

LES SECTEURS BIOGEOGRAPHIQUES DE LA MAURIENNE (SAVOIE):
LEUR DELIMITATION PAR L'ETUDE DES PRECIPITATIONS
ET DES GROUPEMENTS VEGETAUX FORESTIERS

par Josette FOURNIER et Jean-Paul PELTIER⁽¹⁾

I.- Introduction.....	4
II.- Les précipitations.....	5
III.- Distribution des communautés végétales forestières.....	18
IV.- Conclusion générale.....	23
Bibliographie	23

RESUME.- L'analyse des précipitations annuelles, saisonnières, estivales et de leur distribution interannuelle, exprimée graphiquement sous forme de calendriers de probabilités, montre qu'il est tout à fait justifié de distinguer trois secteurs dans la vallée de l'Arc. Ils correspondent à des discordances orographiques.

L'importance de l'étage montagnard, dans la définition de la spécificité biocénotique de chaque secteur est mise en évidence et les groupements forestiers de la vallée sont brièvement décrits. La notion d'Alpes intermédiaires est précisée, discutée dans le cadre de la Maurienne. La Moyenne-Maurienne apparaît comme un secteur très diversifié sur le plan phytoécologique, car plusieurs groupements atteignent leur limite biogéographique, soit orientale (chênaies, hêtraies), soit occidentale (mélèzeins, sapinières internes, pinèdes sylvestres internes), alors que d'autres groupements en sont spécifiques (formations caducifoliées).

Mots-clés : Maurienne, Alpes intermédiaires françaises, continentalité, bioclimatologie, groupements végétaux forestiers.

ABSTRACT.- THE BIOGEOGRAPHIC PARTS OF THE MAURIENNE (SAVOIE): THEIR DELIMITATION BY STUDYING PRECIPITATIONS AND FORESTS.

The analysis of annual, seasonal, aestival precipitations, and their distribution throughout the years is expressed by means of graphs in calendars of probabilities form. That shows it is quite justified to distinguish three parts in the valley of the Arc. They correspond to orographic discordances.

(1) UA-CNRS n°242, Université Scientifique, Technologique et Médicale de Grenoble, Laboratoire de Botanique et Biologie végétale, BP 68, F-38402 Saint-Martin d'Hères cédex (France).

The importance of the montane level for the comprehension of the biocenotic specificity of each part is evident. The forests of this valley are briefly described. The notion of intermediate Alps is explicated, discussed within the limits of the Maurienne. The Middle-Maurienne appears as a very diversified sector as regards phytoecology, wherein several communities reach their limit, either oriental (oak-woods, beech-woods) or occidental (larch-stands, internal fir-and pine-woods), whereas others are specific to it (deciduous trees formations).

Key-words : Maurienne, French intermediate Alps, continentality, bioclimatology, forests.

I - INTRODUCTION

Il est désormais classique de distinguer, entre les Alpes externes et les Alpes internes, une zone intermédiaire (OZENDA, 1966 et 1985; CADEL et PAUTOU, 1982)). La difficulté de préciser les limites de chaque secteur provient de ce qu'il n'y a pas généralement de rupture écologique franche d'une zone à l'autre, mais plutôt une gradation des caractères aussi bien climatiques qu'édaphiques ou floristiques.

Dans les Alpes du Nord, la vallée de l'Arc (fig.1) est celle qui se prête le mieux, en raison de sa longueur (100 km) et de son enfoncement ouest-est à une zonation phytogéographique (FOURNIER, 1985). C'est dans cette perspective que sont analysées les précipitations et la distribution des communautés végétales forestières en Maurienne.



Fig.1.- Situation de la Maurienne dans les Alpes françaises du Nord.

II - LES PRÉCIPITATIONS

L'étude utilise les valeurs mensuelles des précipitations de la Météorologie nationale de Chambéry (Voglans) et de l'EDF, enregistrées dans trente-deux stations de mesures pluviométriques (fig.2). Pour chacune de celles-ci, c'est la période de référence la plus longue qui a été considérée.

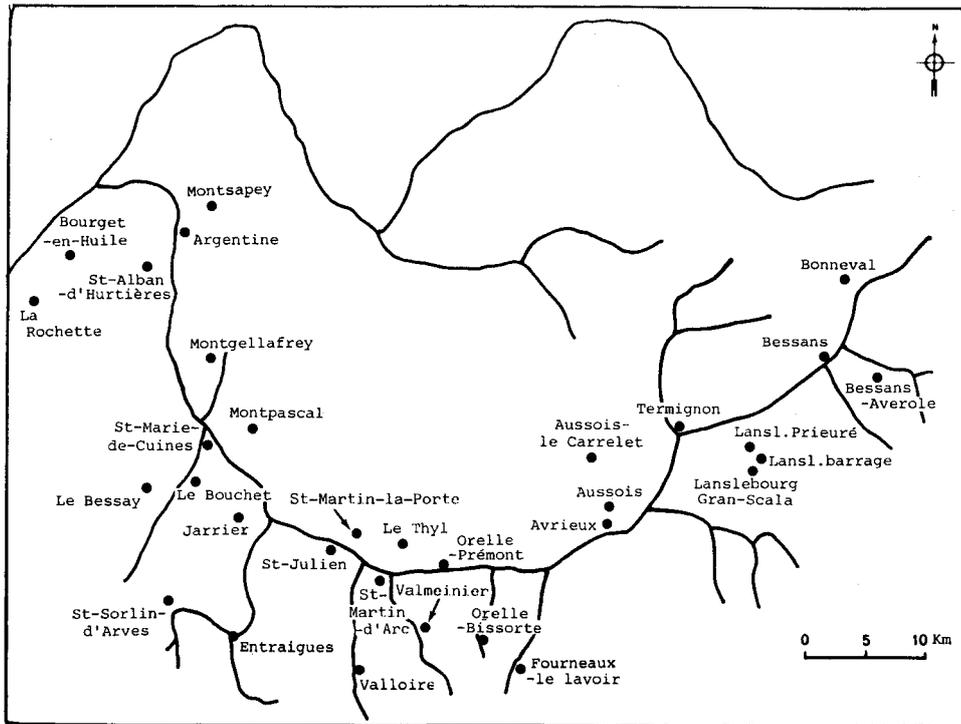


Fig.2.- Position des trente-deux stations de mesures pluviométriques.

A - PRÉCIPITATIONS ANNUELLES (tabl.I)

A altitude comparable, les totaux sont nettement inférieurs à ceux enregistrés dans les Préalpes.

D'une façon générale, la moyenne des précipitations ne dépasse pas 1 160 mm, ce qui traduit la relative sécheresse de la vallée. Cette faible pluviosité s'explique par le fait que les systèmes nuageux venus de l'Atlantique se sont déjà en partie déversés sur les hautes chaînes de l'ouest avant d'aborder la région.

La figure 3 qui représente les totaux annuels des stations du fond de vallée selon un transect ouest-est, fait apparaître un net découpage de la vallée en trois zones.

- La Basse-Maurienne (jusqu'à Sainte-Marie-de-Cuines, bassin de la Chambre). C'est le secteur le plus arrosé car directement soumis aux influences océaniques. Les précipitations dépassent toujours 1 000 mm et peuvent même atteindre des valeurs comparables à celles des Préalpes (1 619 mm à Montsapey, altitude 1 050 m).

- La Moyenne-Maurienne (jusqu'à Modane), où les précipitations diminuent fortement alors que l'altitude augmente.

- La Haute-Maurienne (au-delà d'Avrieux). L'influence de la lombarde amenant les pluies padanes commence à se faire sentir et le relèvement des totaux pluviométriques est très net à Bessans et Bonneval. Toutefois, compte tenu de l'altitude élevée des stations, ces totaux restent faibles: les pluies padanes se sont déjà en partie déchargées en remontant la vallée de Suze et en franchissant la crête du Mont-Cenis.

TABLEAU I

Moyennes des précipitations mensuelles et annuelles dans trente-deux stations de Maurienne (en mm).

