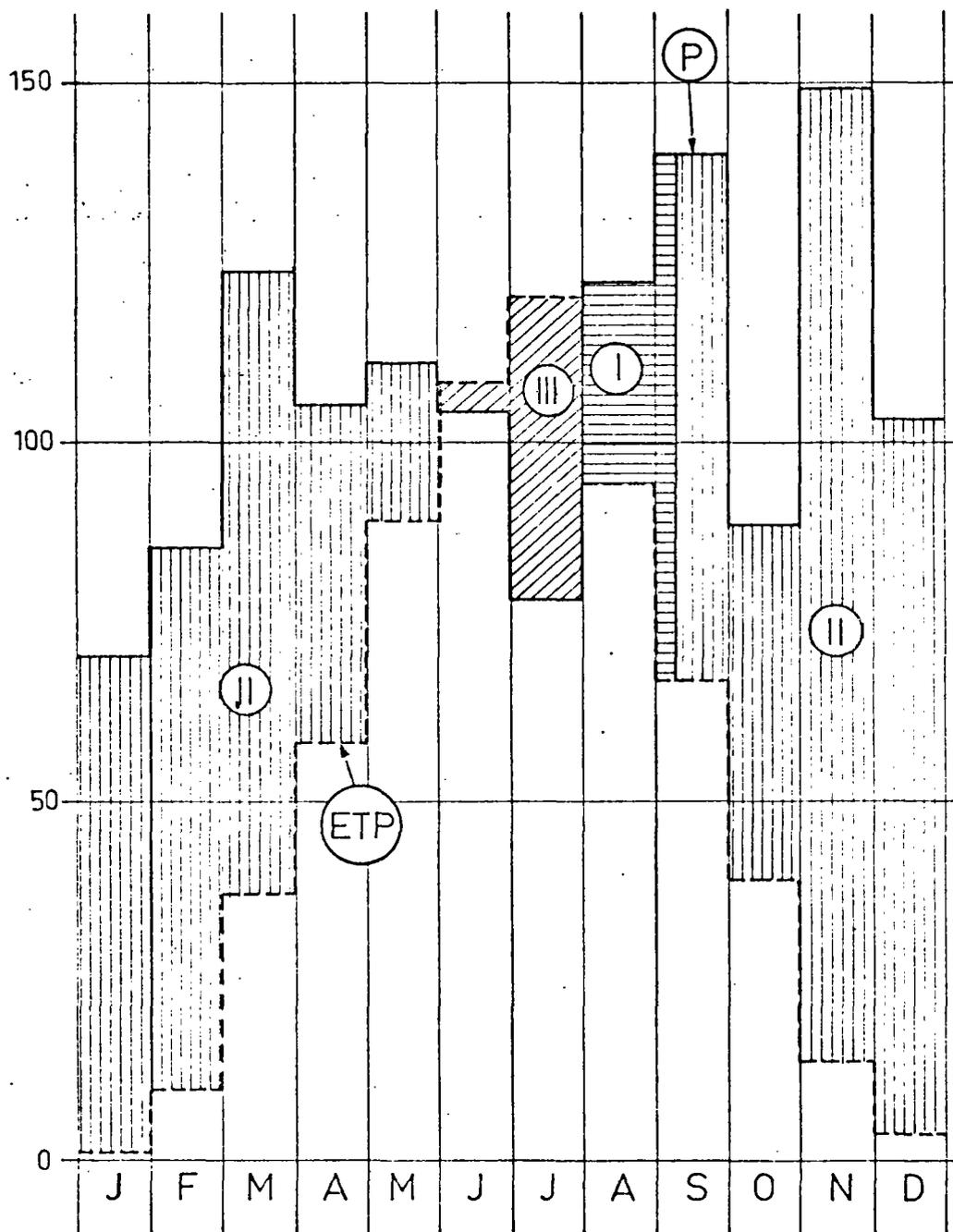


ST-CLAUDE(ETABLES)-JURA-1966

	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	ACUT	SEPT	CCT	NOV	DEC	ANNEE
AND H	281.	291.	370.	407.	465.	471.	475.	439.	377.	340.	284.	270.	
A	278.	414.	606.	791.	929.	984.	946.	823.	648.	457.	303.	237.	
TIT H	82.	64.	161.	160.	236.	255.	211.	207.	212.	112.	39.	25.	
	100.	130.	272.	335.	459.	507.	430.	388.	342.	175.	80.	56.	
TEMPERATURE	0.0	6.9	4.6	10.9	14.0	17.8	16.8	17.0	16.0	13.0	3.1	2.0	10.1
P	0.	21.	30.	65.	98.	121.	102.	93.	81.	42.	9.	5.	667.
ECIPIT.	160.	177.	144.	151.	146.	76.	89.	150.	54.	153.	143.	320.	1763.
R.RESERV.	0.	0.	0.	0.	0.	-45.	-13.	57.	-27.	28.	0.	0.	
SV.UTILE	100.	100.	100.	100.	100.	55.	42.	99.	72.	100.	100.	100.	
FICIT	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
CEDENT	160.	156.	114.	86.	48.	0.	0.	0.	0.	83.	134.	315.	1096.
R	0.	21.	30.	65.	98.	121.	102.	93.	81.	42.	9.	5.	667.

BILAN ANNUEL DE L'EAU A VILLEREVERSURE
1963 - 1967

Altitude 300m



I RECONSTITUTION DES RESERVES EN EAU DU SOL

II EAU DISPONIBLE POUR L'ECOULEMENT

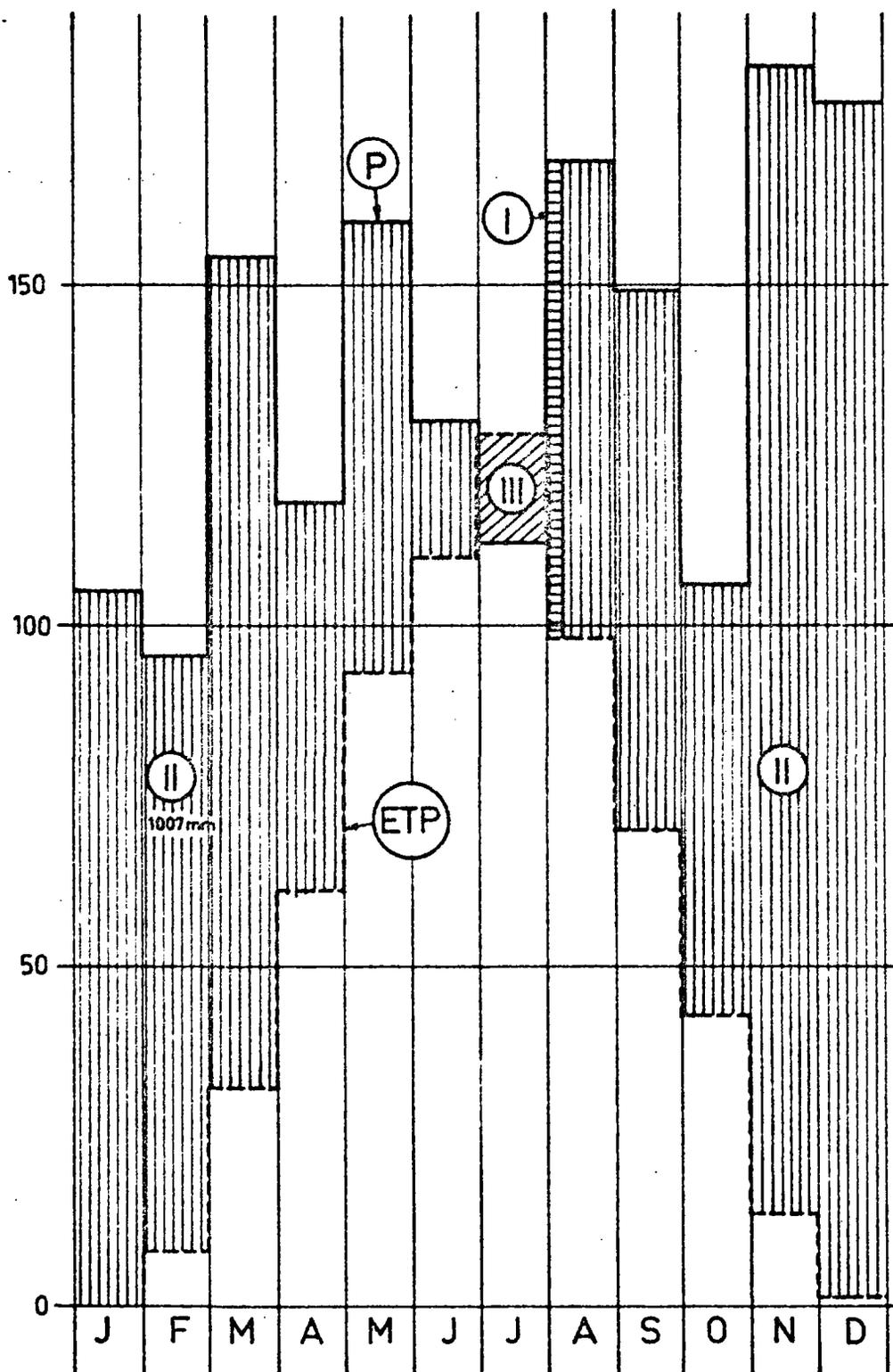
III RESTITUTION A LA VEGETATION DES RESERVES EN EAU DU SOL

P PRECIPITATIONS EN mm

ETP EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE OBTENUE PAR LA METHODE