Stations	Alt.m	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	année
Argentine 1959-1972	420	93,6	85,4	98,3	95,4	78,7	101,6	106,4	117,1	81,6	70,4	119,1	110,1	1157,7
Aussois 1959-1983	1 490	67,7	63,0	62,3	47,1	53,2	48,6	46,2	53,5	52,7	57,5	71,74	81,77	704,8
Aussois-le-Carrelet 1952-1964	2 020	75,7	78,9	43,2	53,7	46,4	79,7	51,2	68,2	62,8	67,4	60,8	85,5	773,5
Avrieux 1959-1983	1 100	44,8	42,5	40,4	32,0	45,0	43,7	42,0	47,2	48,4	51,9	59,1	53,6	556,5
Bessans 1959-1983	1 710	77,9	75,2	83,1	74,0	77,6	71,1	54,9	73,2	64,0	81,0	89,3	98,3	920,1
Bessans-Averole 1959-1968	2 025	64,4	54,0	62,4	76,4	64,7	62,9	51,6	77,8	74,4	87,8	102,0	102,2	880,6
Bonneval 1959-1977	1 790	66,6	86,7	72,7	79,3	86,5	72,6	64,5	78,2	67,1	82,5	118,9	89,8	965,4
Le Bourget-en-Huile 1959-1983	890	155,0	111,8	123,6	109,3	110,7	115,8	120,0	119,2	111,7	109,3	138,8	139,6	1464,8
Fourneaux-le-Lavoir 1950-1965	1 910	50,6	53,6	58,9	63,2	86,4	112,9	60,5	88,2	120,6	104,2	87,5	71,8	958,6
Jarrier 1959-1968	1 080	96,3	62,3	77,3	62,2	53,4	66,5	82,0	82,2	69,5	66,0	92,8	121,2	931,7
Lanslebourg-Gran-Scala 1959-1973	1 720	38,7	63,6	65,1	96,3	103,8	109,2	54,6	78,7	107,5	110,2	105,1	62,8	995,4
Lanslebourg-Mt-Cenis (Barrage) 1974-1980	2 000	74,0	81,1	84,4	55,7	116,4	75,4	75,1	102,0	93,6	144,6	72,0	75,9	1050,3
Lanslebourg-Mt-Cenis (Prieuré) 1959-1973	1 925	40,8	45,3	46,7	78,5	99,1	107,9	58,7	74,3	95,5	98,3	88,1	53,1	886,2
Montgellafrey 1959-1983	1 080	102,2	97,5	95,6	86,6	89,4	97,0	97,2	101,8	81,5	91,6	114,0	122,6	1176,8
Montpascal 1959-1983	1 420	93,3	80,2	86,2	82,0	81,9	84,4	85,6	84,3	73,1	77,4	101,8	121,3	1051,6
Montsapey 1959-1983	1 050	135,5	126,1	138,4	127,8	127,1	140,2	144,6	133,7	115,5	117,8	152,1	160,4	1618,6
Orelle-Bissorte 1950-1964	2 120	61,2	62,0	46,6	52,4	59,9	87,6	52,2	91,6	93,5	80,7	66,1	66,0	819,7
Orelle-Prémont	830	56,1	58,3	54,7	66,6	49,6	51,0	62,6	58,5	53,3	57,4	90,3	79,2	737,6
La Rochette 1959-1983	350	95,9	84,0	96,2	84,2	93,2	91,3	96,7	97,8	94,4	92,5	107,4	108,7	1142,0
St-Albar-d'Hurtières 1959-1983	620	130,4	108,0	109,6	104,6	101,6	102,9	117,8	104,0	94,8	99,3	132,1	140,4	1345,5
St-Alban-des-Villars (Le Bessey) 1959-1983	1 100	115,2	102,6	105,2	83,8	77,7	78,3	82,2	88,4	79,1	93,9	123,0	140,8	1170,2
St-Alban-des-Villars (Le Bouchet) 1959-1970	850	117,6	103,7	97,3	94,5	67,5	71,1	88,0	93,0	76,6	75,1	111,7	147,7	1143,8
St-Julien-de-Maurienne (St-Félix) 1960-1973	660	57,9	62,8	60,2	56,1	49,4	51,2	70,1	62,7	53,7	42,6	85,3	76,4	728,4
Ste-Marie-de-Cuines (Le Glandon) 1959-1983	545	101,6	91,3	88,8	70,0	65,2	66,5	72,4	75,5	68,1	78,6	108,1	122,4	1006,0
St-Martin-d'Arc 1974-1983	740	96,0	70,4	76,2	43,3	67,2	58,0	47,6	54,0	60,8	81,0	78,9	100,6	834,0
St-Martin-la-Porte 1959-1983	820	68,8	62,6	60,8	48,5	56,4	53,8	59,6	58,5	58,3	56,9	76,8	81,2	742,2
St-Sorlin-d'Arves 1959-1983	1 550	104,4	97,4	91,7	68,2	74,5	81,6	86,0	85,4	80,4	88,9	116,8	123,1	1098,2
Le Thyl 1959-1983	1 360	92,4	83,2	84,9	70,9	68,2	61,9	66,2	67,4	66,4	76,8	96,5	108,2	942,4
Termignon 1959-1983	1 280	60,7	53,2	62,8	48,8	64,1	54,2	47,3	57,7	56,3	65,8	69,2	73,4	713,4
Valloire 1959-1983	1 430	78,4	67,6	68,5	58,3	63,9	57,6	64,5	65,7	61,7	68,9	82,8	92,1	830,0
Valmeinier 1959-1973	1 470	70,3	74,4	63,5	72,1	59,3	58,6	68,6	69,8	58,1	54,7	87,1	86,1	822,3
St-Jean-d'Arves 1959-1983	1 205	81,5	75,6	81,3	62,9	73,8	76,3	74,2	75,1	70,9	76,7	96,5	98,4	943,3

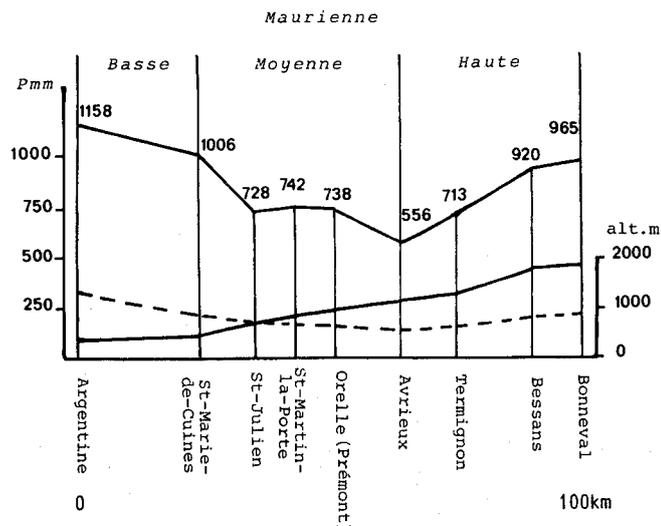


Fig.3.- Transect altitudinal et transect hydrique le long de la Maurienne. Précipitations moyennes annuelles (—) et estivales (---).

Le "pôle de sécheresse" mauriennais observé dès 1938 et 1943 par ONDE et BLANCHARD se trouve accentué par les données récentes (période 1959-1983). Il s'étend principalement de St-Julien-de-Maurienne (St-Félix) à Termignon, avec un minimum à Avrieux (556 mm). Ce déficit pluviométrique s'accompagne d'une diminution du nombre de jours de pluie qui n'excède pas 83 à Modane (BLANCHARD, 1943).

B - PRECIPITATIONS SAISONNIERES

Comme dans toutes les régions des Alpes du Nord (VEYRET P. et G., 1979), les précipitations sont généralement bien réparties au cours des saisons; il n'y a ni maximum, ni minimum très nets et le classement des saisons se fait souvent à quelques mm près (fig. 4). Les stations à maximum d'hiver se situent en majorité dans la partie aval et médiane de la vallée. Cela traduit un régime de marge océanique (VIVIAN, 1977). Dans la Haute-Maurienne, l'influence océanique est relayée par un régime à maximum d'automne. On ne peut pas parler d'influences continentales mais montagnardes, puisque l'été arrive souvent en dernière position. C'est un régime hybride, polygénique, aux saisons peu différenciées: le régime alpin.