BASSIN DE L'AIN BILAN ANNUEL DE L'EAU A ST. CLAUDE 1963 - 1967

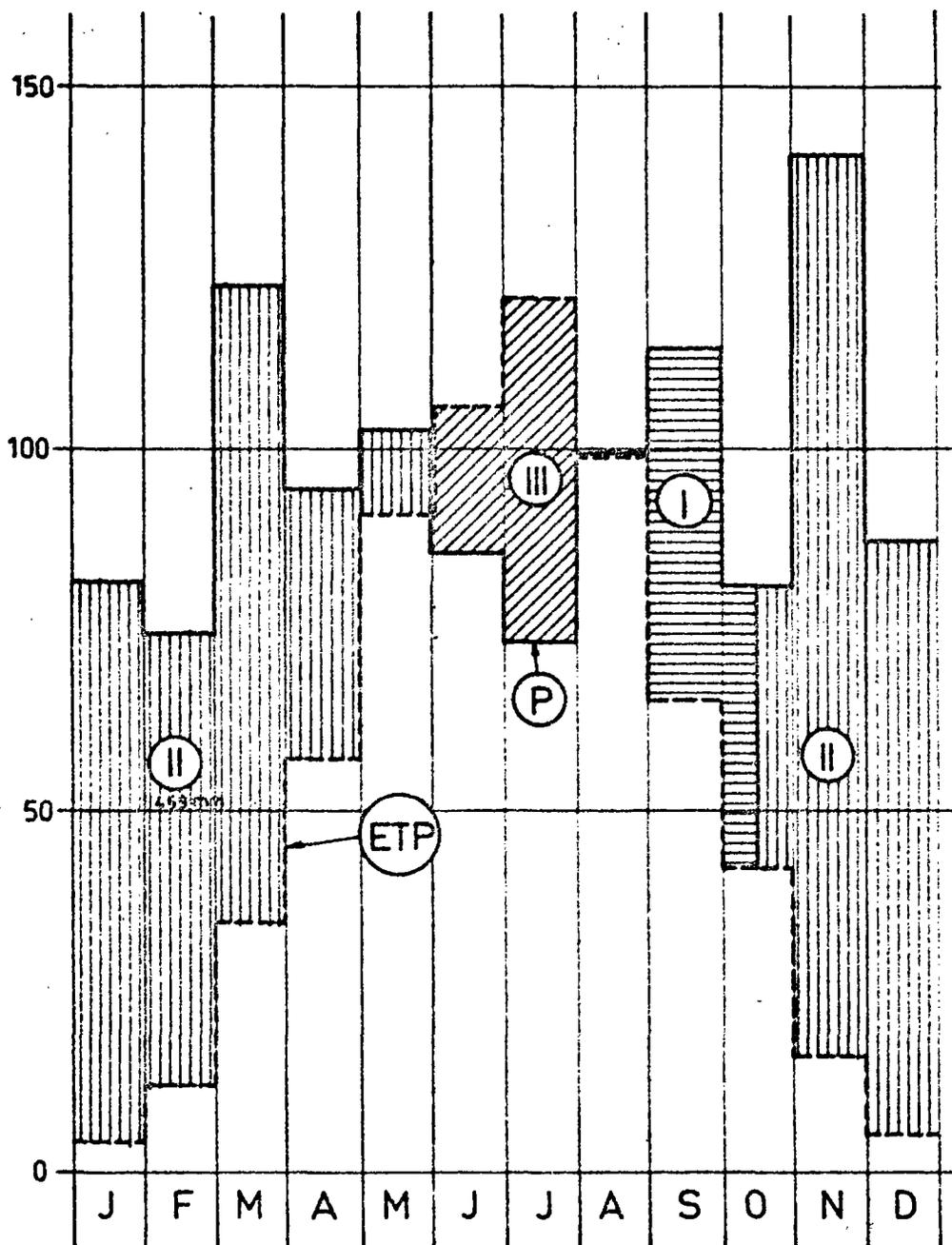
Altitude 410 m



BASSIN DE L'AIN

BILAN ANNUEL DE L'EAU A AMBERIEU 1963 - 1967

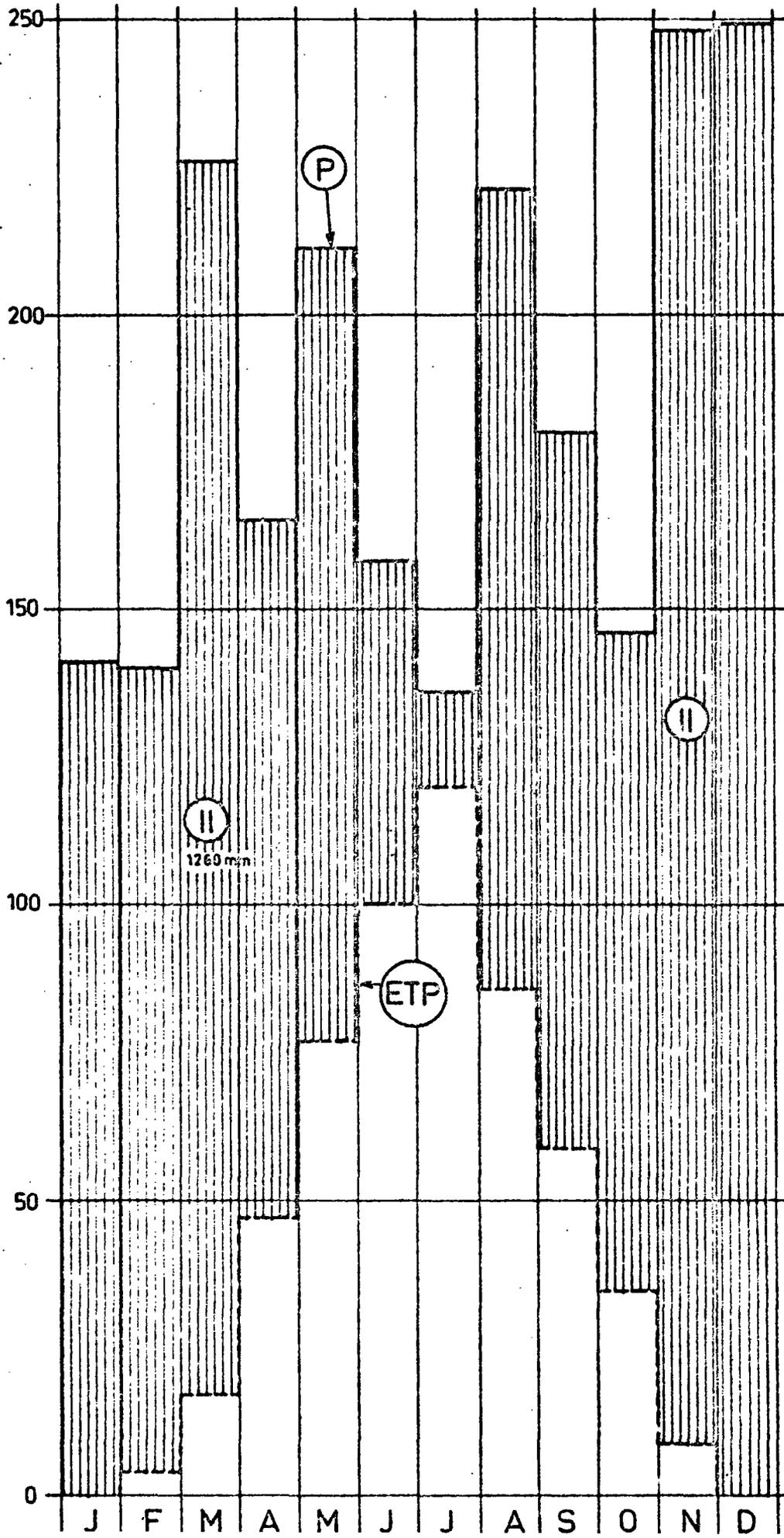
Altitude 253m



BASSIN DE L'AIN BILAN ANNUEL DE L'EAU A BELLEFONTAINE 1963-1967

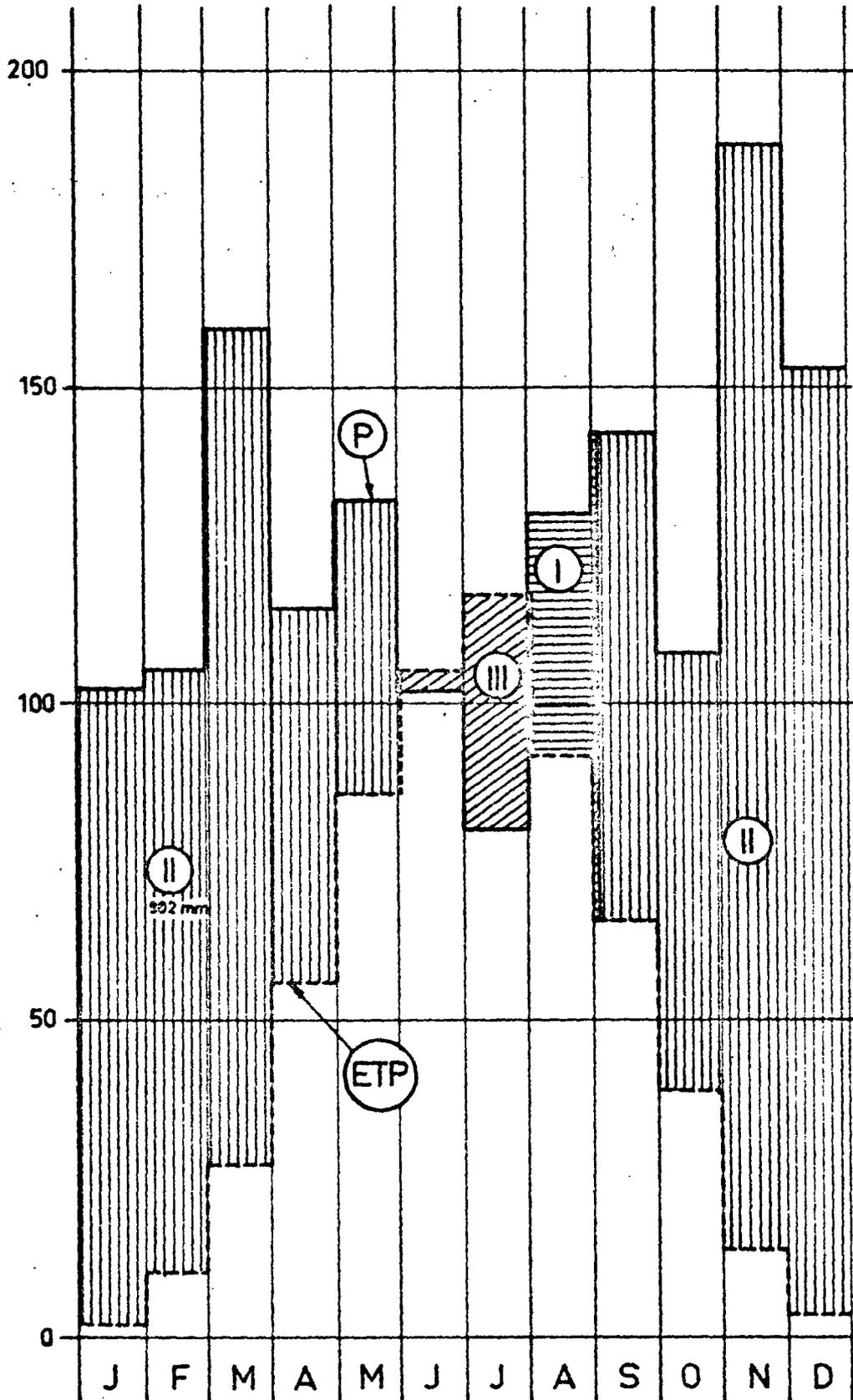
-46-
fig 3623c

Altitude 1028 m



BASSIN DE L'AIN BILAN ANNUEL DE L'EAU A IZERNORE 1963 - 1967

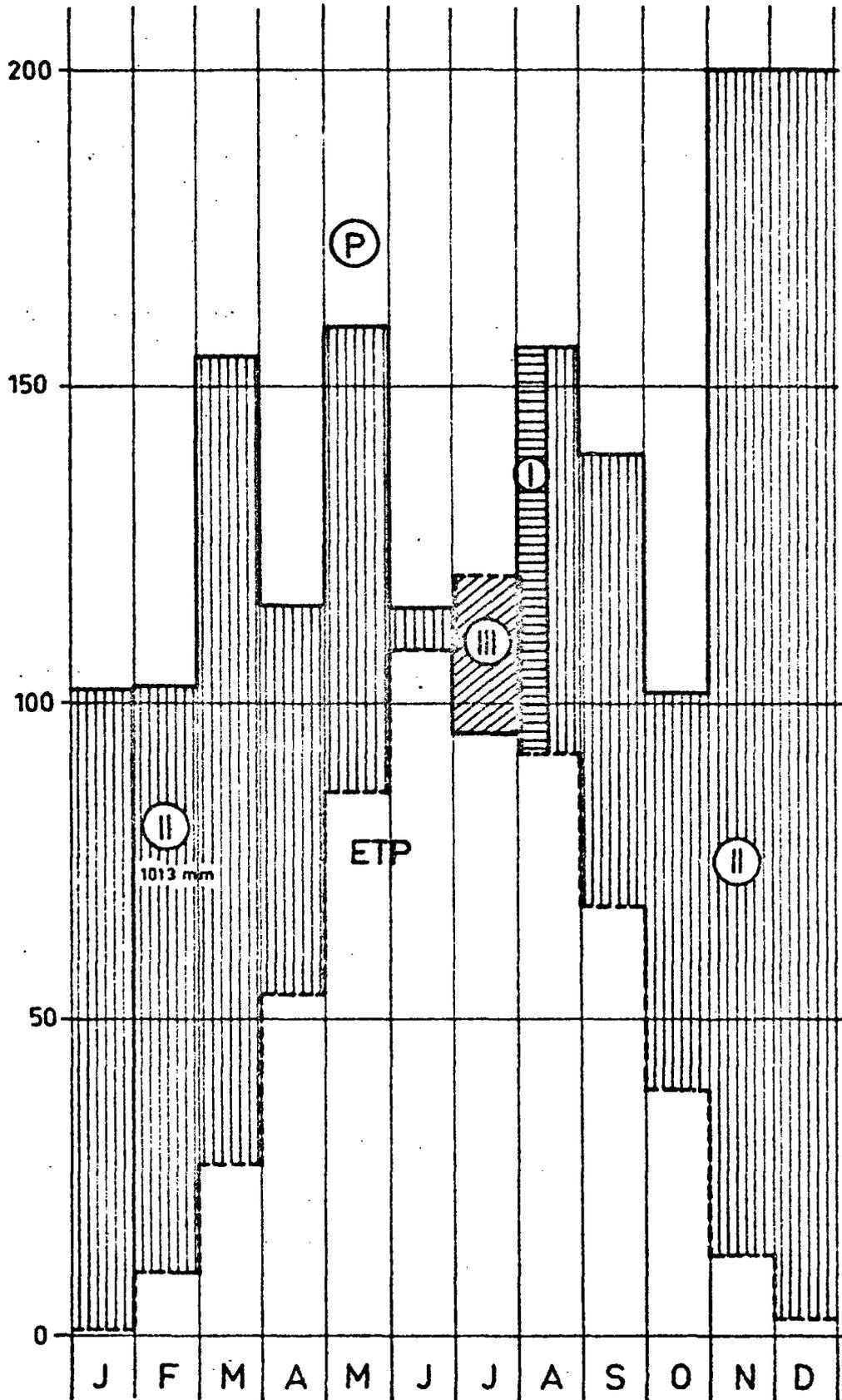
Altitude 430 m



BASSIN DE L'AIN

BILAN ANNUEL DE L'EAU A BESAIN 1963 - 1967

Altitude 535 m

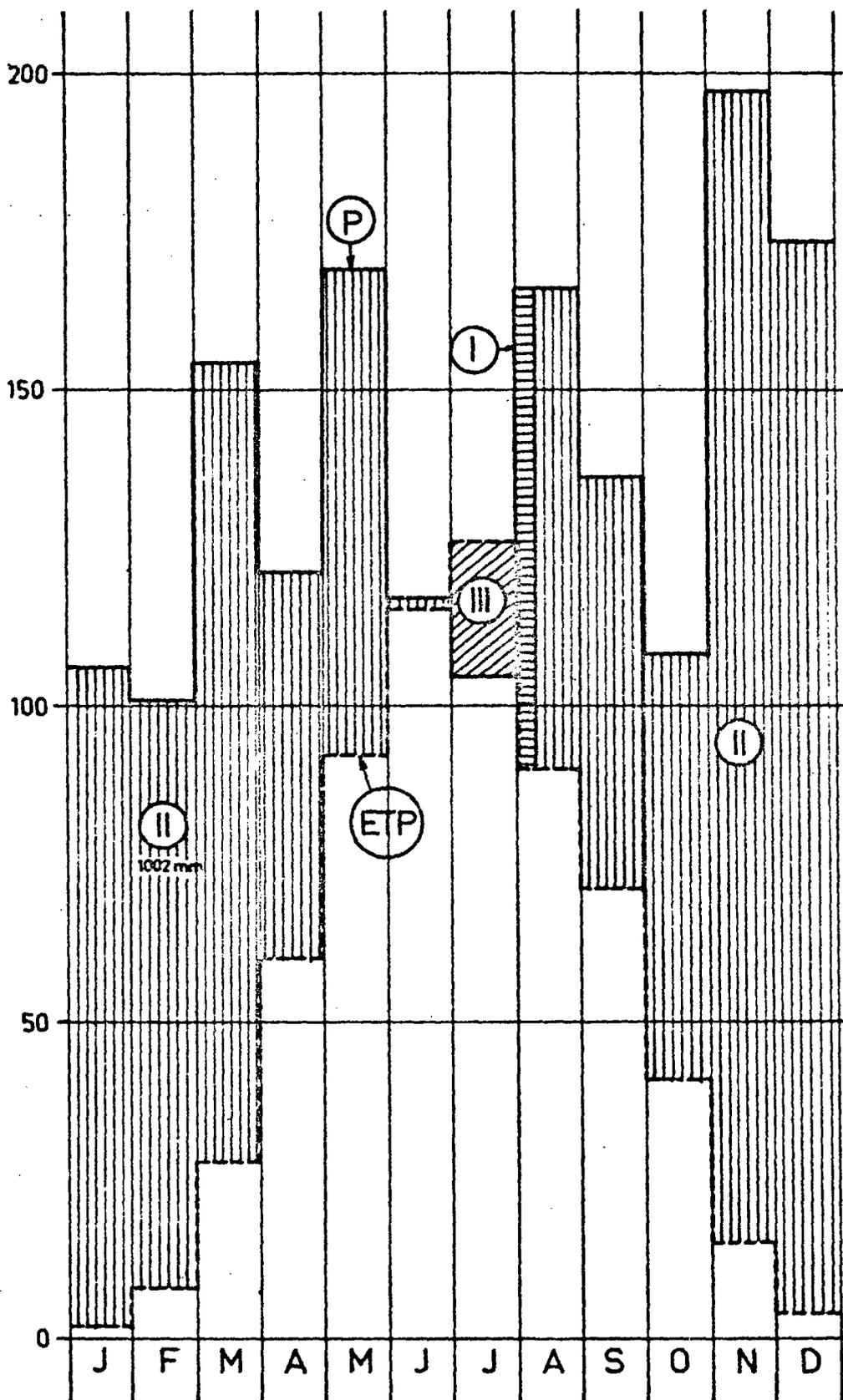


BASSIN DE L'AIN

BILAN ANNUEL DE L'EAU A CLAIRVAUX-LES-LACS

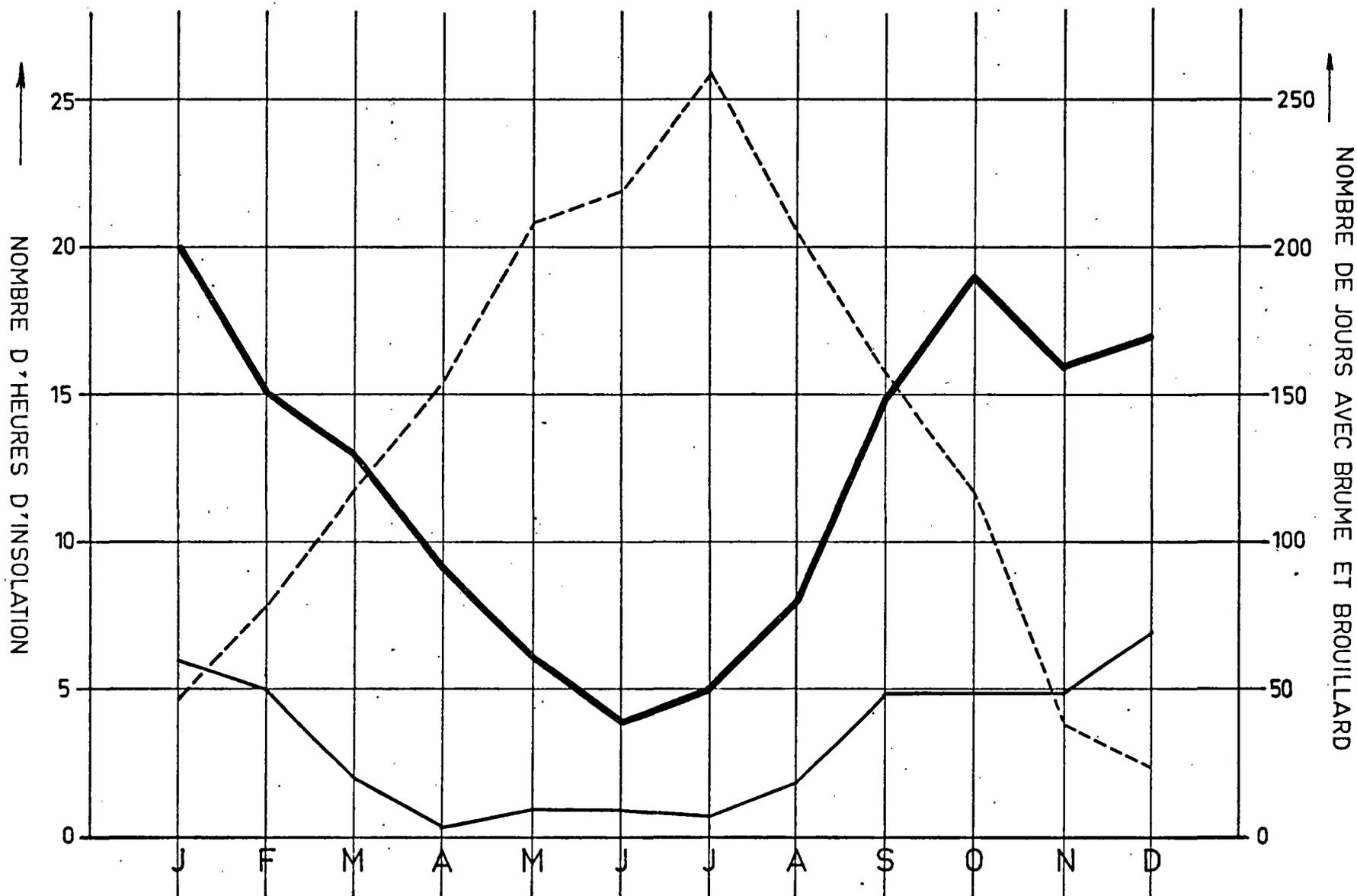
1963 - 1967

Altitude 541 m



BASSIN DE L'AIN
AMBERIEU 1963-1967

- NOMBRE DE JOURS AVEC BRUME ET BROUILLARD
- - - DUREE MENSUELLE DE L'INSOLATION EN HEURES
- NOMBRE DE JOURS DE BROUILLARD