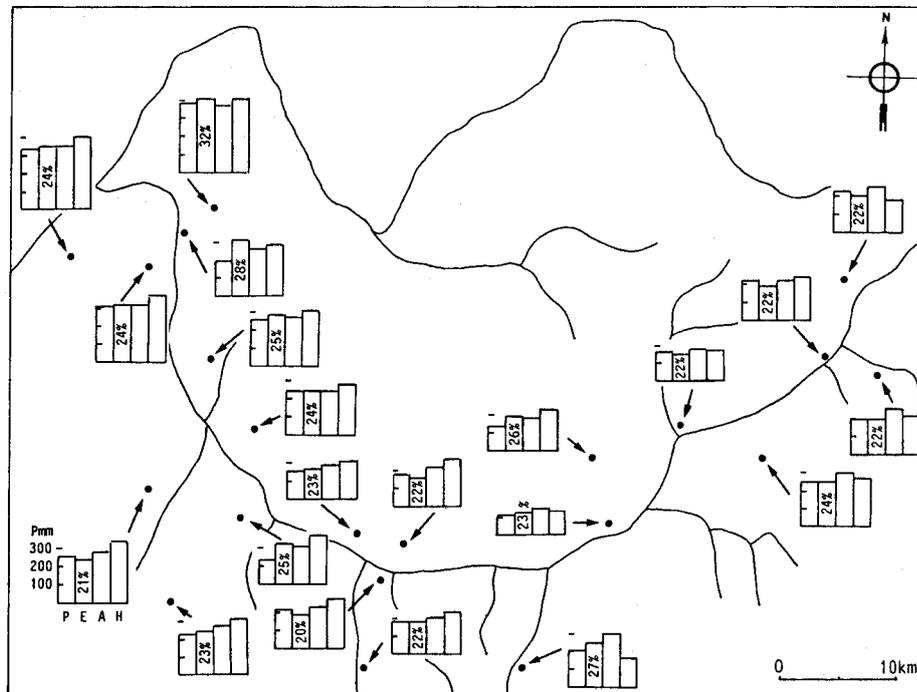


Fig.4.- Précipitations saisonnières.

C - PRECIPITATIONS ESTIVALES

En valeur absolue, les précipitations estivales diminuent graduellement d'ouest en est (de façon minime mais tout de même sensible). Un léger relèvement des totaux est perceptible en Haute-Maurienne, tout comme pour les précipitations annuelles (fig.3).

Compte tenu de l'altitude, qui augmente quand on s'enfonce dans la vallée, on peut donc parler d'un affaiblissement des précipitations estivales dans les Alpes internes. Ce phénomène aura une influence sur les végétaux qui ont besoin d'une certaine quantité d'eau pendant la période végétative.

Si l'on considère le pourcentage représenté par les précipitations estivales par rapport au total annuel, on n'observe nulle part de creux estival prononcé, comme à Briançon par exemple. 20 à 32 % des précipitations annuelles tombent en effet en été (les pourcentages les plus élevés étant obtenus par les stations de plus haute altitude, sauf cas particulier d'Argentine).

Il est également possible de considérer le rapport P+E/ H+A (fig.5) qui prend en compte non seulement les précipitations estivales, mais aussi les précipitations printanières assurant le démarrage de la végétation en début de période végétative. Ce rapport diminue globalement d'ouest en est, la moyenne des stations par secteur étant de 0,96 pour la Basse-Maurienne, 0,87 pour la Moyenne-Maurienne et 0,86 pour la Haute-Maurienne (en exceptant Lanslebourg).

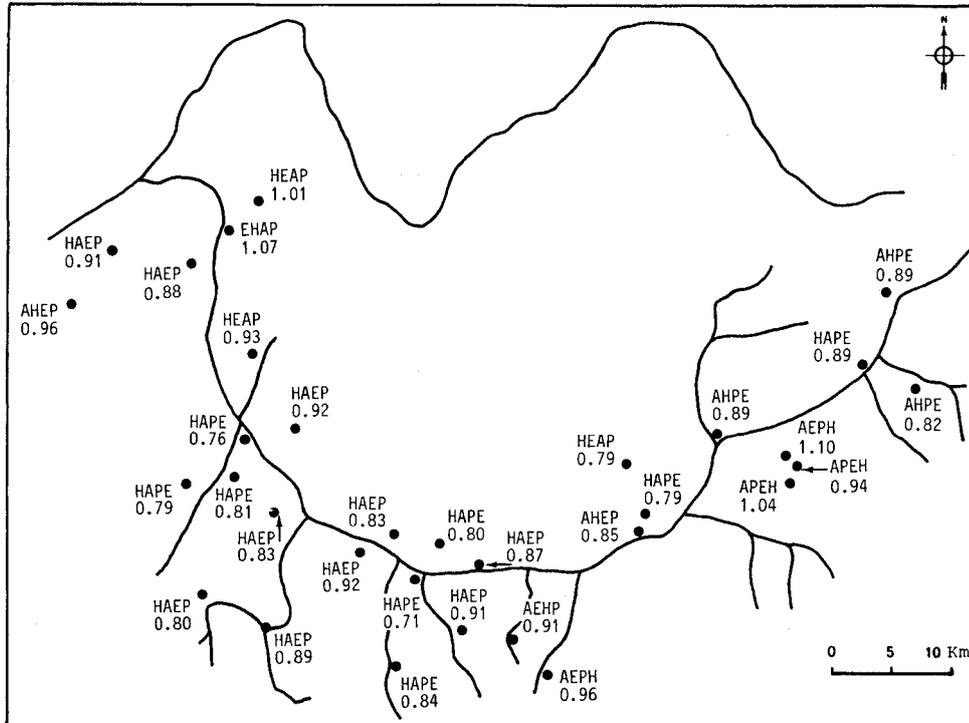


Fig.5.- Régimes pluviométriques saisonniers et rapport P+E/H+A.

D - VARIABILITE⁽²⁾

L'étude de la distribution interannuelle des précipitations, associée à celle (plus classique) des moyennes, permet de fournir une image plus complète des conditions auxquelles sont soumis les végétaux.

Son étude a été réalisée à l'aide des moyennes mensuelles calculées sur la période 1949-1983 (34 ans); l'homogénéité des mesures a été testée selon la méthode des résidus cumulés, proposée par BOIS (1971). A l'issue du contrôle, onze stations ont été retenues.

1 - Loi gamma incomplète

Pour modéliser les distributions des précipitations, nous nous sommes adressés aux travaux de l'EDF et de l'Equipe de Recherche n°30 du CNRS qui utilisent la loi gamma incomplète.

Pour chaque station et chaque mois, les précipitations enregistrées ont été classées par valeurs croissantes et représentées sur papier gaussien par une courbe des fréquences. La fréquence de chaque valeur classée de rang i est prise empiriquement égale à $F=(2i-1)/2n$, n étant le nombre de valeurs. Le calcul de deux paramètres permet alors la construction d'une courbe théorique s'ajustant pour le mieux à la première.

Quelques exemples de ces courbes sont donnés sur la figure 6; en abscisse sont portées les hauteurs d'eau mesurées, en ordonnées les probabilités que les valeurs se réalisent.

⁽²⁾ Nous remercions tout particulièrement M.-F. DE SAINTIGNON et S. MARTIN de l'Equipe de Recherche n°30 du CNRS pour leurs critiques et suggestions.

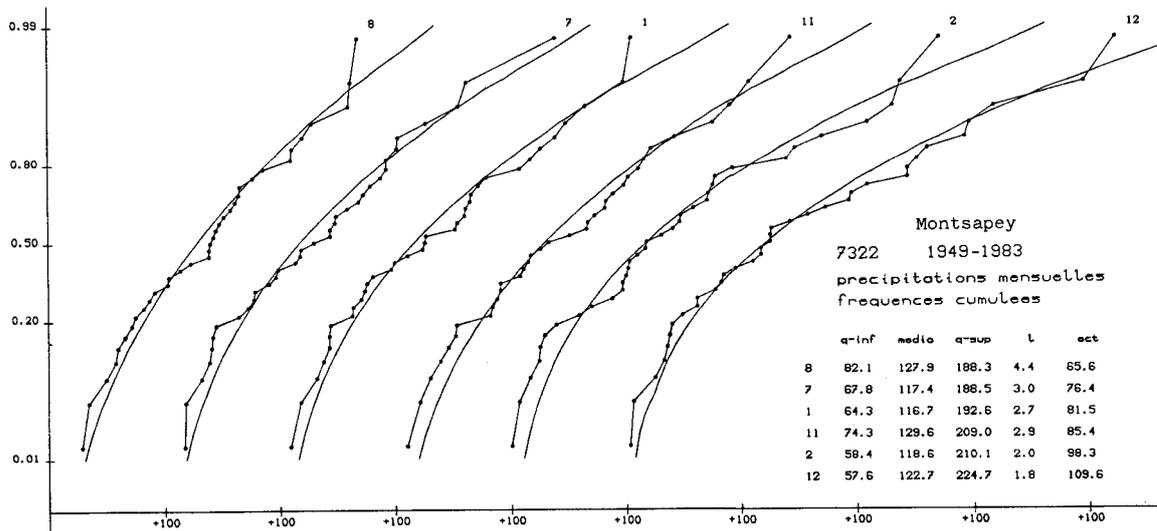
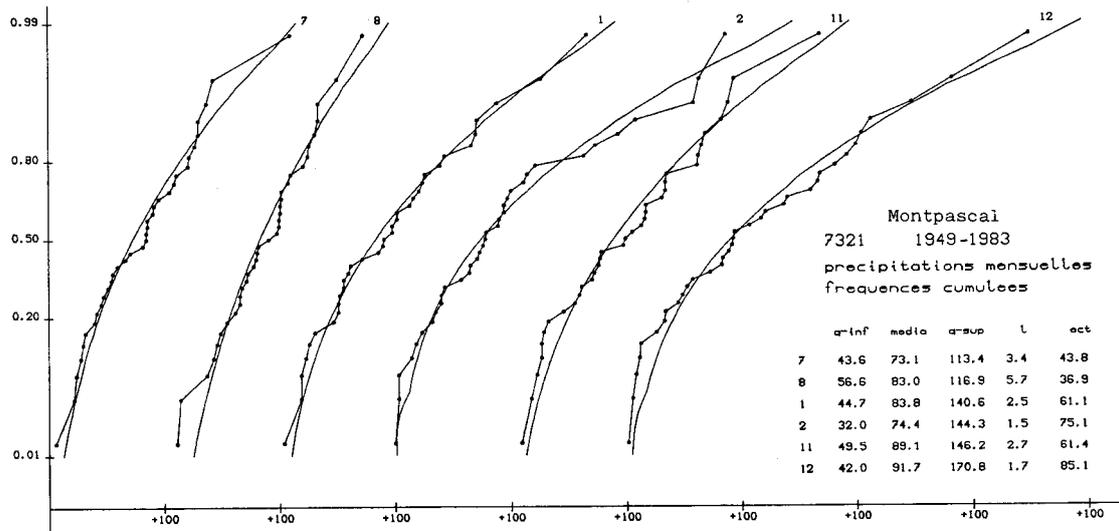


Fig.6.- Courbes de la loi gamma incomplète pour les mois de janvier (1), février (2), juillet (7), août (8), novembre (11) et décembre (12) à Montpascai et Montsapey.

La forme de la courbe est exprimée par un paramètre $\lambda = \text{moy}^2 / \sigma^2$. Sa dissymétrie est d'autant plus grande que λ est faible.

Pour chaque station, les douze valeurs mensuelles du λ ont été reportées sur un graphique (fig. 7); on peut faire alors les constatations suivantes:

a) quelle que soit la station, les distributions des précipitations mensuelles sont très dissymétriques pendant la mauvaise saison, de septembre à mars; elles sont, par contre, presque symétriques durant la période végétative, d'avril à août;

b) la différence entre les stations se joue au niveau de la période végétative au cours de laquelle la variabilité interannuelle présente d'un bout à l'autre de la vallée une nette évolution spatiale. La figure 7 indique que, quel que soit le secteur de la vallée, λ augmente de mars à juin, diminue en juillet, pour former un nouveau pic en août. Mais ce schéma présente différentes modalités selon le secteur:

- en Basse-Maurienne, λ présente deux maximums bien marqués, celui de juin étant un peu supérieur à celui d'août;
- en Moyenne-Maurienne, le maximum de juin augmente tandis que celui d'août diminue;
- en Haute-Maurienne, on ne peut plus parler de véritable pic au mois de juin, alors que celui d'août est conservé.

Retenons donc que la distribution interannuelle des précipitations pendant la période végétative est différente selon les trois secteurs de la vallée.

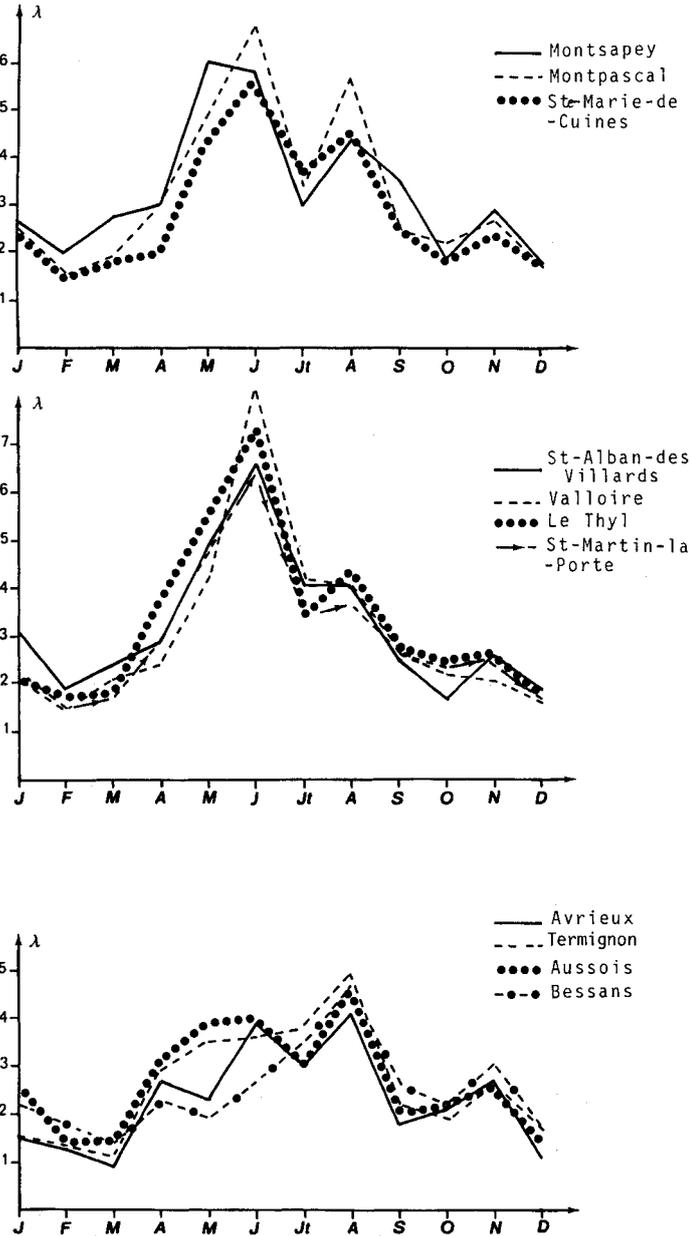


Fig.7.- Valeurs du paramètre de forme pour onze stations de la Basse-Maurienne (a), Moyenne-Maurienne (b) et Haute-Maurienne (c).

2 - Calendriers de probabilités

Cette technique graphique (PEGUY, 1976) permet de visualiser la variabilité interannuelle des précipitations tout au long de l'année (fig. 8).