BASSIN DE L'AIN
 PROFIL EN LONG GENERAL DE
 L'AIN ET DE SES PRINCIPAUX
 AFFLUENTS

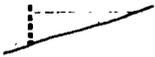
Légende

RD AFFLUENT RIVE DROITE
 RG AFFLUENT RIVE GAUCHE

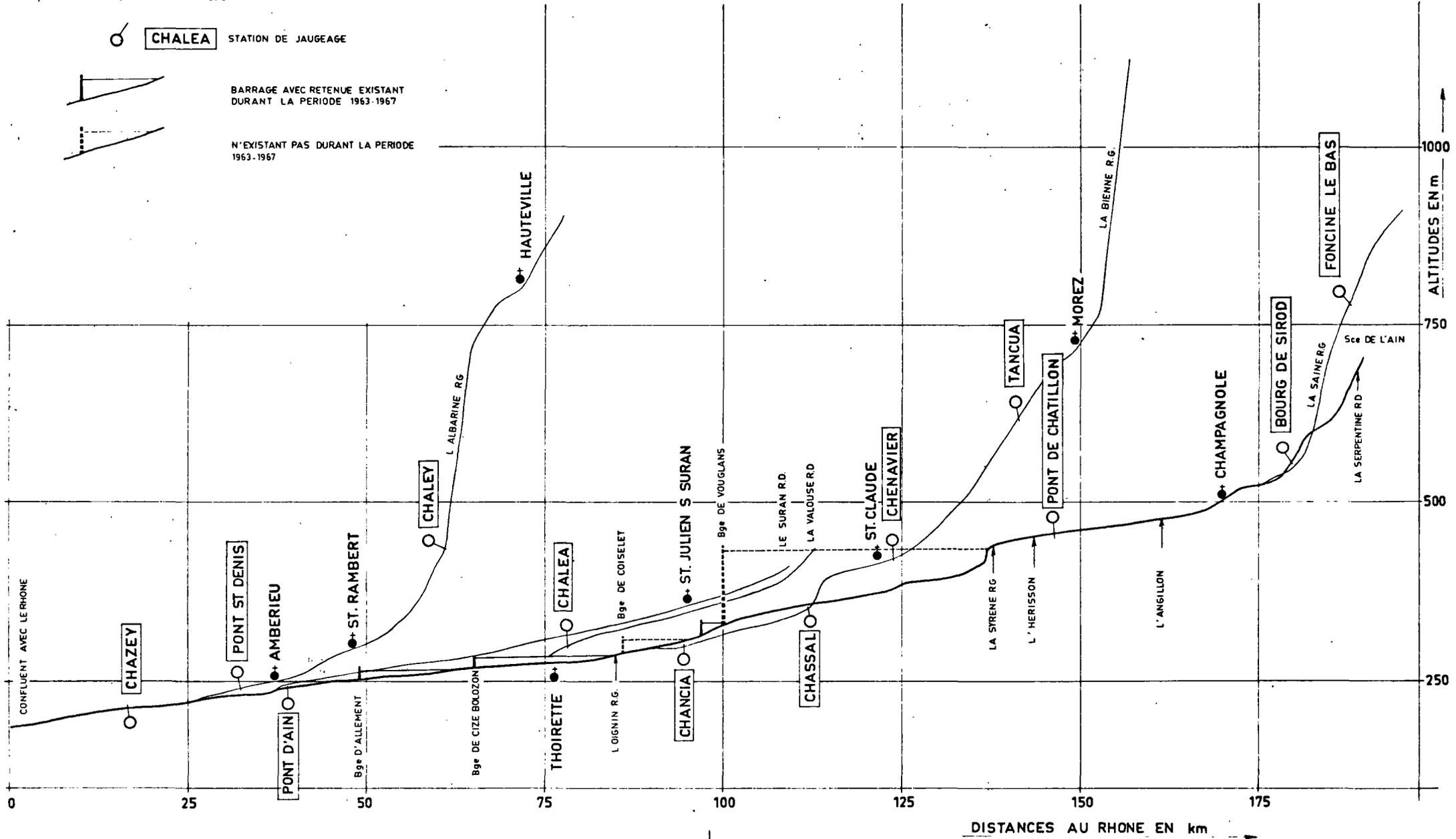
♂ CHALEA STATION DE JAUGEAGE

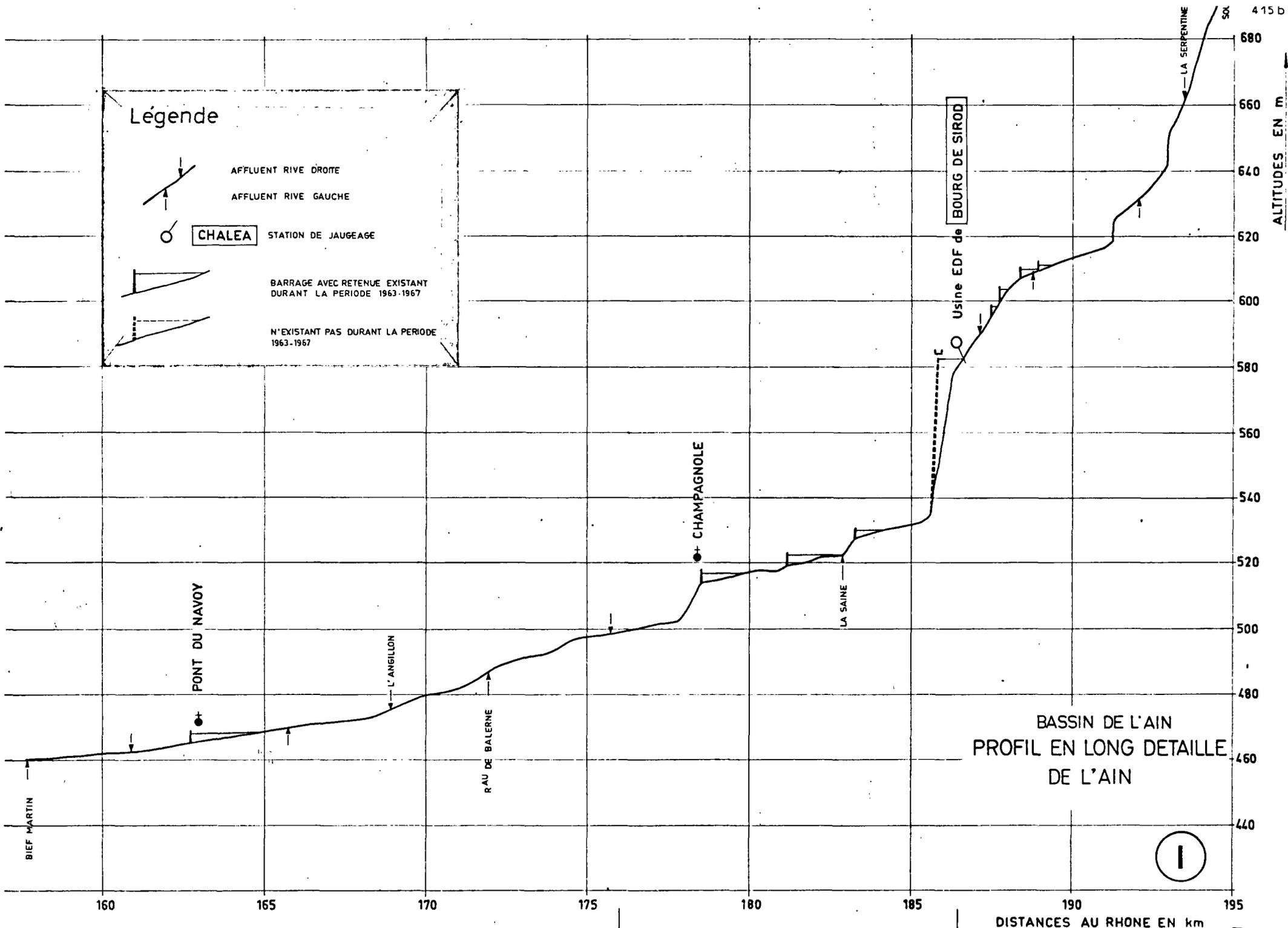


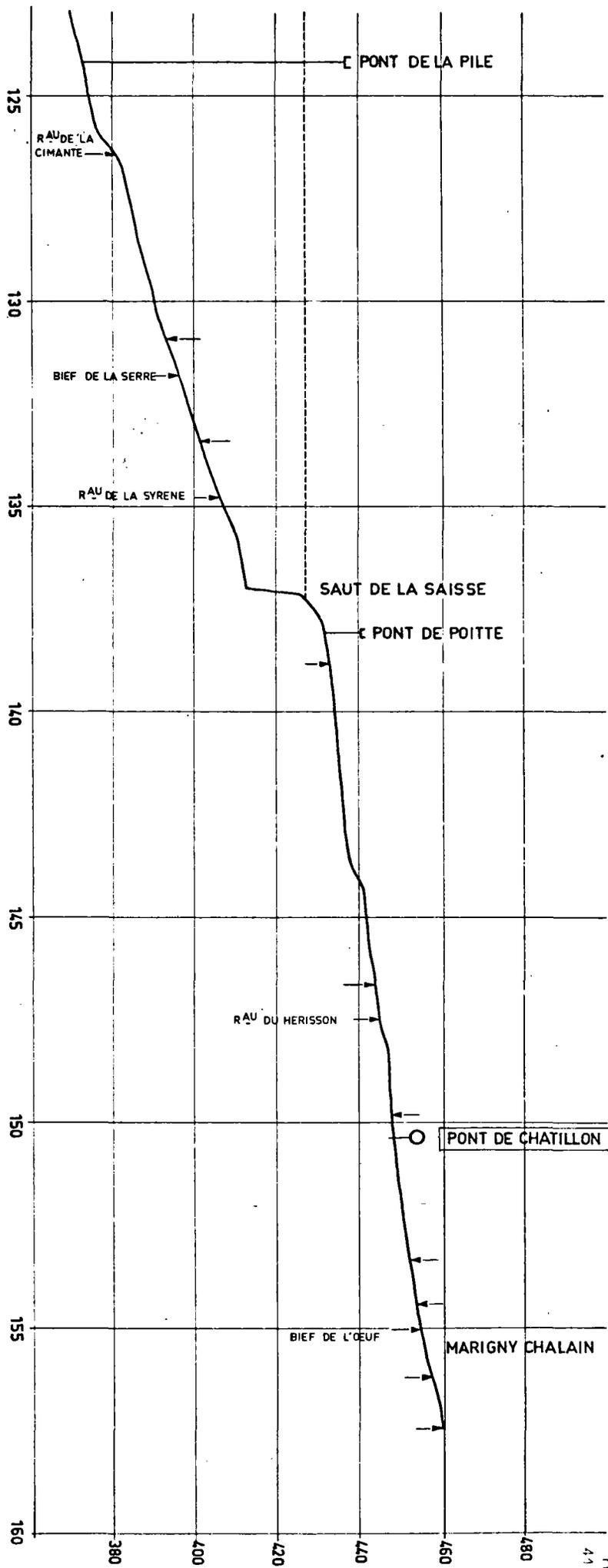
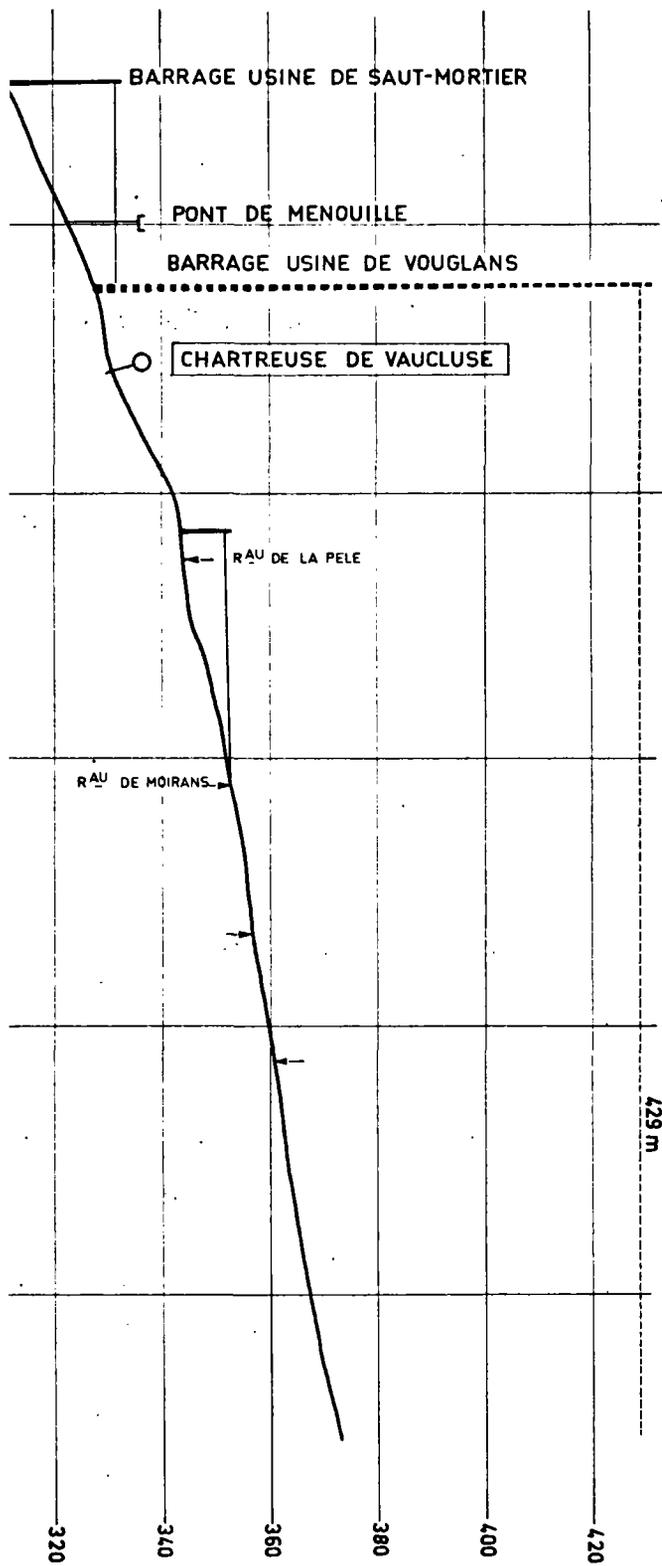
BARRAGE AVEC RETENUE EXISTANT
 DURANT LA PERIODE 1963-1967



N'EXISTANT PAS DURANT LA PERIODE
 1963-1967







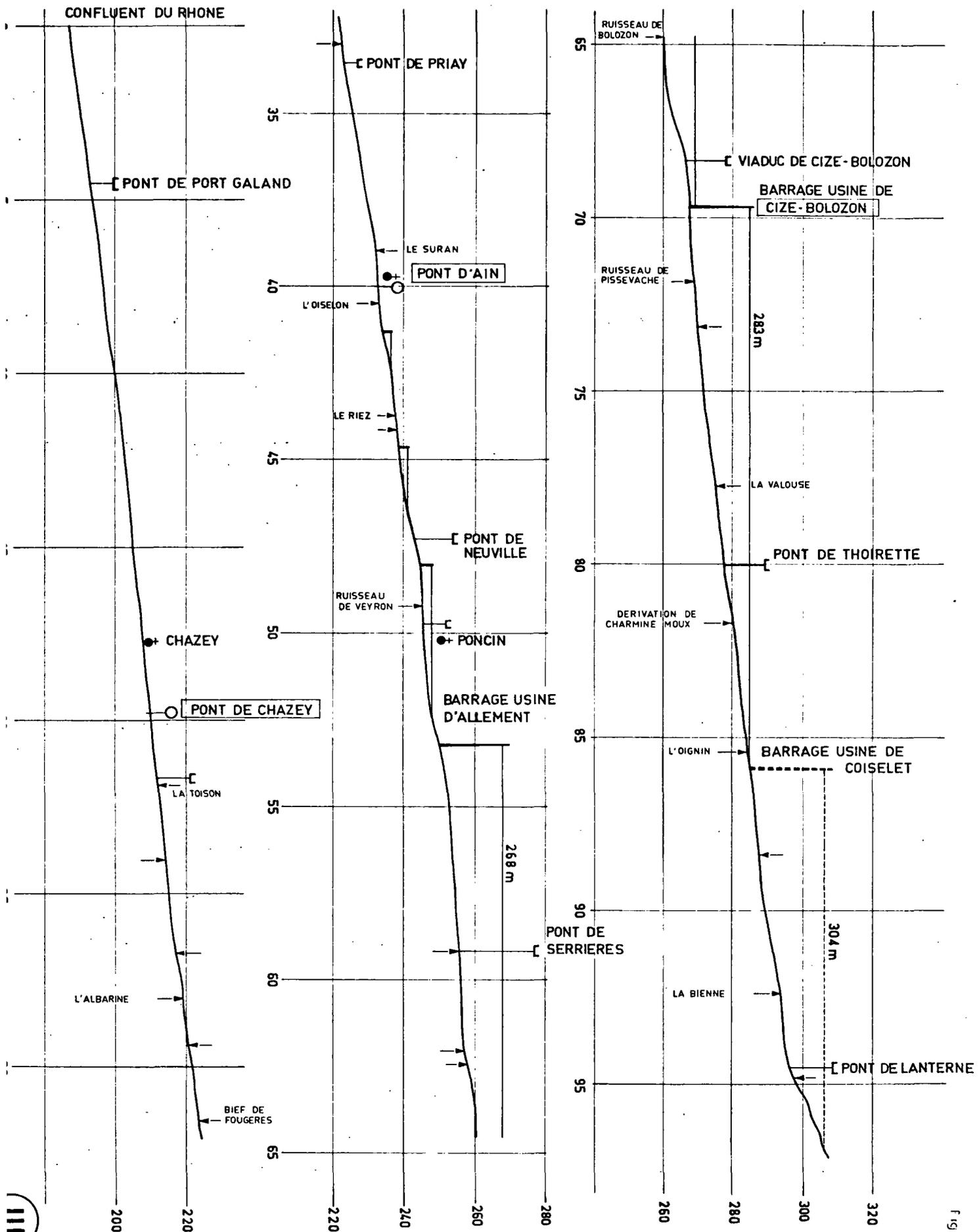


Fig 415C

DEPARTEMENT: JURA

FICHE

Des débits
Mensuels naturels
en m³/s

STATION: CHENAVIER N° 8

Rivière BIENNE
BV Naturel 216 Km²
Station Naturelle
Equipement Limnigraphe Richard 1/20
Début de fonctionnement 1957 - CE EST

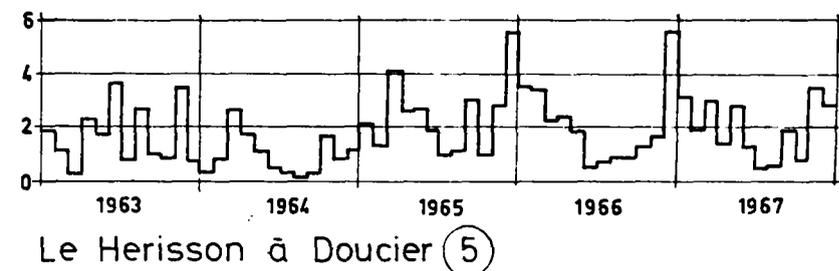
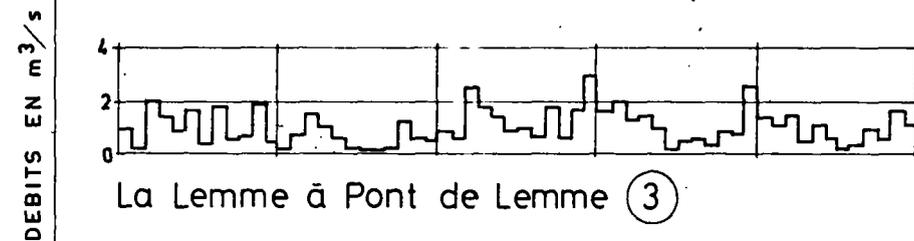
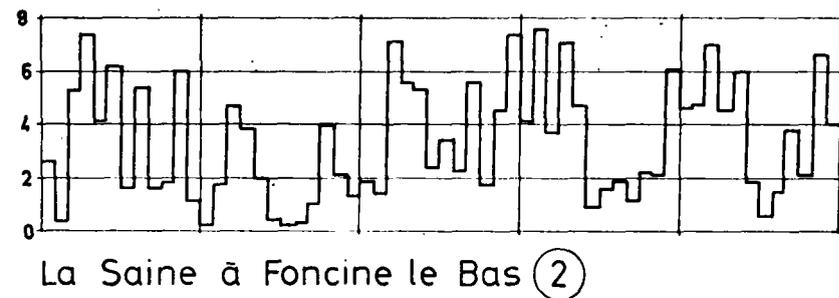
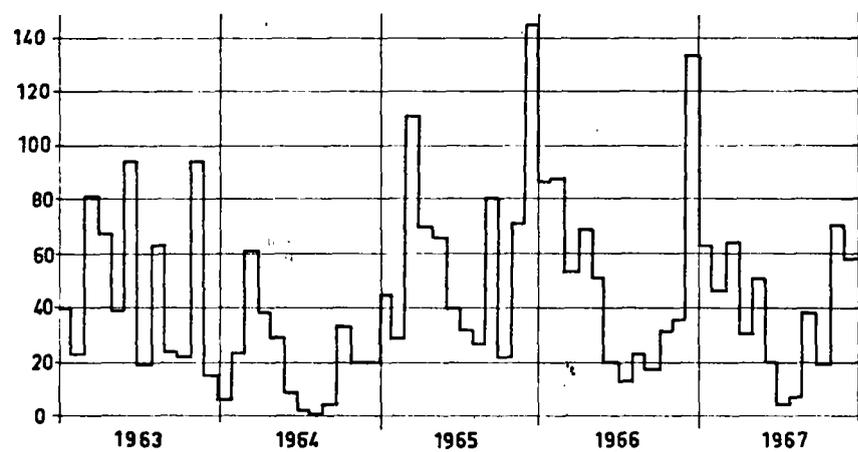
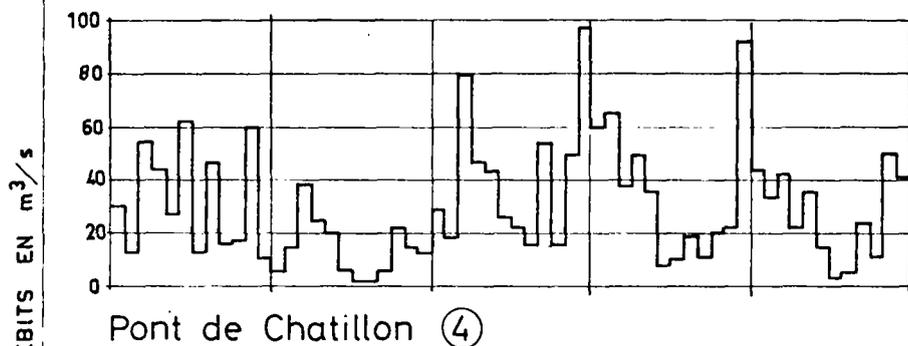
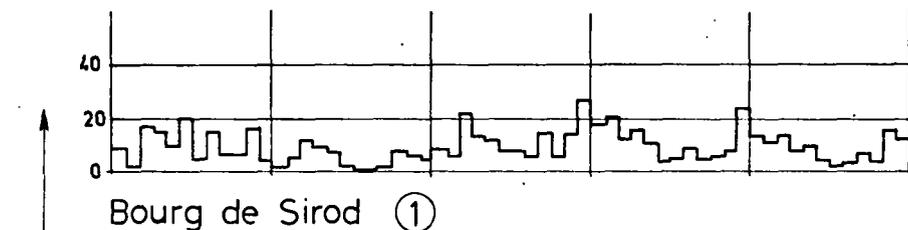
Altitude: 422,4 NGF

ANNEE

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	m ³ /sec	10 ⁶ m ³	mm et l/s Km ²
1963	7,70	1,61	17,50	23,80	9,35	17,20	3,41	20,50	3,75	5,25	20,80	2,56	11,10	349,65	1630 51,5
1964	0,66	4,38	16,70	9,10	5,70	1,49	0,52	0,74	1,90	12,40	4,90	2,90	5,15	162,74	750 23,8
1965	5,45	4,09	26,30	16,50	16,10	6,40	9,20	6,65	19,20	5,00	16,90	27,50	13,30	418,95	1950 61,5
1966	16,00	26,90	12,00	24,30	14,80	2,29	3,72	5,40	2,56	7,25	5,75	21,80	11,80	371,70	1720 54,5
1967	11,70	14,90	19,10	9,60	16,90	4,92	1,37	3,40	9,30	4,52	18,00	10,70	10,30	324,45	1510 47,8
1963-67	8,30	10,37	18,30	16,60	12,57	6,46	3,64	7,34	7,34	6,88	13,27	13,00	10,33	324,45	1510 47,8
1957-67	9,70	13,30	16,00	13,60	9,25	6,15	5,25	6,05	6,75	6,95	10,10	12,40	9,60	302,40	1400 44,4
Coeff-mensual débit 63-67	0,80	1,00	1,77	1,61	1,21	0,62	0,35	0,71	0,71	0,66	1,28	1,25			

DEBITS MOYENS MENSUELS
DE L'AIN ET DE SES AFFLUENTS
DANS SON COURS SUPERIEUR

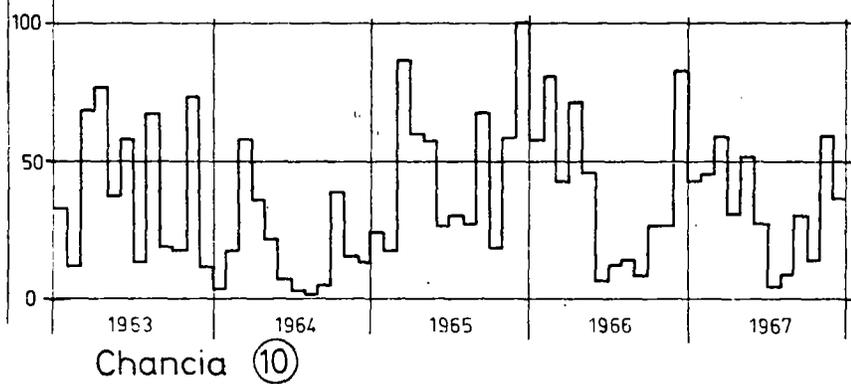
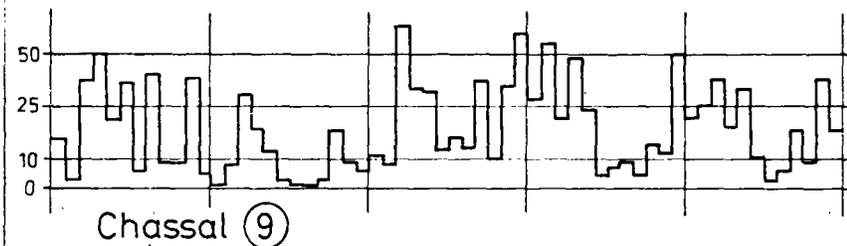
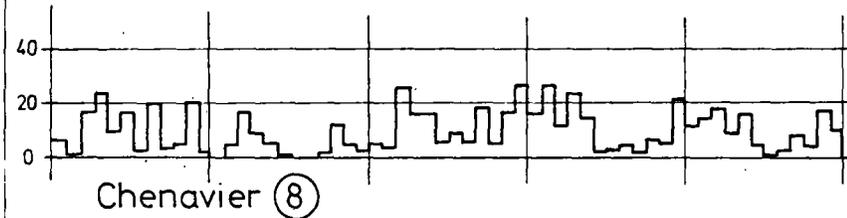
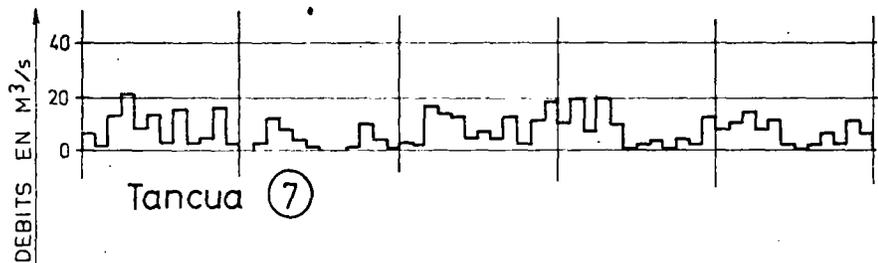
L'AIN A :