Les calendriers ont été construits et lissés manuellement à partir des courbes de la loi gamma incomplète. Ils comportent un axe vertical gaussien gradué en probabilités et un axe horizontal arithmétique sur lequel sont portés les mois de l'année. Les courbes représentent les probabilités qu'ont les différentes valeurs des précipitations d'être atteintes ou dépassées à une date donnée, le champ et le pas étant de trente jours.

Ainsi à Montsapey, du 21 février au 20 mars, les précipitations dépassent 40 mm dans 90 % des cas et 220 mm dans 10 % des cas seulement.

Notons que les calendriers de probabilités permettent de représenter la variabilité dans le temps des précipitations, mais ne donnent aucune information sur la durée d'un état.

L'observation de ces calendriers nous amène à faire les remarques suivantes:

a) les graphiques permettent de bien visualiser les valeurs des précipitations les plus régulièrement observées: les médianes. Ainsi, par exemple, du 21 février au 20 mars et une année sur deux, les précipitations atteignent 110 mm dans la partie aval de la vallée (Montsapey), 60 mm dans le secteur médian (Le Thyl) et 30 mm seulement dans le "pôle de sécheresse" (Avrieux);

b) la variabilité interannuelle est forte en hiver (courbes nombreuses et resserrées), plus faible en été (courbes moins nombreuses et plus espacées);

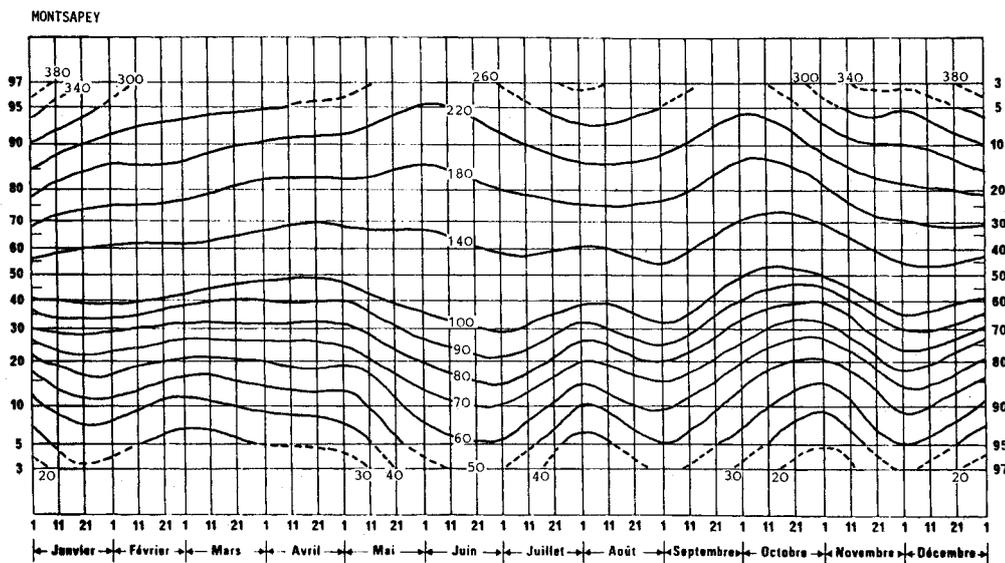
c) pour toutes les stations, c'est au début du printemps que se situent les plus basses précipitations probables. Toutefois, cela ne semble pas être un obstacle au démarrage de la végétation qui, on le sait, est plus précoce que dans les Préalpes pourtant mieux arrosées;

d) un second pôle de basses précipitations possibles apparaît au mois d'octobre; un troisième se dessine même au mois de juillet au niveau d'Avrieux;

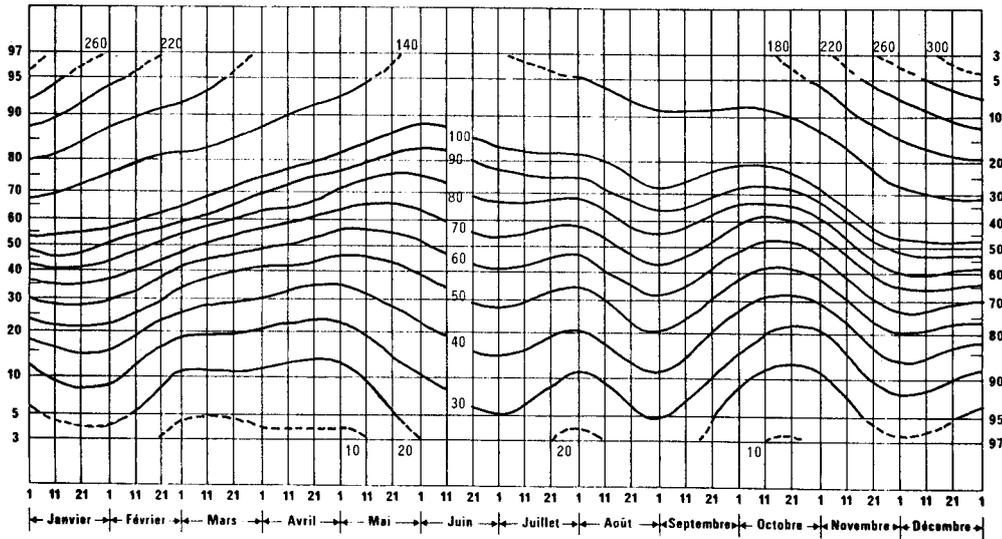
e) ce sont les fréquences des fortes précipitations qui différencient le mieux les mois. Ainsi, les valeurs dépassées neuf fois sur dix sont peu variables d'un mois à l'autre (Le Thyl, 20 à 35 mm), tandis que celles dépassées une fois sur dix seulement sont nettement différentes selon les mois (Le Thyl, 100 à 210 mm);

f) la simple observation de la forme générale des calendriers fait apparaître une unité entre les sept stations des secteurs aval et médian de la vallée, qui se distinguent de celles de Haute-Maurienne.

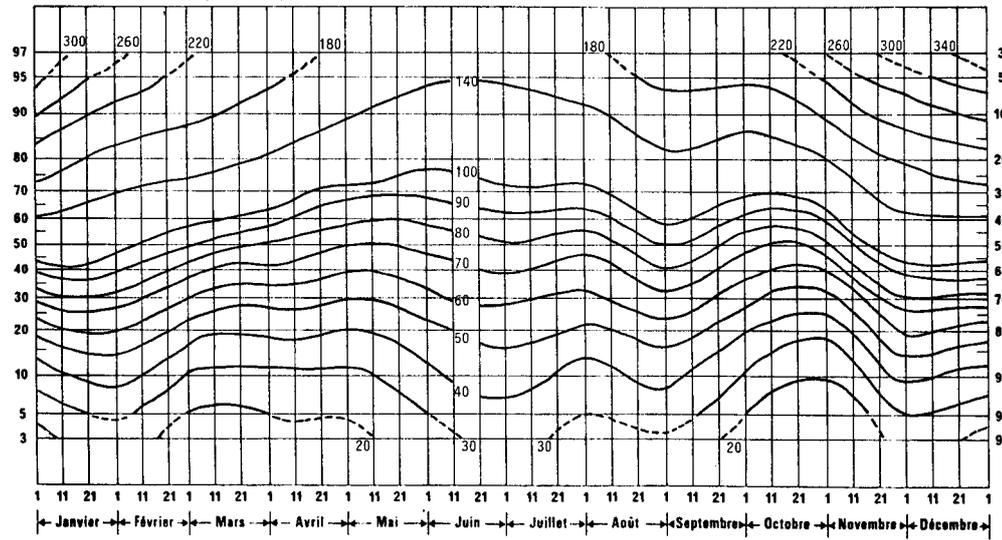
Fig.8.- Calendriers de probabilité pour onze stations de la vallée.



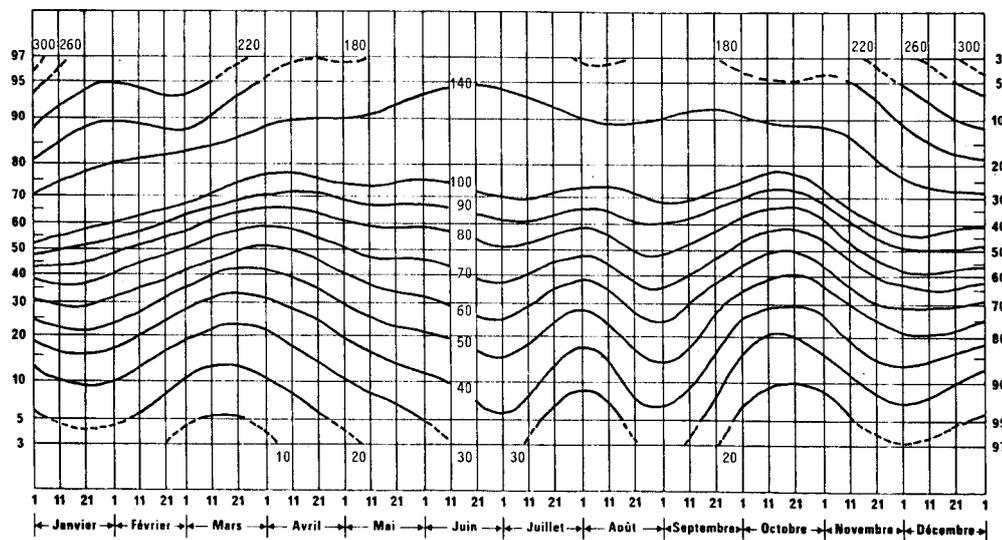
STE-MARIE-DE-CUINES



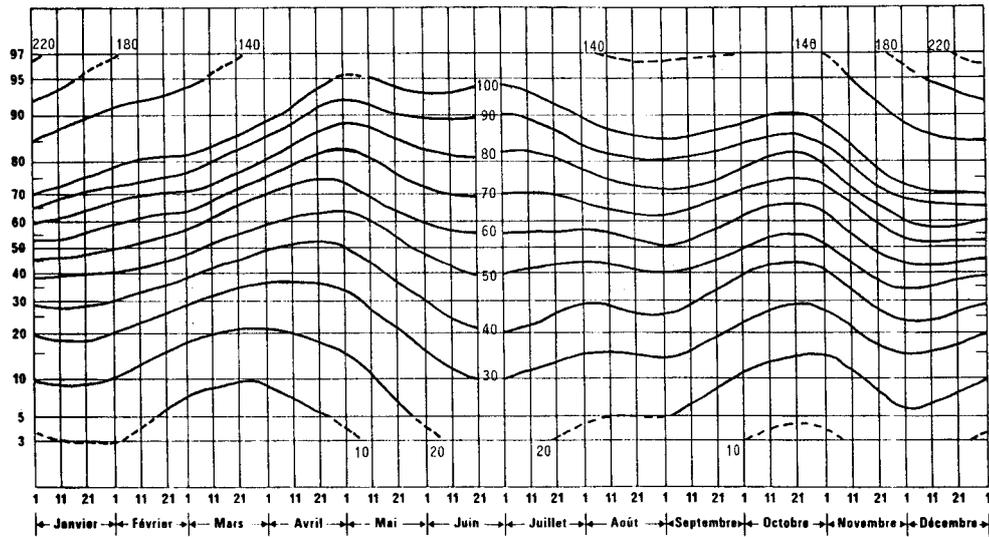
ST-ALBAN-DES-VILLARDS (LE BESSAY)