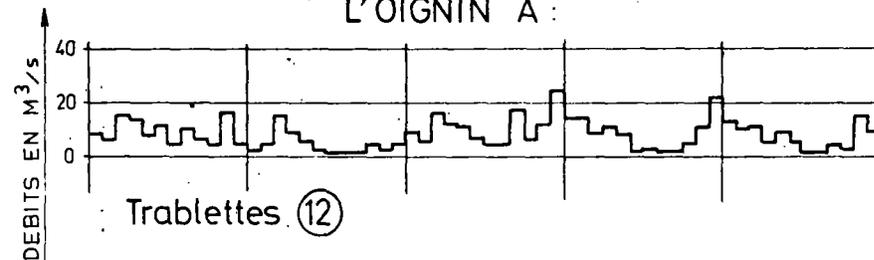
1963 1964 1965 1966 1967

DEBITS MOYENS MENSUELS DE
LA BIENNE ET DES PRINCIPAUX
AFFLUENTS DE L'AIN

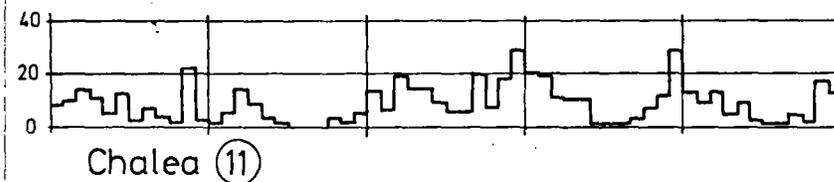
LA BIENNE A :



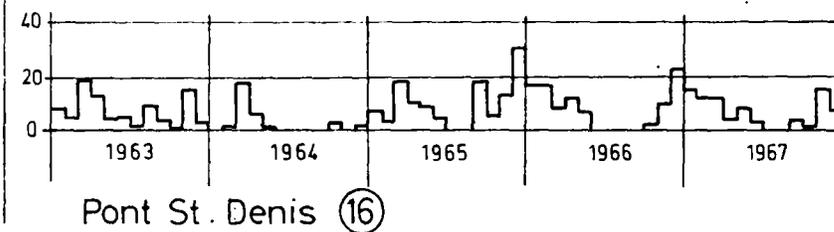
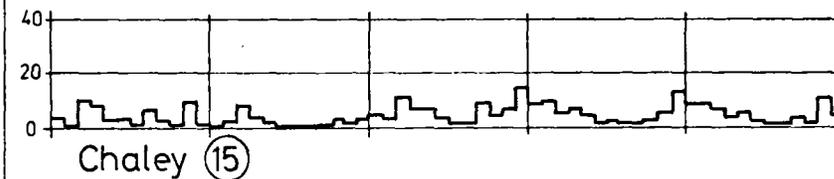
L'OIGNIN A :



LA VALOUSE A :



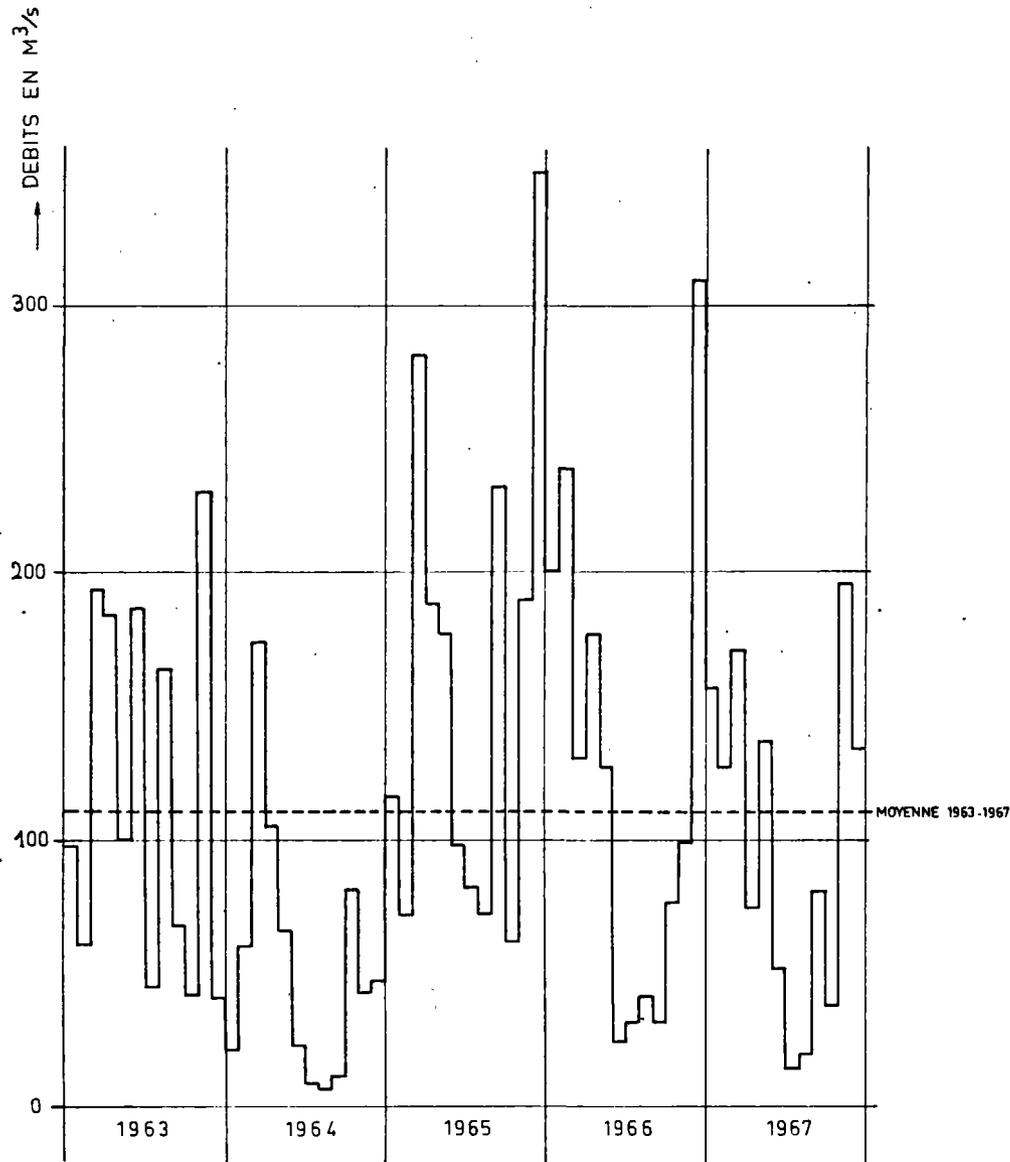
L'ALBARINE A :



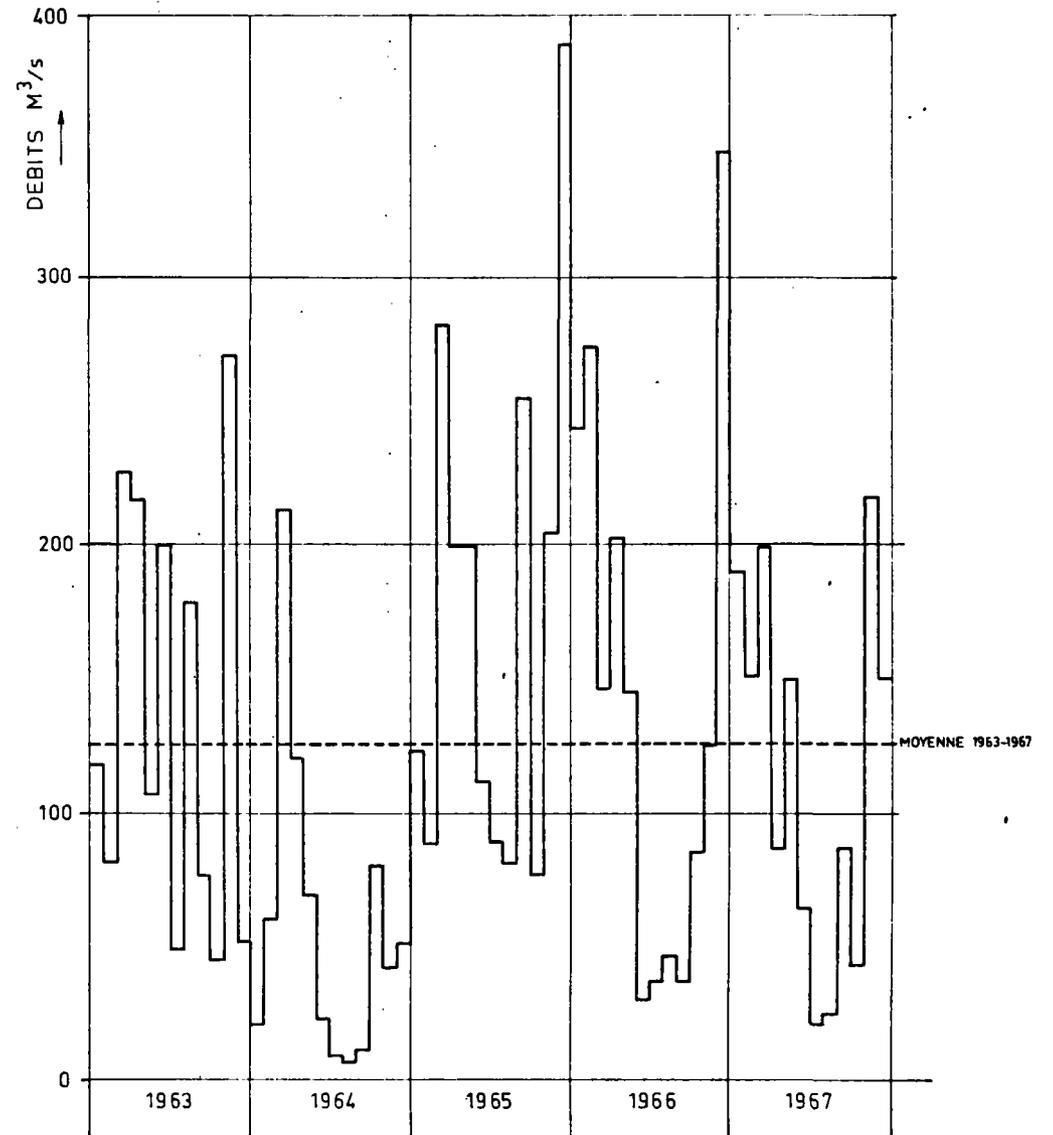
BASSIN DE L'AIN

1963 1967

DEBITS MOYENS MENSUELS DE
L'AIN DANS SON COURS
INFERIEUR



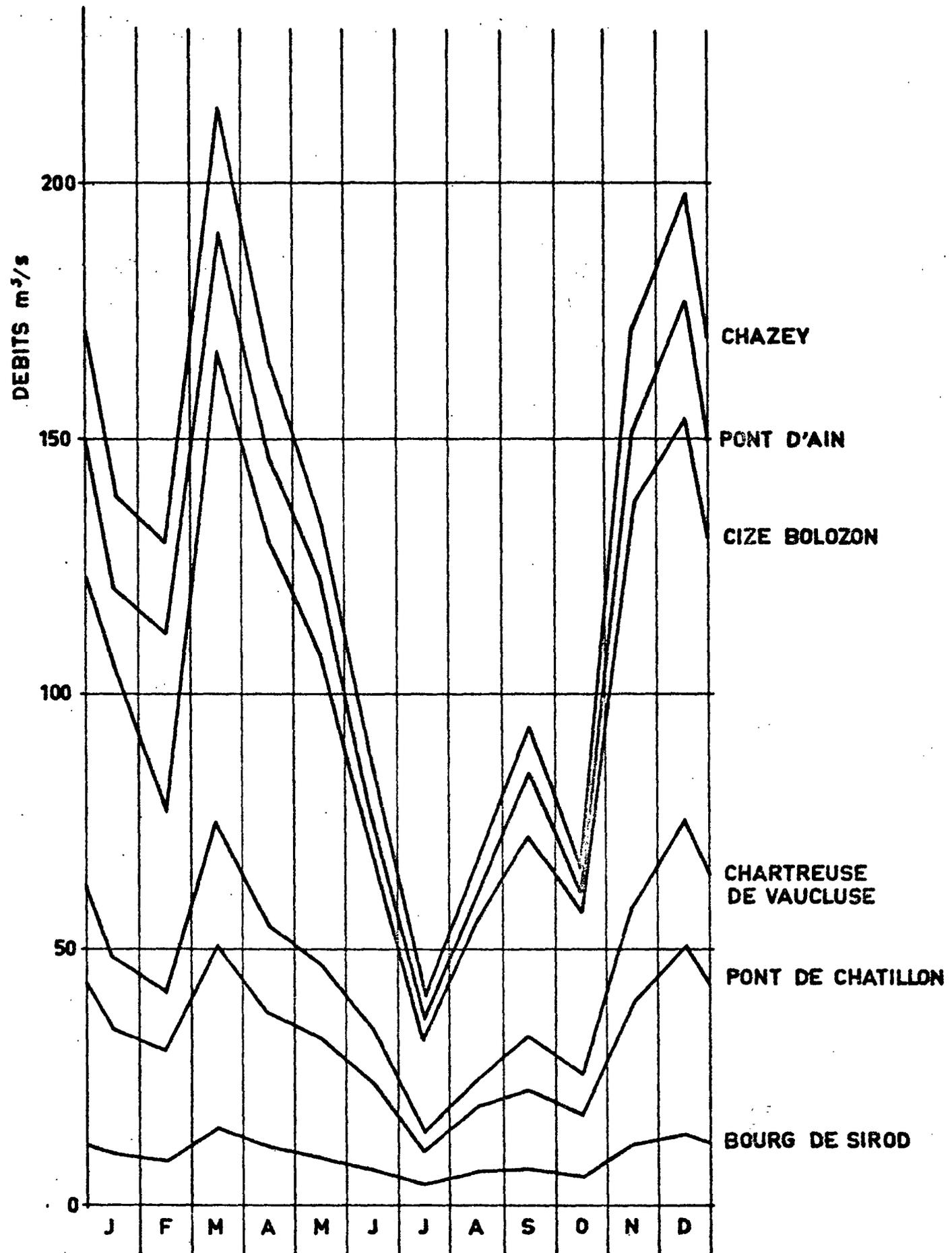
PONT D'AIN (14)



CHAZEY (17)

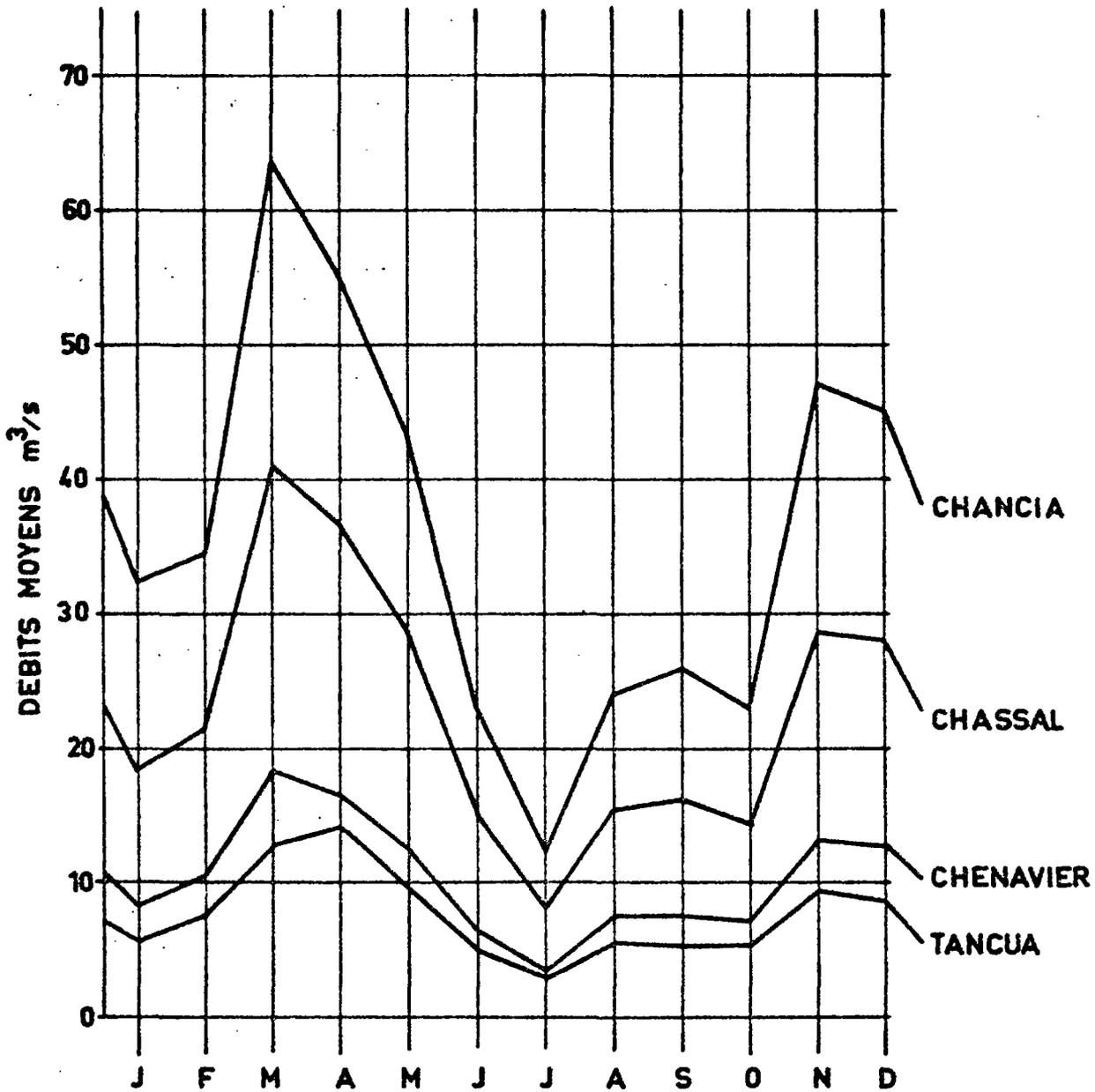
BASSIN DE L'AIN DEBITS MOYENS MENSUELS DE L'AIN

ANNEE MOYENNE 1963-1967



BASSIN DE L'AIN DEBITS MOYENS MENSUELS DE LA BIENNE

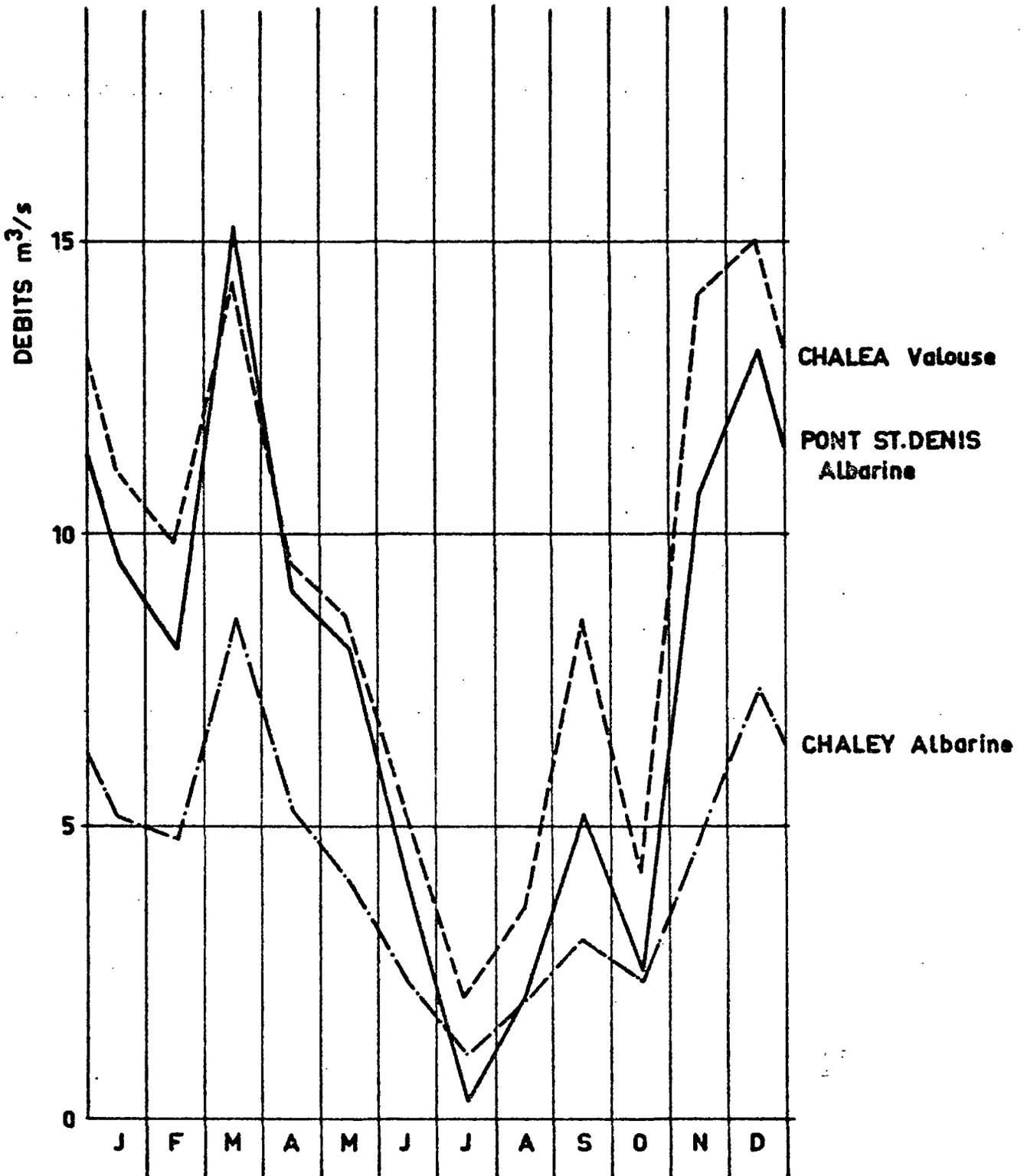
ANNEE MOYENNE 1963-67



BASSIN DE L'AIN

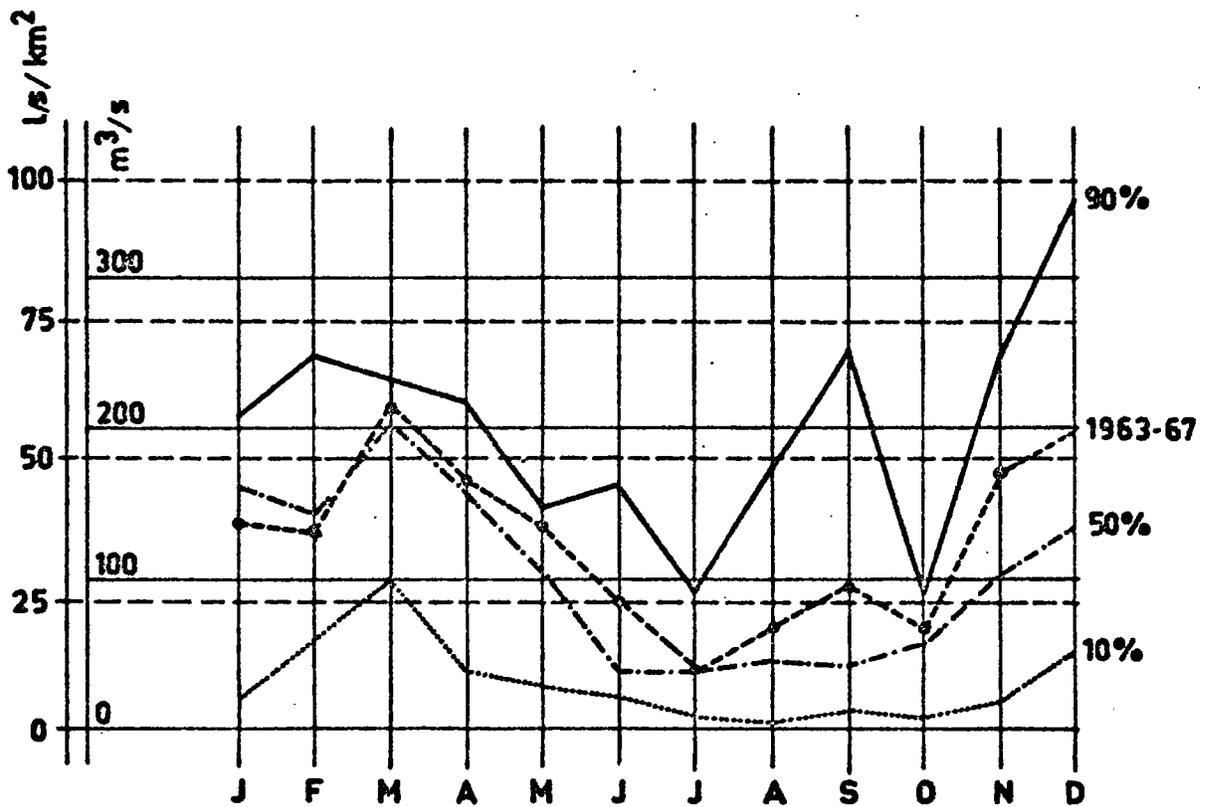
DEBITS MOYENS MENSUELS D'AFFLUENTS DE L'AIN

ANNEE MOYENNE 1963-67



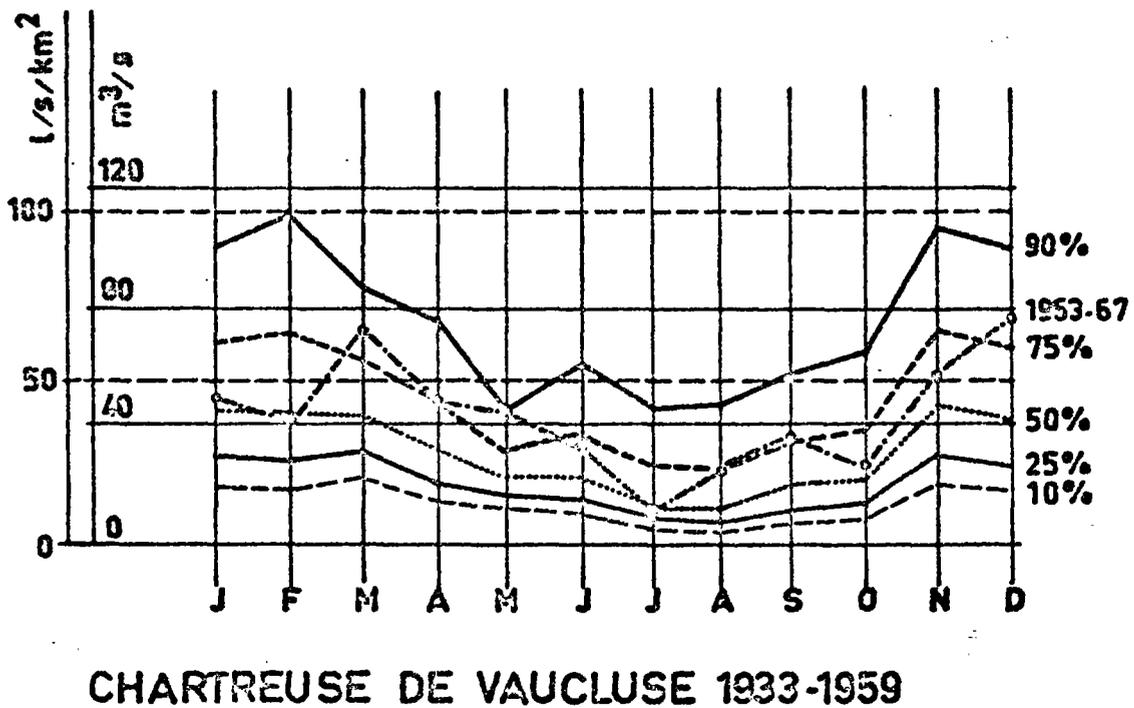
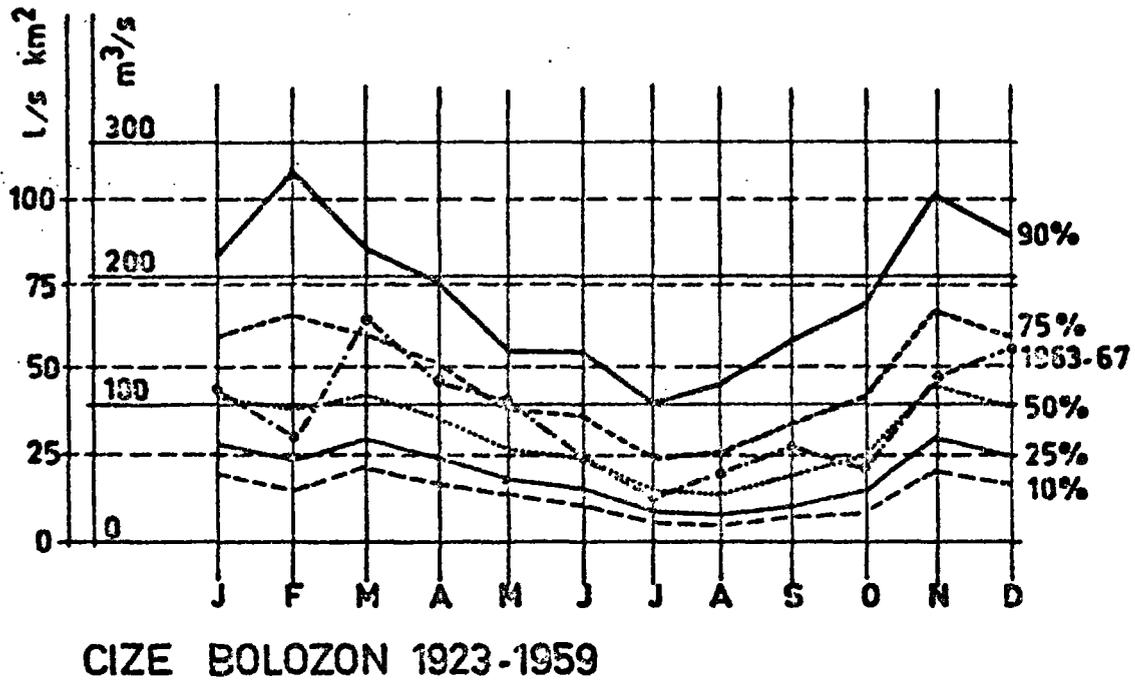
BASSIN DE L'AIN