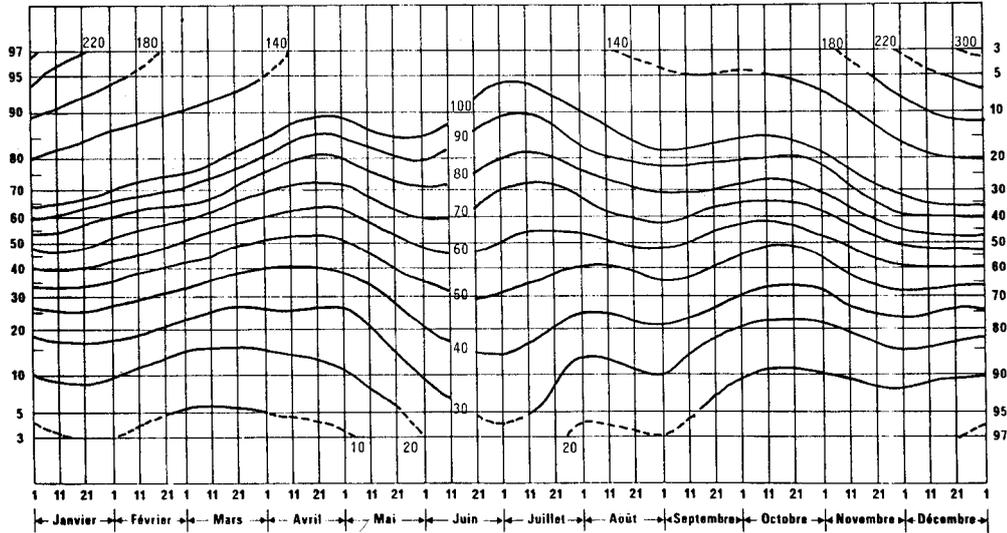
MONTPASCAL



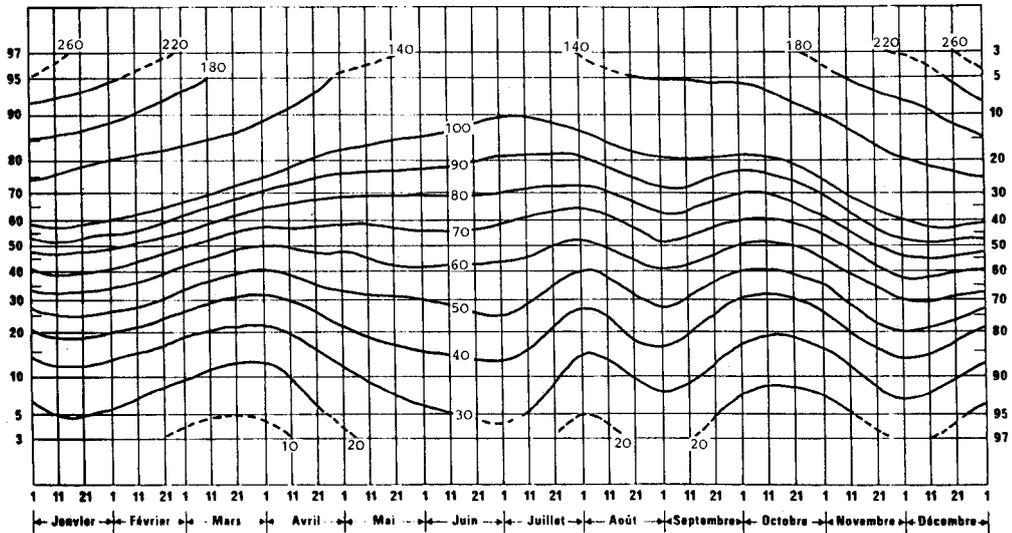
ST-MARTIN-LA-PORTE



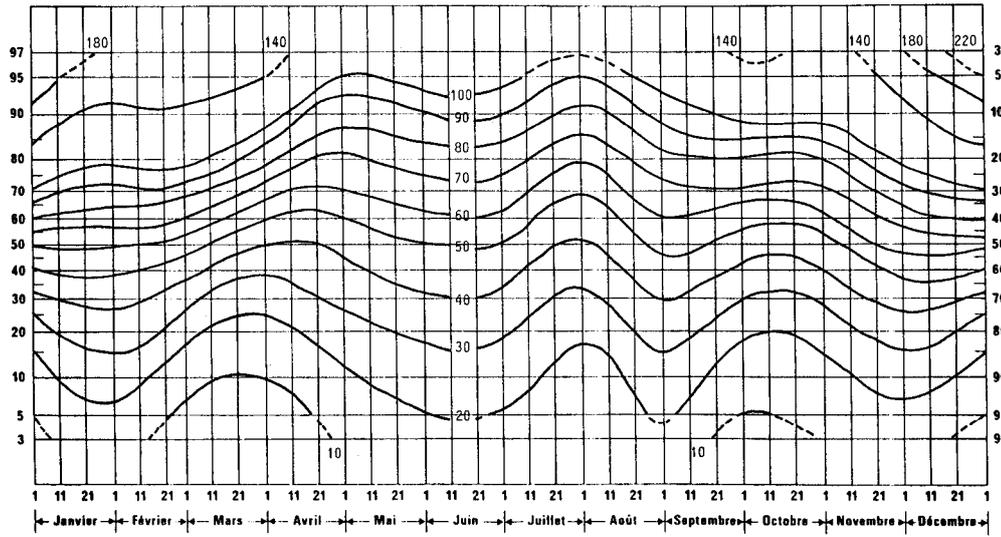
VALLOIRE



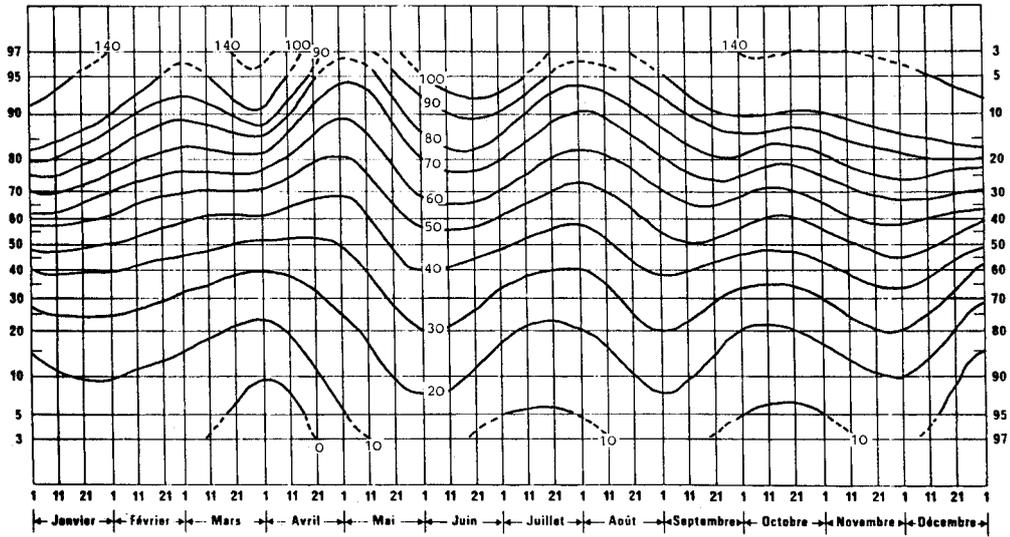
LE THYL



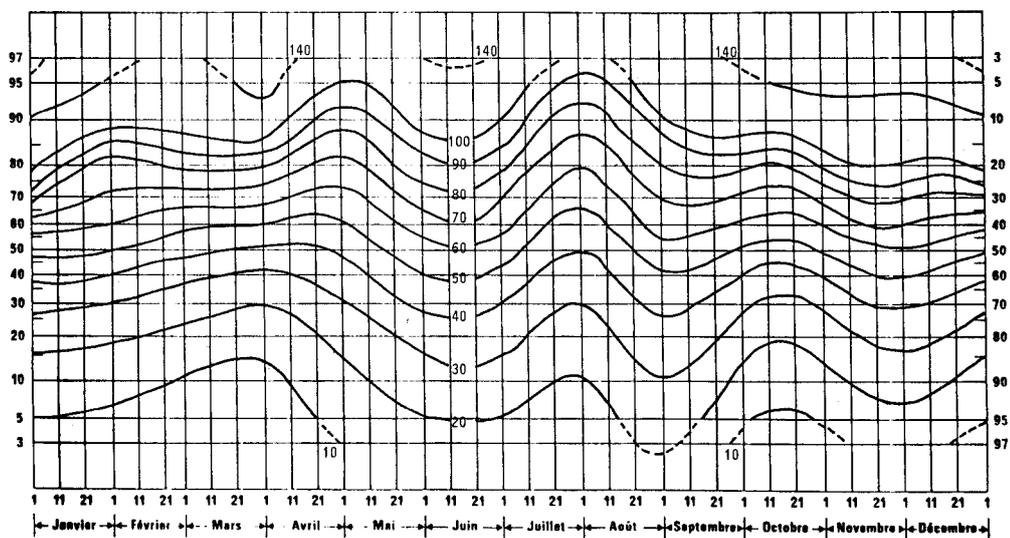
AUSSOIS

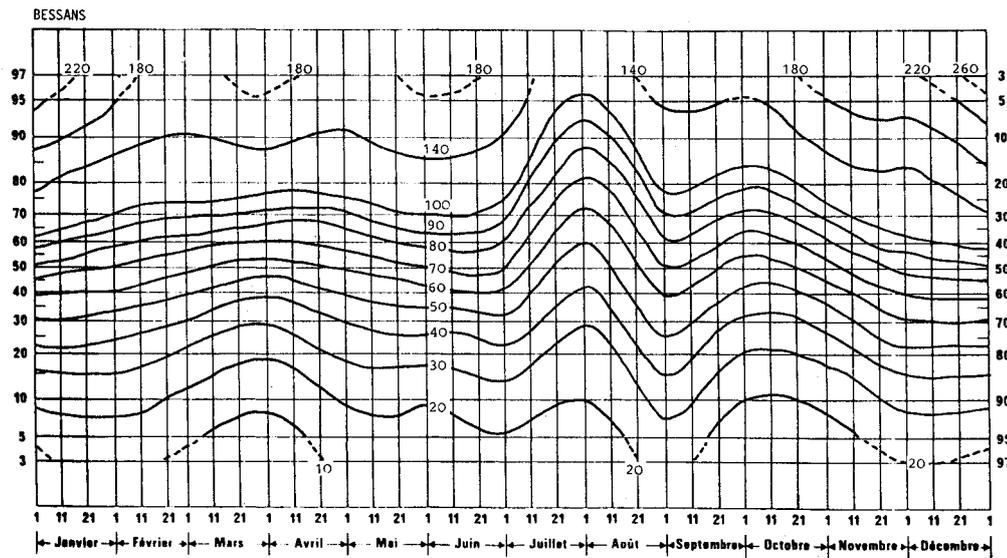


AVRIEUX



TERMIGNON





E - SEQUENCES DE JOURS SECS CONSECUTIFS

Nous nous bornerons à rappeler les faits les plus marquants, les résultats de cette étude, réalisée dans le cadre d'une convention tripartite réunissant le Laboratoire de Biologie végétale de l'Université I de Grenoble, l'Equipe de Recherche n°30 du CNRS et la Direction de la Météorologie Nationale, ayant été publiés par ailleurs (MARTIN et PELTIER, 1986).

Un programme informatique a permis de dénombrer l'ensemble des séquences débutant au cours d'un mois donné au fil de n années et d'en étudier la distribution en fonction de leurs longueurs.

La modélisation de ces distributions est effectuée à partir de lois de probabilité binomiales négatives translatées dites BNT (GALLOY, MARTIN et LE BRETON, 1982). Elle permet de caractériser une station à partir d'un nombre limité de paramètres et fournit une loi théorique pour simuler les enchaînements de jours secs et donc décrire la persistance de la sécheresse.

Lorsqu'on s'intéresse au comportement de la longueur moyenne (m) de chaque mois reliée au premier paramètre de la loi BNT par la relation $m = h + 1$, on constate:

a) qu'à altitude et situation topographique comparables, les longueurs moyennes des séquences des postes de la Maurienne (tabl.II) sont comparables, en valeur absolue et pour un mois donné, à celles des stations des Alpes du Nord. Par rapport à celles des stations des Alpes du Sud, elles sont raccourcies d'environ deux jours, quel que soit le mois de l'année;

TABLEAU II

Valeurs mensuelles de la longueur moyenne des séquences (h+1)
(seuil de 1 mm de précipitations).