COURBES DES DEBITS CLASSES D'APRES LEUR FREQUENCE



CHAZEY 1960-1969

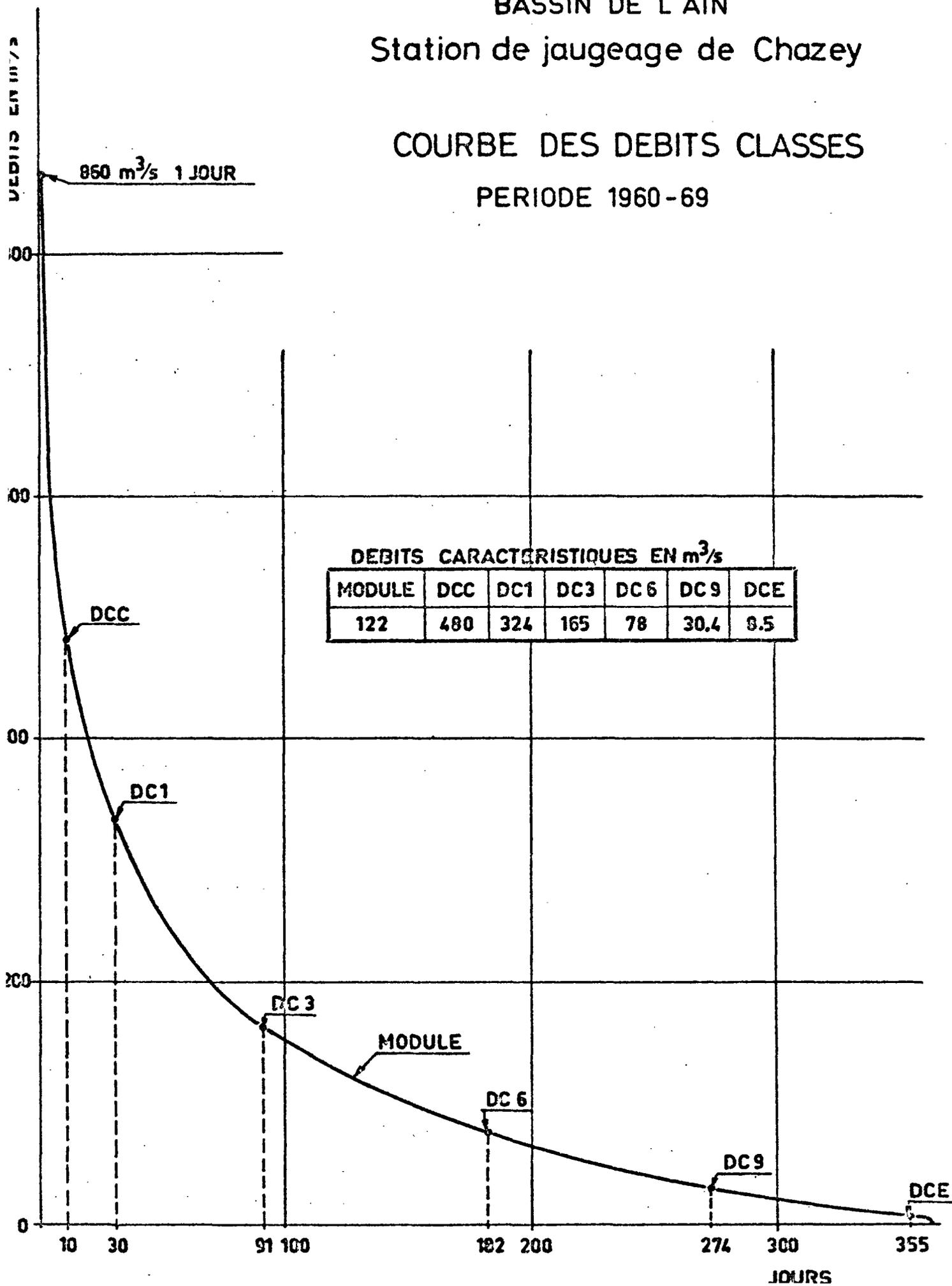
BASSIN DE L'AIN COURBES DES DEBITS MENSUELS D'APRES LEUR FREQUENCE



BASSIN DE L'AIN Station de jaugeage de Chazey

COURBE DES DEBITS CLASSES

PERIODE 1960-69

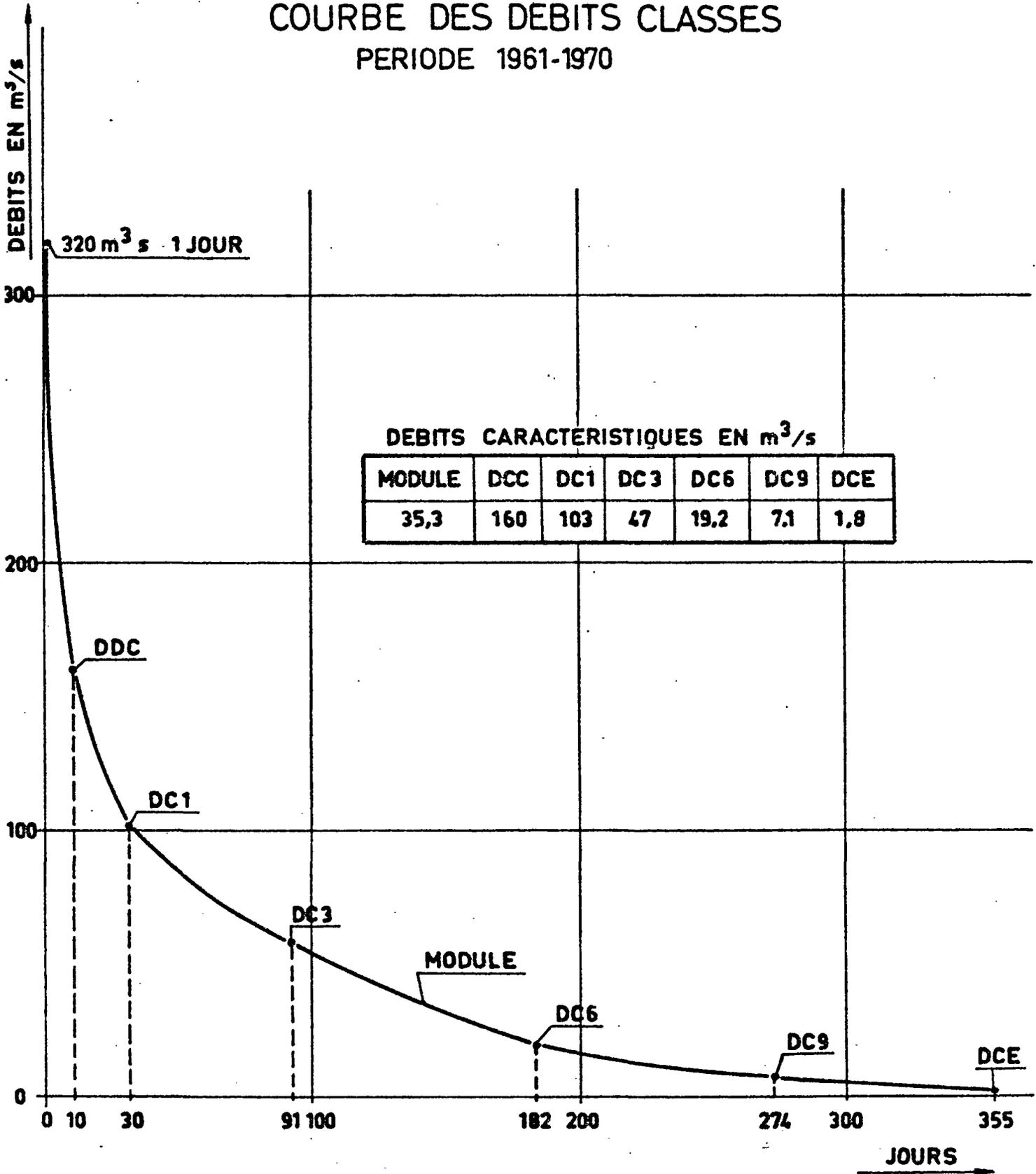


BASSIN DE L'AIN

La Bienne à Chancia

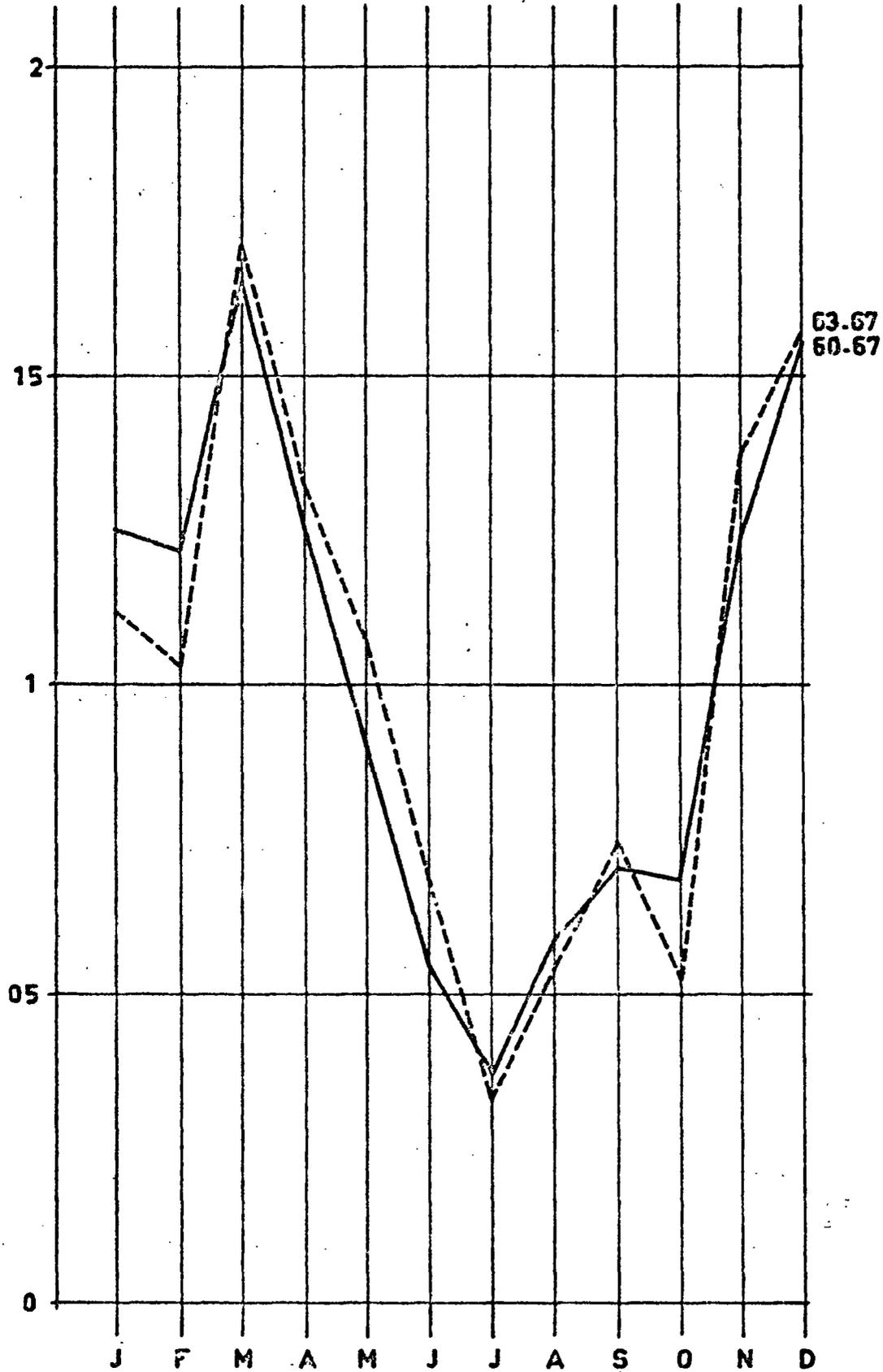
COURBE DES DEBITS CLASSES

PERIODE 1961-1970



BASSIN DE L'AIN

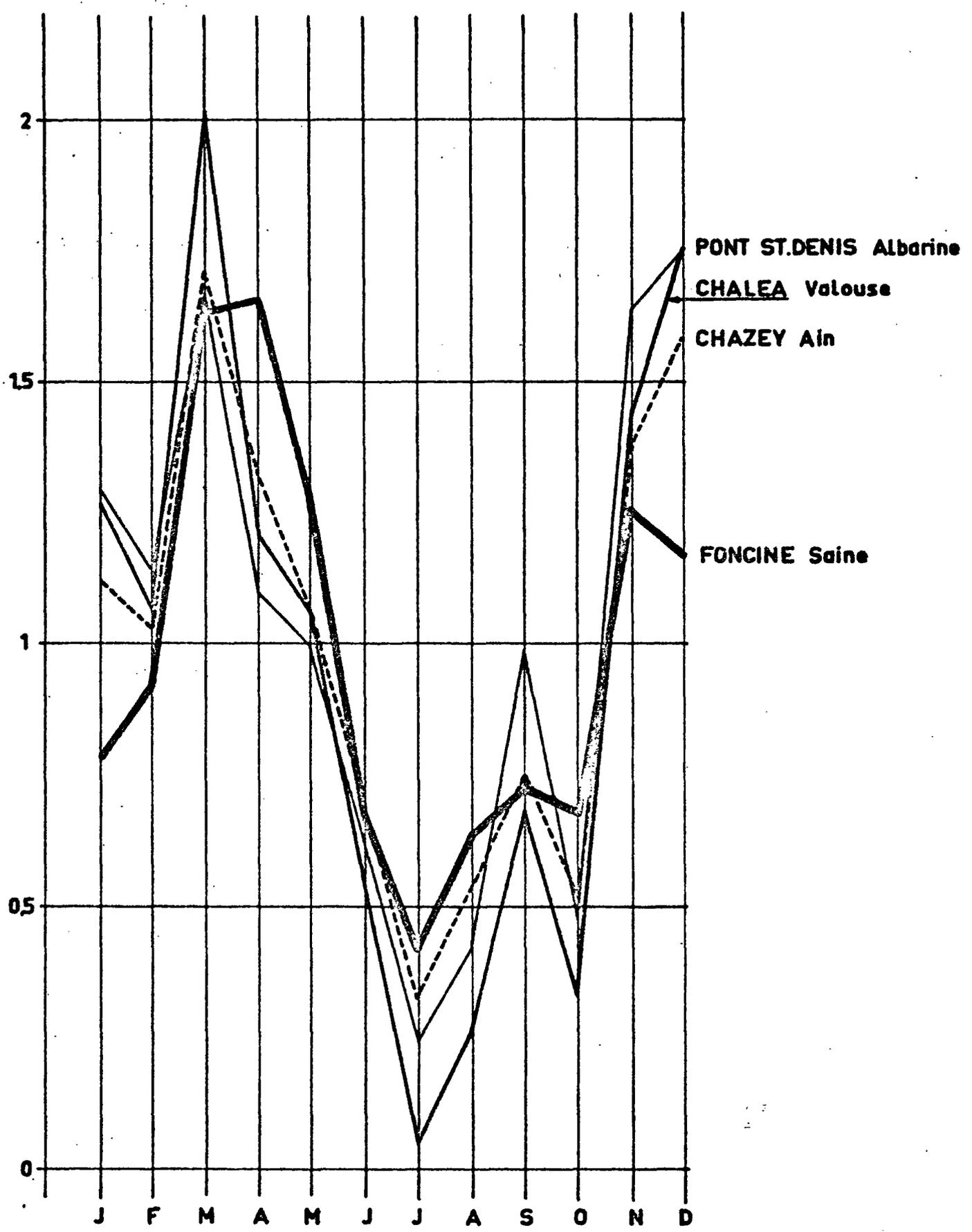
COEFFICIENTS MENSUELS DE DEBIT DE L'AIN A CHAZEY



BASSIN DE L'AIN

COEFFICIENTS MENSUELS DE DEBIT

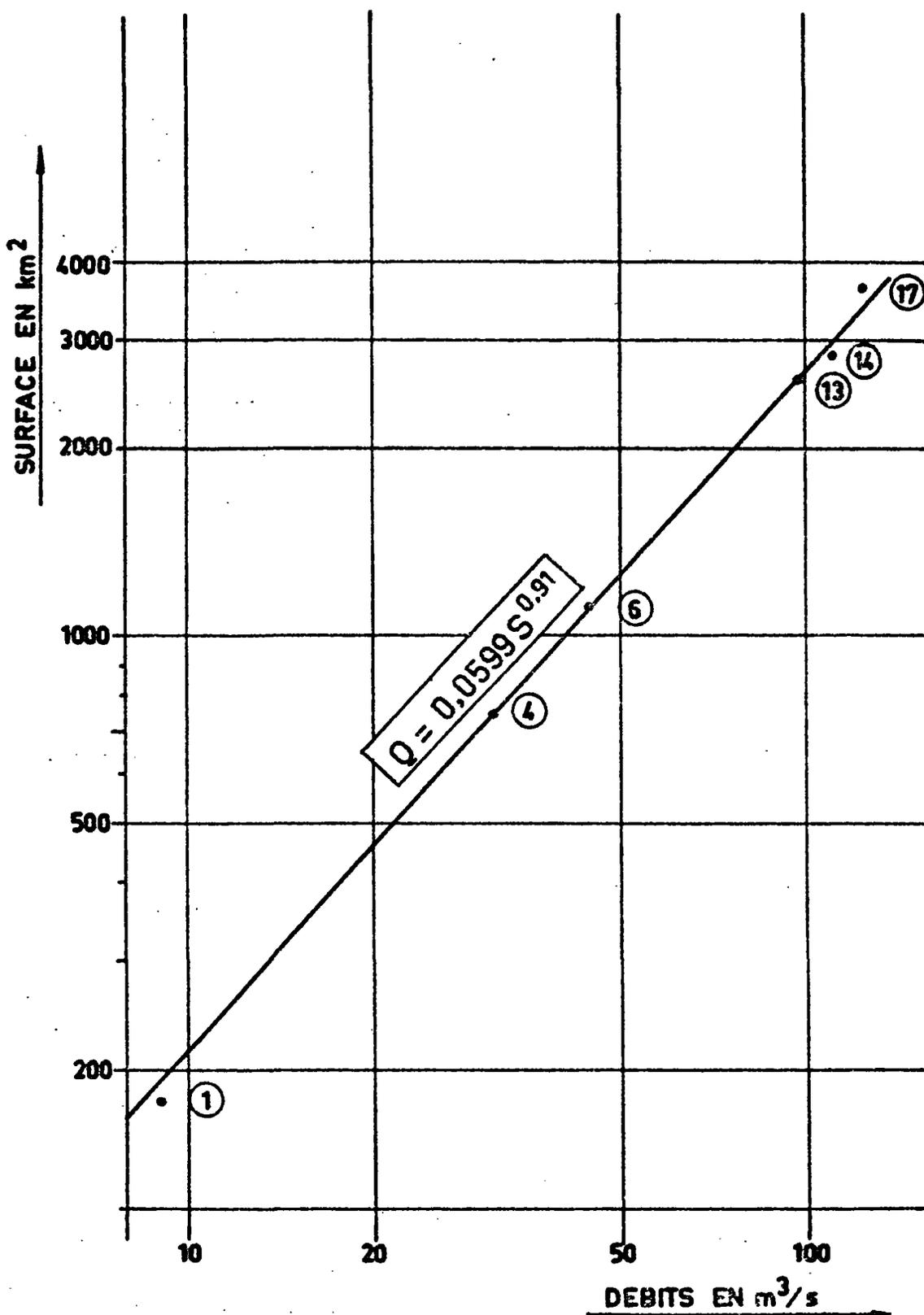
ANNEE MOYENNE 1963-67



BASSIN DE L'AIN

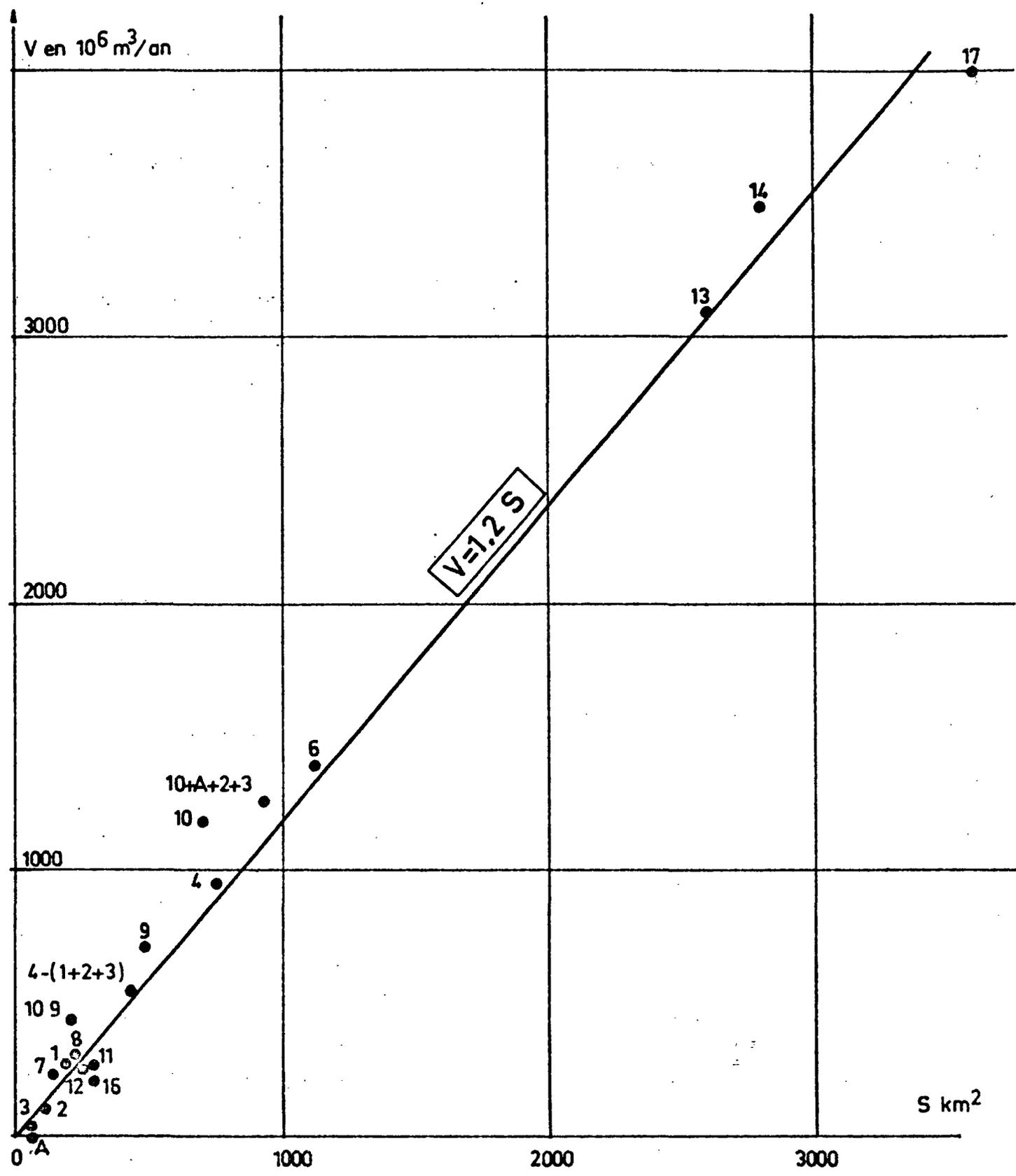
Année moyenne 1963-1967

RELATIONS DEBITS SURFACES POUR LA RIVIERE D'AIN



BASSIN DE L'AIN

RELATION DEBITS-SURFACES



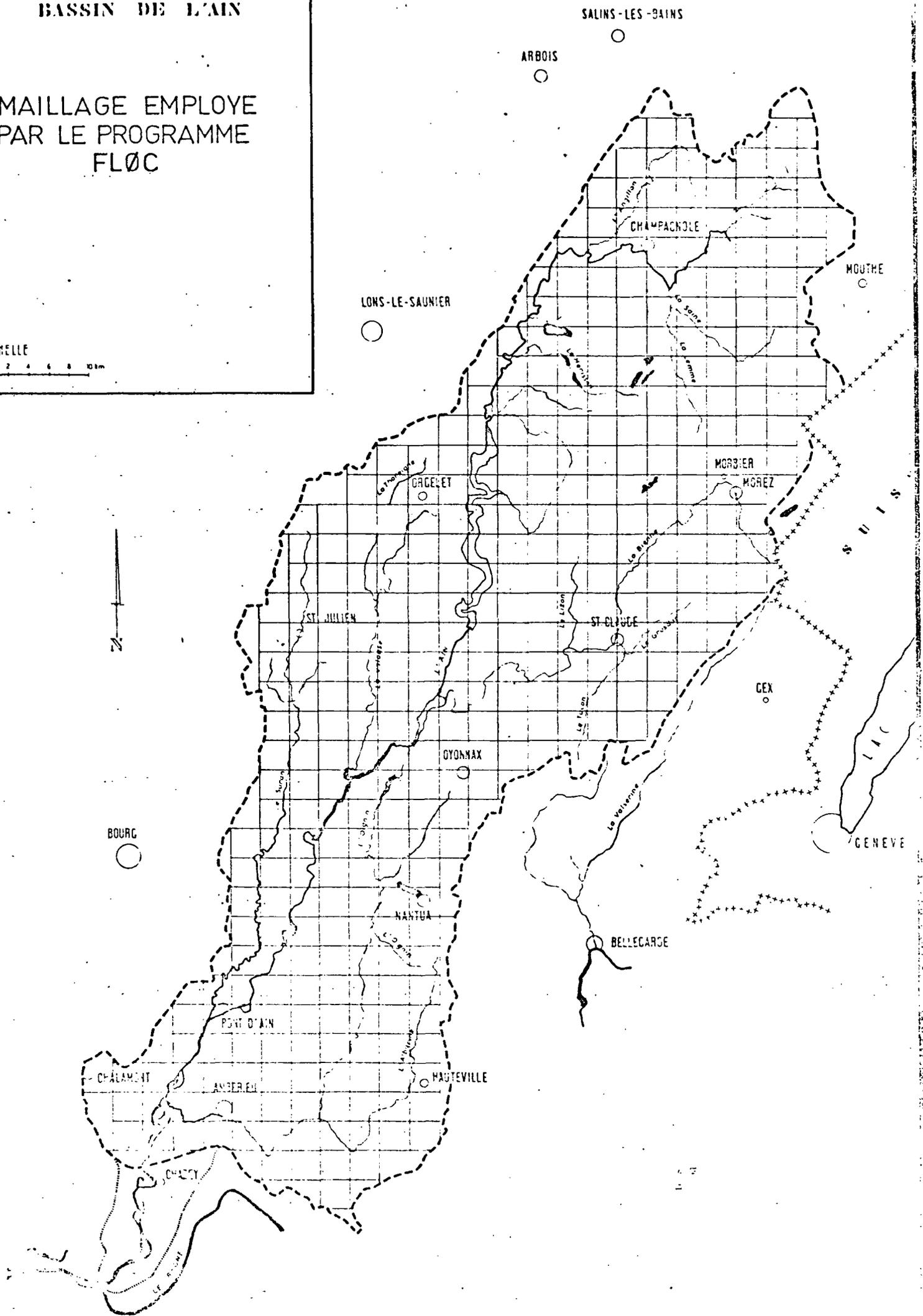
BASSIN DE L'AIN

MAILLAGE EMPLOYE PAR LE PROGRAMME FLØC

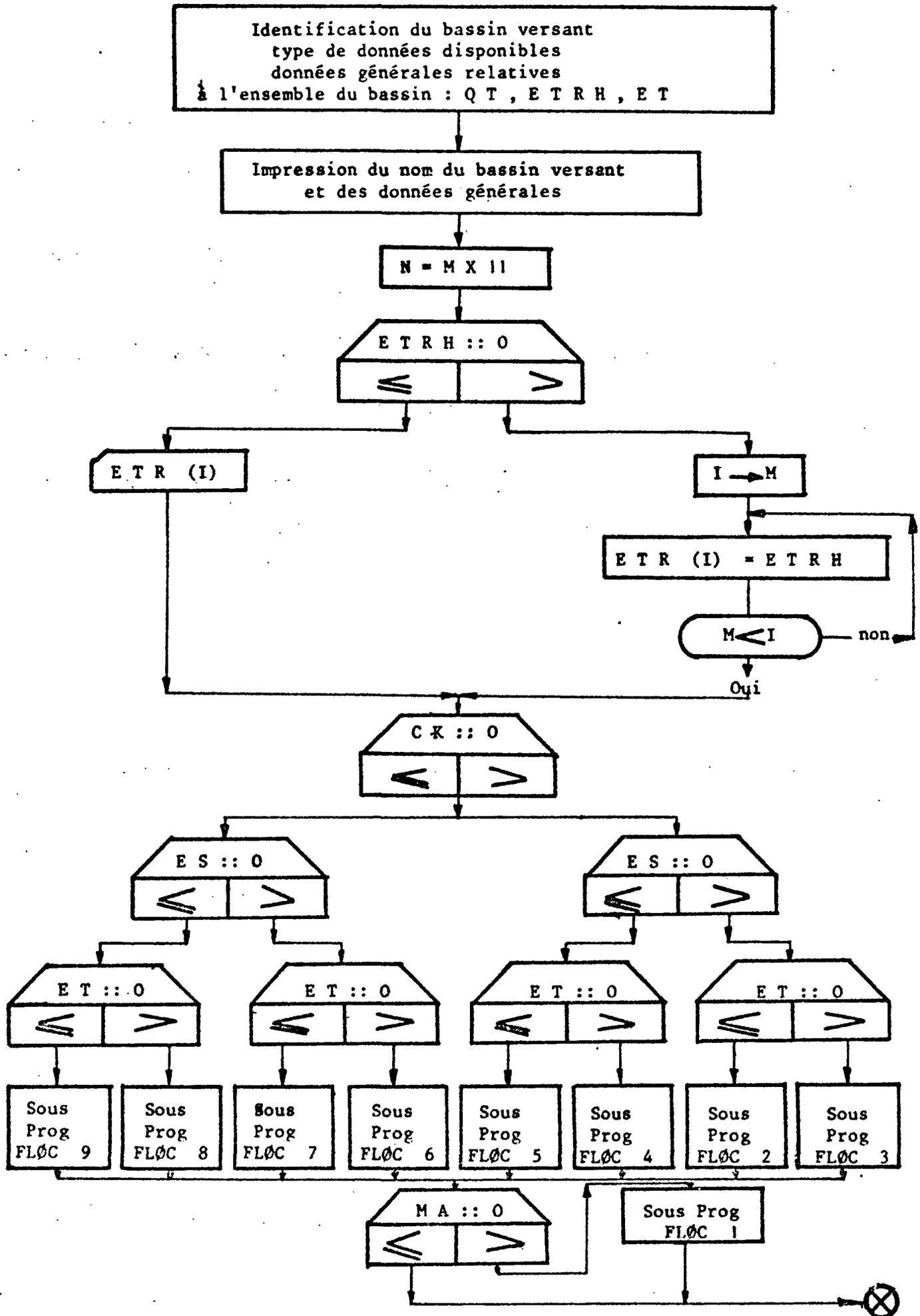
Echelle
2 4 6 8 10 km



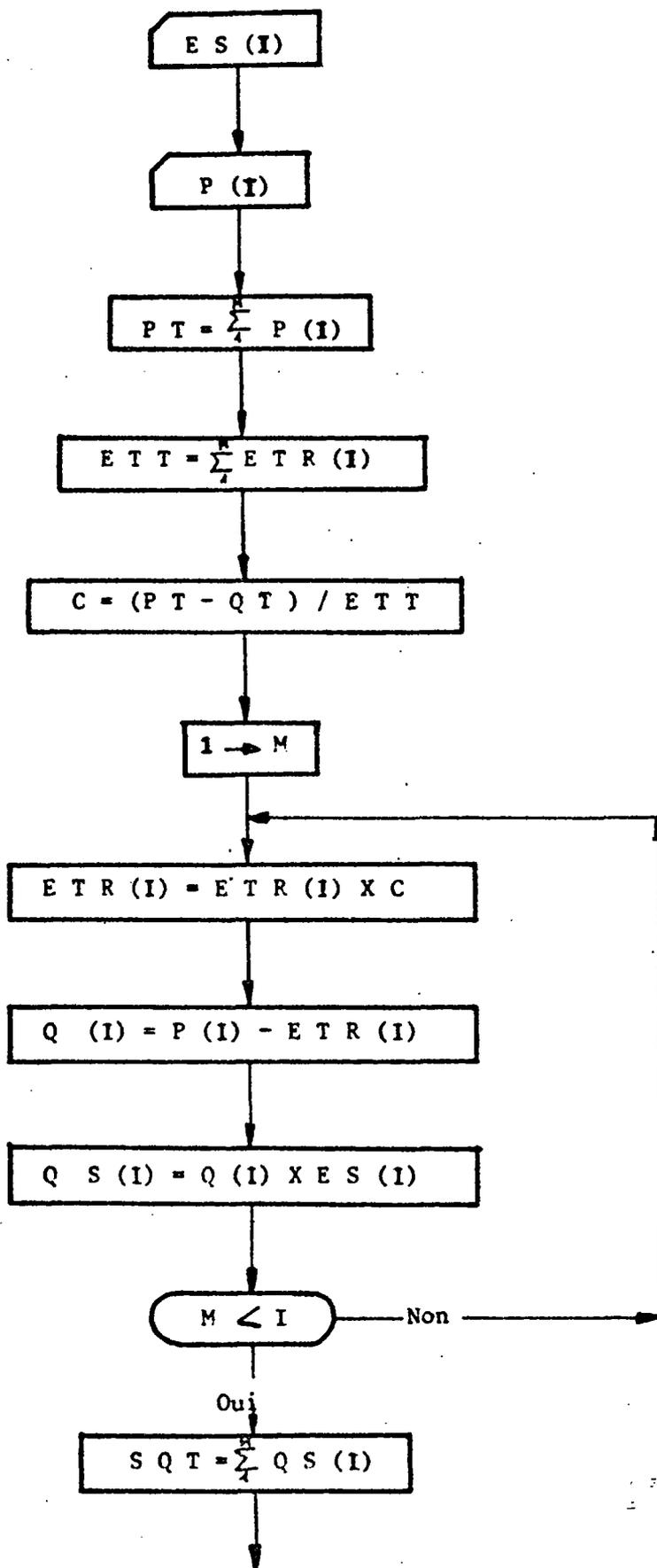
BOURG



ORGANIGRAMME DU PROGRAMME PRINCIPAL FLØC 0



ORGANIGRAMME DU SOUS-PROGRAMME FLØC 7



Impression du tableau des résultats et retour à FLØC 0

Résultats donnés par le programme FLØC

BASSIN DE L'AIN A CHAZEY
ENSEMBLE DE 405 MAILLES DE 9,00 KM2 AYANT UN DREIT TOTAL DE 1944,1 L/EA KM2/AN

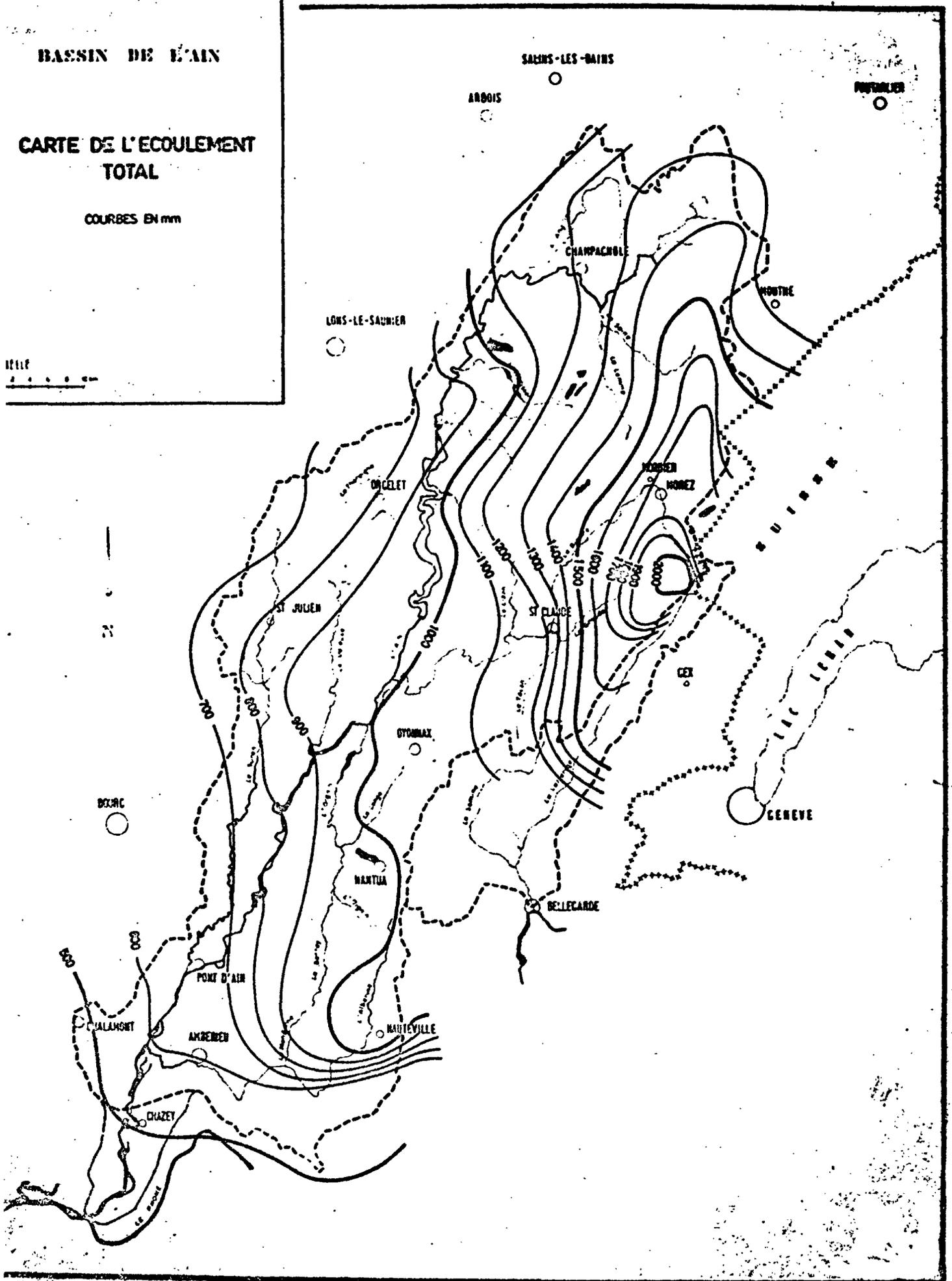
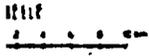
Table with columns: N°MLRO DE LA MAILLE, PLUIE EN MM/AN, ETR EN MM/AN, DREIT TOTAL EN L/5/KM2, AS EN MM/AN, DREIT SOUTERRAIN EN L/5/KM2. The table contains 100 rows of numerical data.

124	02200.0	460.7	1139.9	0.1576	08	0.4527	02	0.90	01565.9	0.141E	08	0.496E	02
125	02200.0	462.4	1134.6	0.1544	09	0.4575	02	0.90	01561.2	0.141E	08	0.499E	02
126	02200.0	462.2	1139.5	0.1549	08	0.4527	02	1.00	01679.8	0.149E	08	0.520E	02
127	02200.0	567.0	715.0	0.6856	07	0.221E	02	0.90	562.4	0.576E	07	0.175E	02
128	02200.0	567.0	715.0	0.6856	07	0.221E	02	0.90	632.4	0.576E	07	0.191E	02
129	02200.0	555.7	744.3	0.6776	07	0.236E	02	0.30	721.3	0.220E	07	0.703E	01
130	02200.0	555.7	744.3	0.6776	07	0.236E	02	0.50	397.2	0.357E	07	0.126E	02
131	02200.0	555.7	744.3	0.6776	07	0.236E	02	0.70	491.0	0.432E	07	0.187E	02
132	02200.0	555.7	744.3	0.6776	07	0.236E	02	0.90	744.5	0.674E	07	0.237E	02
133	02200.0	560.0	1140.0	0.113E	08	0.361E	02	0.90	01076.0	0.927E	07	0.325E	02
134	02200.0	560.0	1140.0	0.113E	08	0.361E	02	1.00	01240.0	0.117E	08	0.393E	02
135	02200.0	557.1	1250.9	0.113E	08	0.407E	02	0.80	01008.0	0.903E	07	0.320E	02
136	02200.0	552.6	1307.4	0.113E	08	0.414E	02	0.60	452.9	0.471E	07	0.166E	02
137	02200.0	557.1	1307.4	0.113E	08	0.414E	02	0.60	493.4	0.475E	07	0.266E	02
138	02200.0	497.2	1137.9	0.134E	08	0.467E	02	1.00	0147.8	0.133E	08	0.469E	02
139	02200.0	497.2	1137.9	0.134E	08	0.467E	02	1.00	01607.2	0.145E	08	0.509E	02
140	02200.0	498.1	1158.9	0.137E	08	0.474E	02	0.70	01166.1	0.140E	08	0.370E	02
141	02200.0	498.1	1158.9	0.137E	08	0.474E	02	0.80	0147.7	0.137E	08	0.444E	02
142	02200.0	416.7	1173.3	0.167E	08	0.565E	02	1.00	0173.3	0.160E	08	0.565E	02
143	02200.0	567.0	431.0	0.619E	07	0.217E	02	0.80	566.4	0.492E	07	0.173E	02
144	02200.0	567.0	431.0	0.619E	07	0.217E	02	0.80	562.4	0.506E	07	0.176E	02
145	02200.0	567.0	431.0	0.619E	07	0.217E	02	0.90	672.4	0.442E	07	0.191E	02
146	02200.0	551.3	794.7	0.716E	07	0.293E	02	0.70	559.1	0.403E	07	0.177E	02
147	02200.0	551.3	794.7	0.716E	07	0.293E	02	0.80	678.9	0.611E	07	0.215E	02
148	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.299E	02	0.90	849.9	0.765E	07	0.269E	02
149	02200.0	551.3	794.7	0.716E	07	0.312E	02	0.90	837.1	0.794E	07	0.281E	02
150	02200.0	551.3	794.7	0.716E	07	0.312E	02	0.90	991.0	0.883E	07	0.311E	02
151	02200.0	555.7	1194.7	0.107E	08	0.379E	02	0.70	036.0	0.352E	07	0.265E	02
152	02200.0	551.3	1258.7	0.114E	08	0.402E	02	0.90	0161.8	0.103E	08	0.362E	02
153	02200.0	557.6	1320.4	0.114E	08	0.419E	02	0.90	060.2	0.594E	07	0.209E	02
154	02200.0	499.2	1427.8	0.123E	08	0.490E	02	0.40	568.3	0.511E	07	0.180E	02
155	02200.0	477.5	1427.8	0.137E	08	0.493E	02	0.70	01565.7	0.107E	08	0.337E	02
156	02200.0	519.6	1657.2	0.119E	08	0.525E	02	0.90	01375.8	0.119E	08	0.320E	02
157	02200.0	425.4	1174.6	0.160E	08	0.563E	02	1.00	0174.6	0.160E	08	0.563E	02
158	02200.0	425.4	1174.6	0.160E	08	0.563E	02	0.90	0597.1	0.144E	08	0.506E	02
159	02200.0	567.0	673.0	0.560E	07	0.213E	02	0.30	201.9	0.182E	07	0.640E	01
160	02200.0	555.7	674.3	0.624E	07	0.220E	02	0.90	624.9	0.562E	07	0.198E	02
161	02200.0	567.0	753.0	0.678E	07	0.239E	02	0.80	602.4	0.542E	07	0.191E	02
162	02200.0	551.3	794.7	0.716E	07	0.253E	02	0.80	638.9	0.575E	07	0.203E	02
163	02200.0	555.7	824.3	0.742E	07	0.261E	02	0.70	577.0	0.519E	07	0.183E	02
164	02200.0	551.3	894.7	0.800E	07	0.282E	02	1.00	888.7	0.800E	07	0.282E	02
165	02200.0	555.7	944.3	0.850E	07	0.298E	02	0.90	849.9	0.765E	07	0.269E	02
166	02200.0	564.3	935.7	0.897E	07	0.312E	02	0.90	887.1	0.794E	07	0.281E	02
167	02200.0	560.0	1000.0	0.918E	07	0.330E	02	1.00	0147.0	0.936E	07	0.340E	02
168	02200.0	555.7	1144.3	0.107E	08	0.363E	02	0.60	086.6	0.618E	07	0.215E	02
169	02200.0	567.0	1144.3	0.113E	08	0.363E	02	0.90	0157.7	0.107E	08	0.357E	02
170	02200.0	519.6	1120.0	0.119E	08	0.419E	02	1.00	792.2	0.713E	07	0.251E	02
171	02200.0	499.2	1400.8	0.129E	08	0.444E	02	0.90	700.4	0.630E	07	0.222E	02
172	02200.0	460.2	1539.8	0.139E	08	0.488E	02	0.90	01365.9	0.125E	08	0.439E	02
173	02200.0	434.1	1115.9	0.154E	08	0.544E	02	0.80	01372.7	0.124E	08	0.435E	02
174	02200.0	425.4	1974.6	0.178E	08	0.626E	02	0.70	01382.2	0.124E	08	0.436E	02
175	02200.0	416.7	1883.3	0.164E	08	0.597E	02	0.70	01318.3	0.119E	08	0.418E	02
176	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.70	521.0	0.469E	07	0.165E	02
177	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.50	397.2	0.357E	07	0.126E	02
178	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.50	412.2	0.371E	07	0.131E	02
179	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180	02200.0	551.3	848.7	0.844E	07	0.301E	02	0.80	758.9	0.689E	07	0.241E	02
181	02200.0	555.7	854.3	0.858E	07	0.315E	02	0.80	795.5	0.716E	07	0.252E	02
182	02200.0	564.3	848.7	0.888E	07	0.312E	02	0.70	481.1	0.738E	07	0.231E	02
183	02200.0	560.0	1020.0	0.938E	07	0.330E	02	1.00	01500.0	0.938E	07	0.330E	02
184	02200.0	555.7	1036.3	0.955E	07	0.347E	02	0.70	716.0	0.689E	07	0.243E	02
185	02200.0	567.0	1153.0	0.104E	08	0.366E	02	1.00	01153.0	0.104E	08	0.366E	02
186	02200.0	519.6	1420.4	0.114E	08	0.403E	02	1.00	01270.4	0.114E	08	0.403E	02
187	02200.0	499.2	1470.8	0.126E	08	0.444E	02	1.00	01400.8	0.125E	08	0.444E	02
188	02200.0	455.8	1584.2	0.139E	08	0.490E	02	0.90	01389.8	0.125E	08	0.441E	02
189	02200.0	434.1	1165.9	0.154E	08	0.560E	02	0.90	01599.3	0.143E	08	0.504E	02
190	02200.0	416.7	1933.3	0.175E	08	0.629E	02	1.00	01383.3	0.173E	08	0.629E	02
191	02200.0	418.1	2191.9	0.197E	08	0.695E	02	1.00	02191.9	0.197E	08	0.695E	02
192	02200.0	464.1	1491.9	0.170E	08	0.631E	02	0.80	01593.6	0.143E	08	0.505E	02
193	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.30	223.3	0.201E	07	0.708E	01
194	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.50	397.2	0.357E	07	0.126E	02
195	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.50	422.2	0.380E	07	0.134E	02
196	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.50	447.2	0.402E	07	0.142E	02
197	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
198	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.70	678.1	0.610E	07	0.215E	02
199	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.80	795.5	0.716E	07	0.252E	02
200	02200.0	564.3	1038.7	0.939E	07	0.319E	02	0.90	335.1	0.815E	07	0.267E	02
201	02200.0	560.0	1040.0	0.938E	07	0.330E	02	1.00	01040.0	0.938E	07	0.330E	02
202	02200.0	555.7	1094.3	0.955E	07	0.347E	02	0.80	475.5	0.768E	07	0.278E	02
203	02200.0	567.0	1153.0	0.104E	08	0.366E	02	0.90	01077.7	0.914E	07	0.329E	02
204	02200.0	525.6	1230.4	0.110E	08	0.387E	02	1.00	01220.4	0.110E	08	0.387E	02
205	02200.0	499.2	1470.8	0.126E	08	0.444E	02	0.90	01260.7	0.113E	08	0.400E	02
206	02200.0	460.2	1539.8	0.139E	08	0.488E	02	0.90	01385.9	0.125E	08	0.439E	02
207	02200.0	434.1	1115.9	0.154E	08	0.544E	02	0.90	01444.3	0.139E	08	0.490E	02
208	02200.0	412.4	1587.6	0.179E	08	0.610E	02	1.00	01987.6	0.179E	08	0.610E	02
209	02200.0	567.0	753.0	0.678E	07	0.239E	02	0.30	275.9	0.203E	07	0.716E	01
210	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.70	481.1	0.738E	07	0.231E	02
211	02200.0	560.0	1020.0	0.938E	07	0.271E	02	0.60	318.4	0.862E	07	0.183E	02
212	02200.0	555.7	744.3	0.677E	07	0.236E	02	0.60	536.6	0.443E	07	0.170E	02
213	02200.0	560.0	1020.0	0.938E	07	0							

BASSIN DE L'AIN

CARTE DE L'ECOULEMENT TOTAL

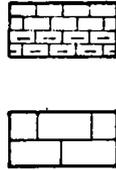
COURBES EN mm



Coupes séries simplifiées dans la région de St-Laurent et du synclinal de l'Abbaye

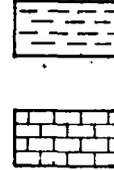
Légende

Limite de
bassin versant



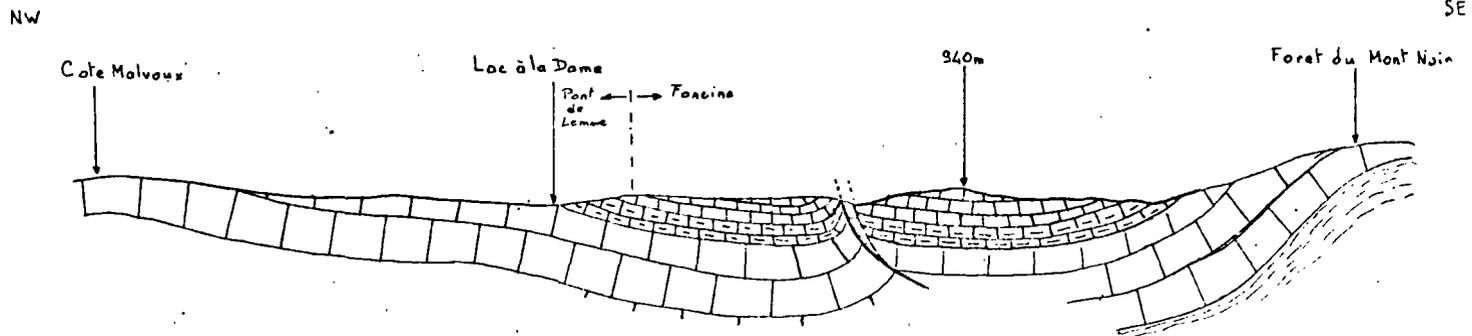
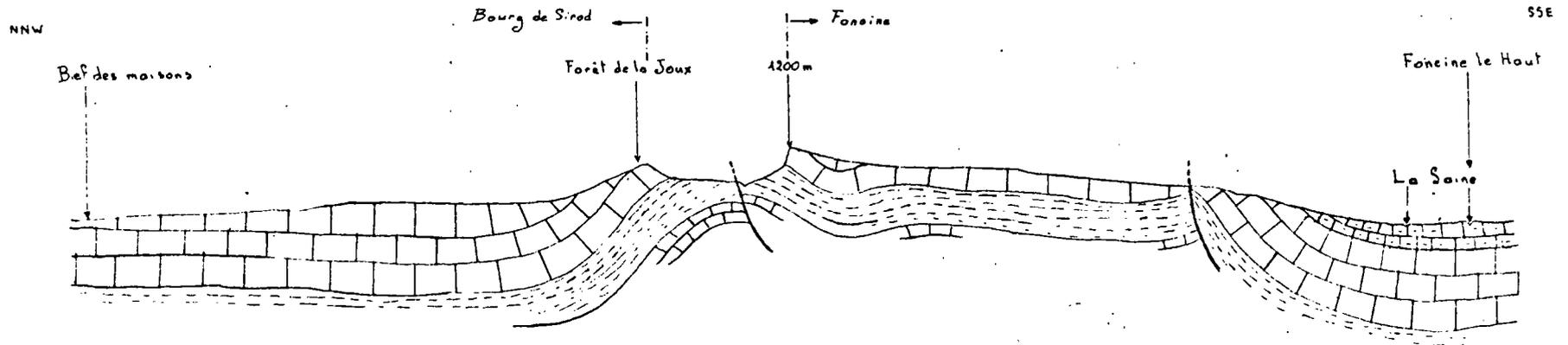
Crétacé

Jurassique supérieur calcaire



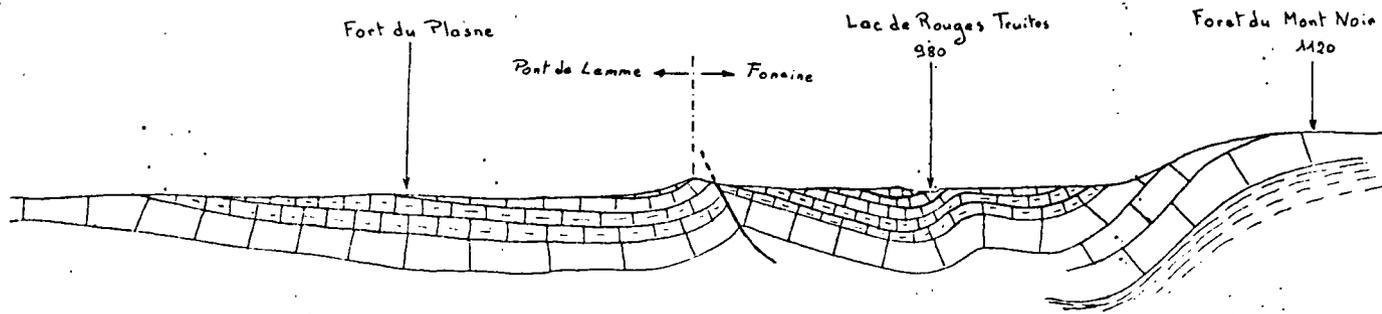
Jurassique supérieur marneux

Jurassique moyen calcaire

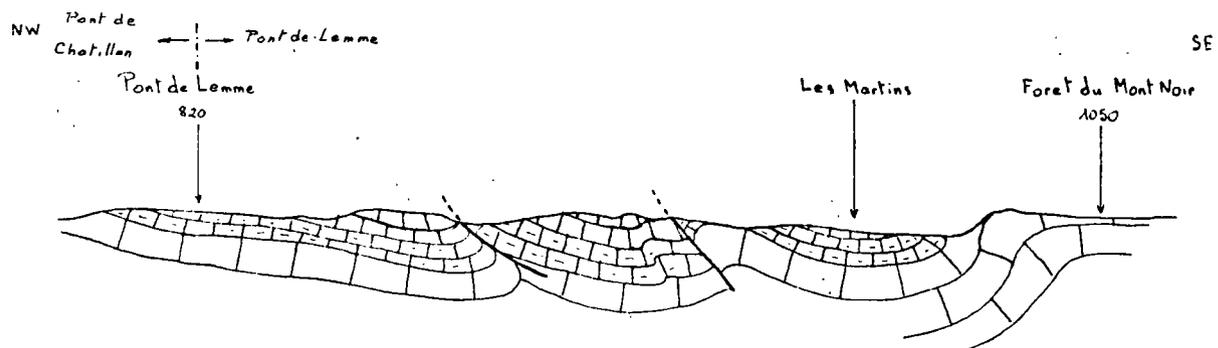


①

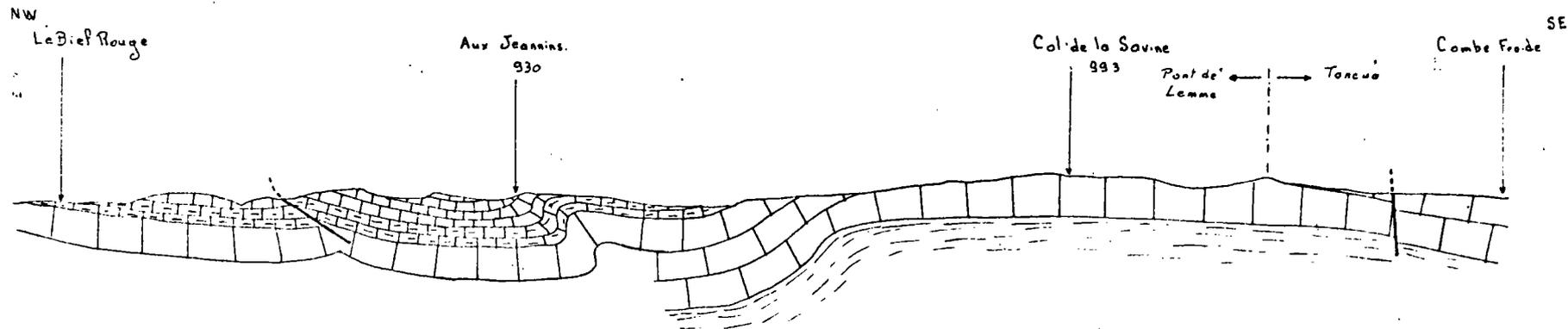
②



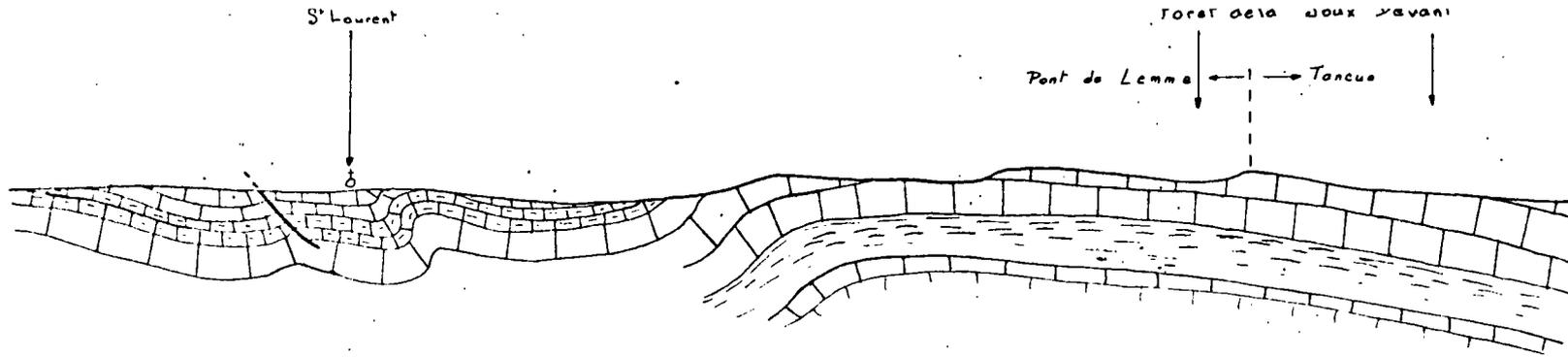
3



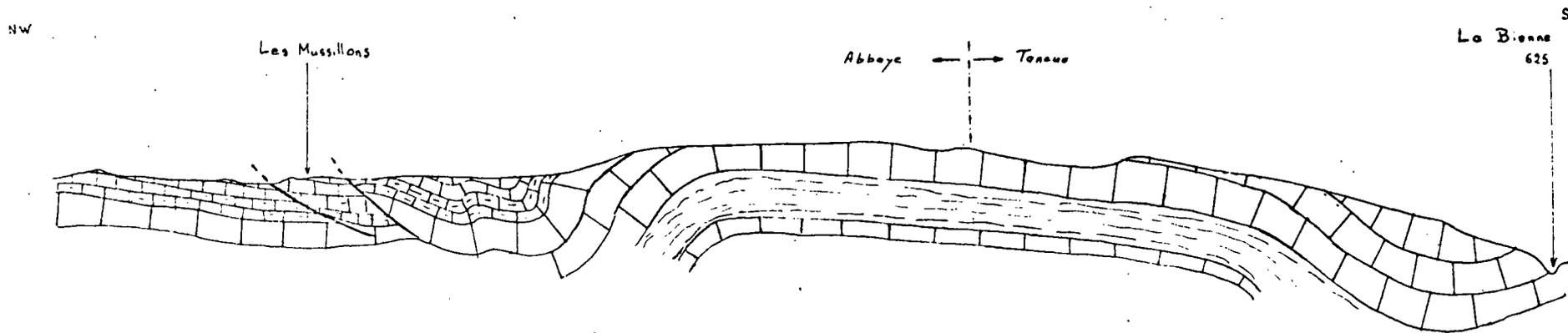
4



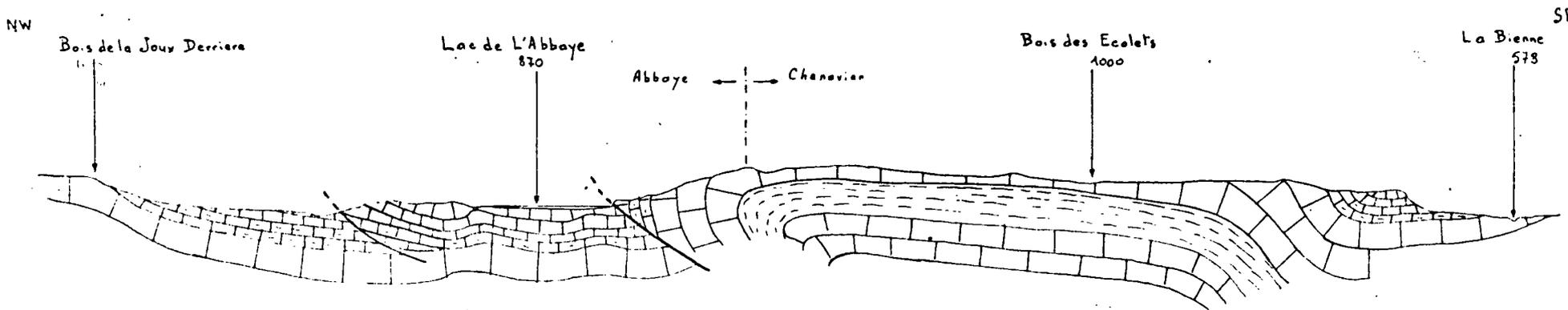
5



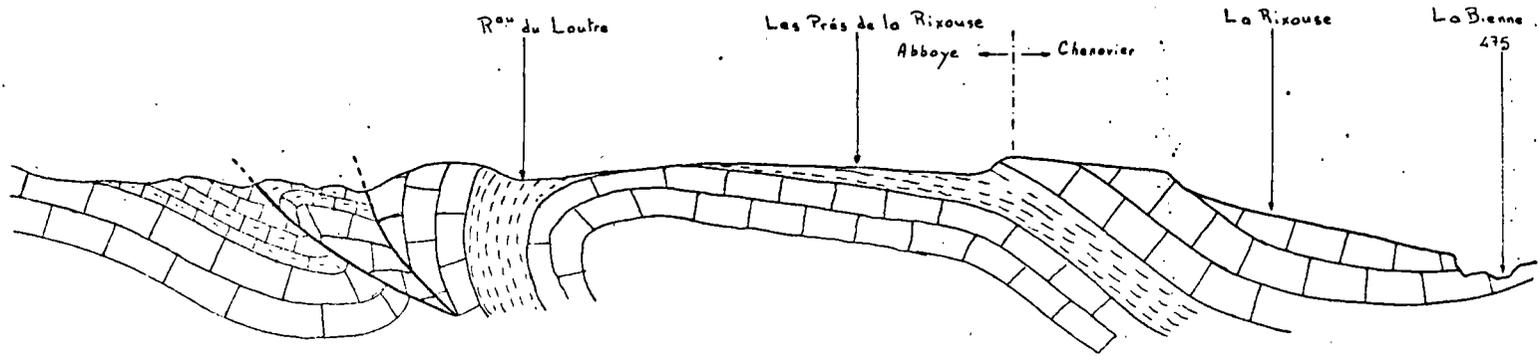
⑥



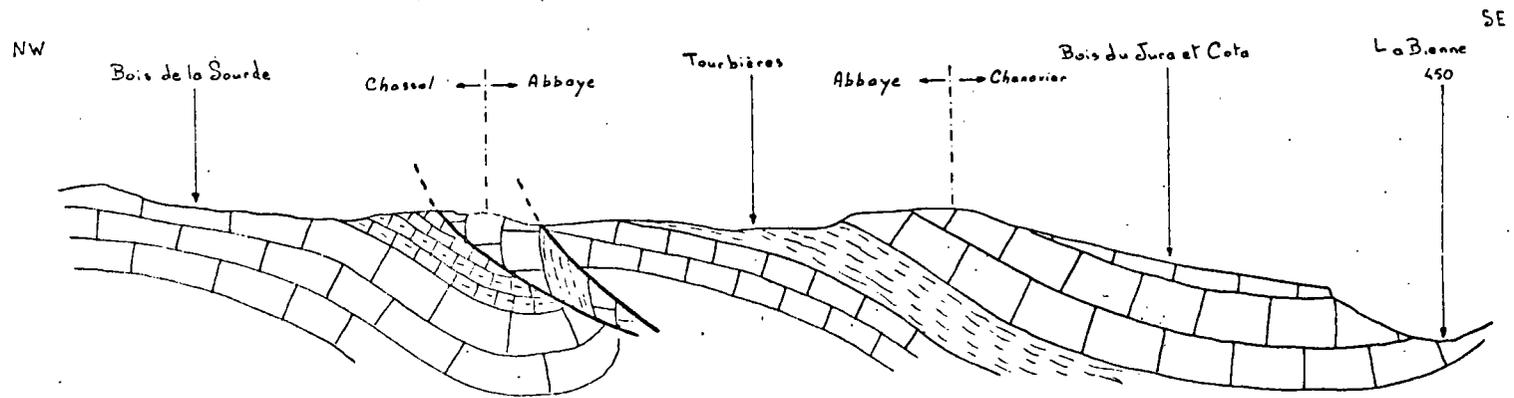
⑦



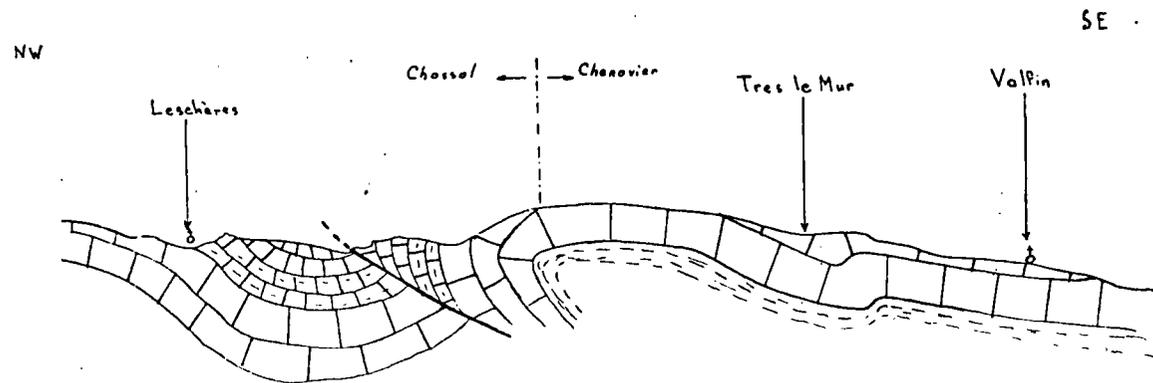
⑧



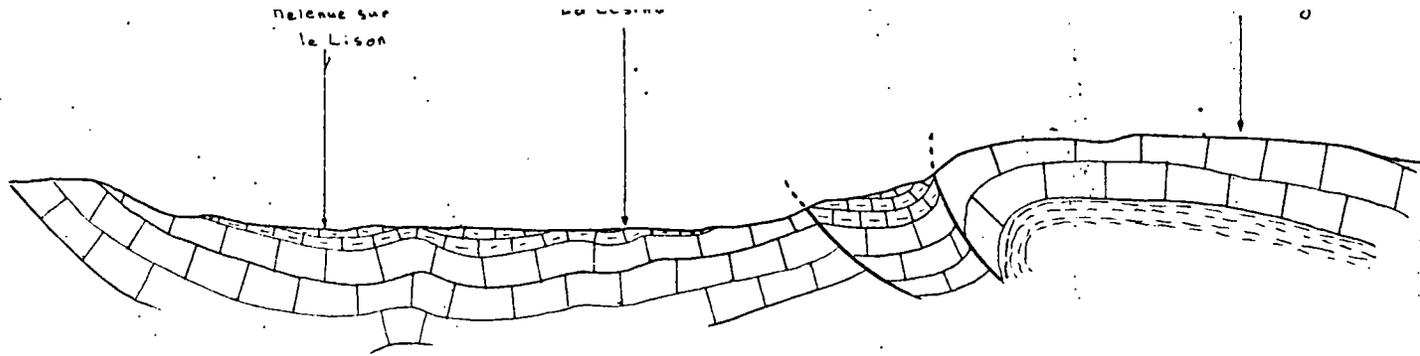
9



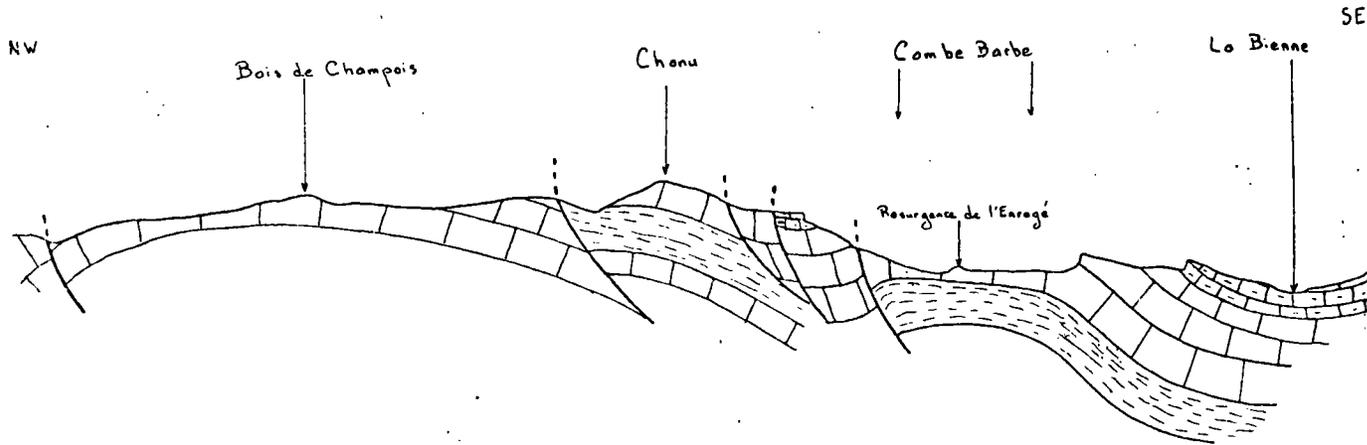
10



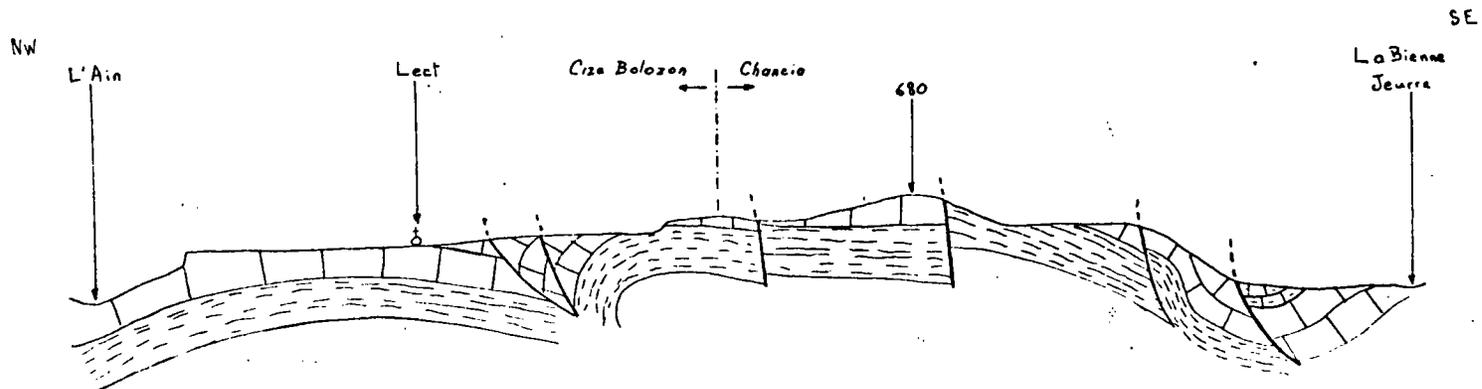
11



12



13



14