Stations	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Argentine	5.4	4.3	5.3	3.7	3.6	3.5	4.1	3.8	6.2	5.6	6.0	4.7
Aussois	6.2	5.6	6.2	4.6	3.9	4.3	4.6	4.4	6.1	6.5	5.5	5.7
Bessans	4.8	5.0	4.4	3.7	3.8	3.6	4.0	3.5	5.2	6.2	4.7	4.6
Bourget-en-Huile	5.0	4.6	4.4	4.1	3.5	3.4	4.6	3.7	5.7	5.7	4.7	4.9
Chavanne	4.8	4.4	5.0	4.0	3.6	4.2	4.5	4.1	5.5	6.2	4.5	5.5
Lanslebourg-Mt-Cenis	7.0	4.9	4.3	4.7	4.0	4.2	4.2	4.3	6.4	7.0	3.6	5.2
Montricher-Albanne	6.7	6.0	5.9	4.4	4.7	4.3	4.8	4.5	5.8	6.9	4.9	5.7
Montsapey	4.6	4.4	3.8	3.8	2.9	3.2	4.3	3.9	5.2	5.9	4.4	5.1
Orelle (Prémont)	7.0	6.0	5.7	4.7	4.6	4.4	4.7	4.3	6.6	6.1	5.5	6.4
Orelle (Bissorte)	7.5	7.5	4.9	5.3	4.1	3.1	4.3	4.1	5.3	5.1	5.7	5.9
Rochette	4.9	4.5	4.6	4.2	3.3	4.0	4.4	4.5	5.9	5.5	4.5	4.5
St-Alban-d'Hurtières	5.7	4.4	4.6	4.0	3.3	3.5	4.3	3.7	6.1	5.2	4.8	5.6
St-Jean-d'Arves	5.8	4.6	5.1	4.3	3.7	3.7	4.3	3.8	5.7	5.0	5.2	4.5
Ste-Marie-de-Cuines	5.4	5.0	4.7	4.7	3.6	4.4	4.5	3.9	6.2	6.0	5.6	5.3
St-Martin-la-Porte	5.5	5.4	4.9	4.6	4.4	4.2	4.8	4.5	6.3	6.3	5.1	5.0
St-Michel-de-Maurienne	5.5	4.7	4.3	4.0	4.3	4.0	4.2	4.2	5.3	5.9	4.5	5.0
Termignon	6.1	6.1	5.2	4.7	4.0	4.0	4.3	4.2	5.7	6.8	5.1	4.9
Valloire	6.0	4.8	5.6	4.2	3.9	3.8	4.5	4.0	4.6	6.3	5.0	5.4
Yenne	4.7	4.7	3.9	3.6	4.0	4.1	5.5	4.4	6.0	4.9	4.1	4.7

b) que d'un bout à l'autre de la vallée, la longueur moyenne des séquences présente un net contraste saisonnier; cette évolution est soulignée par des longueurs systématiquement plus fortes en hiver qu'en été, ce qui est la règle dans les Alpes du Nord (fig.9a et 9b). Elle est différente dans les Alpes du Sud, où apparaît un second maximum au coeur de l'été;

c) qu'à côté de cette évolution saisonnière, la longueur moyenne des séquences présente aussi une évolution spatiale. Une des façons de l'appréhender est de ne considérer que les stations de fond de thalweg. Il apparaît alors qu'en Haute-Maurienne et pratiquement quel que soit le mois de l'année, la longueur moyenne des séquences est augmentée d'environ un jour lorsqu'on la compare à celles des autres stations de la vallée. Ce résultat tient au rôle d'écran que jouent les hauts reliefs (Belledonne, Grandes Rousses, Oisans) vis-à-vis des perturbations qui abordent cette partie des Alpes. Cet effet d'abri a pour conséquence d'augmenter le pourcentage de jours sans précipitations.

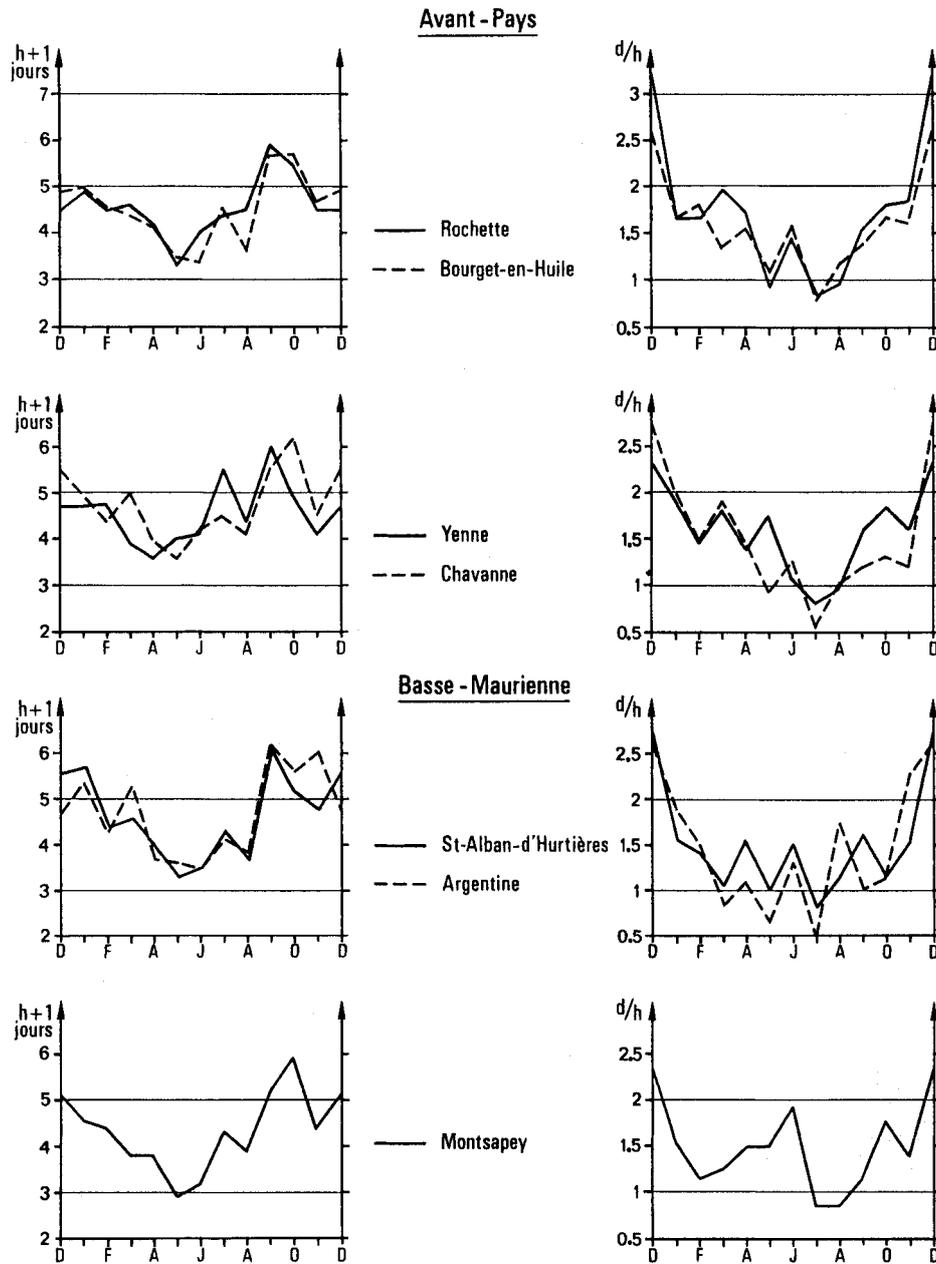


Fig.9a.- Evolution saisonnière des paramètres $h+1$ et d/h du modèle BNT ajustés aux distributions des séquences sèches débutant au cours d'un mois donné (seuil de 1 mm).

Le deuxième paramètre de la loi BNT, le rapport mensuel d/h , mesure la façon dont évolue la persistance de la sécheresse pour un mois donné, dans une station donnée. Pour une même valeur du paramètre h , un rapport élevé rend compte d'un renforcement du risque de voir se développer de longues périodes sèches.

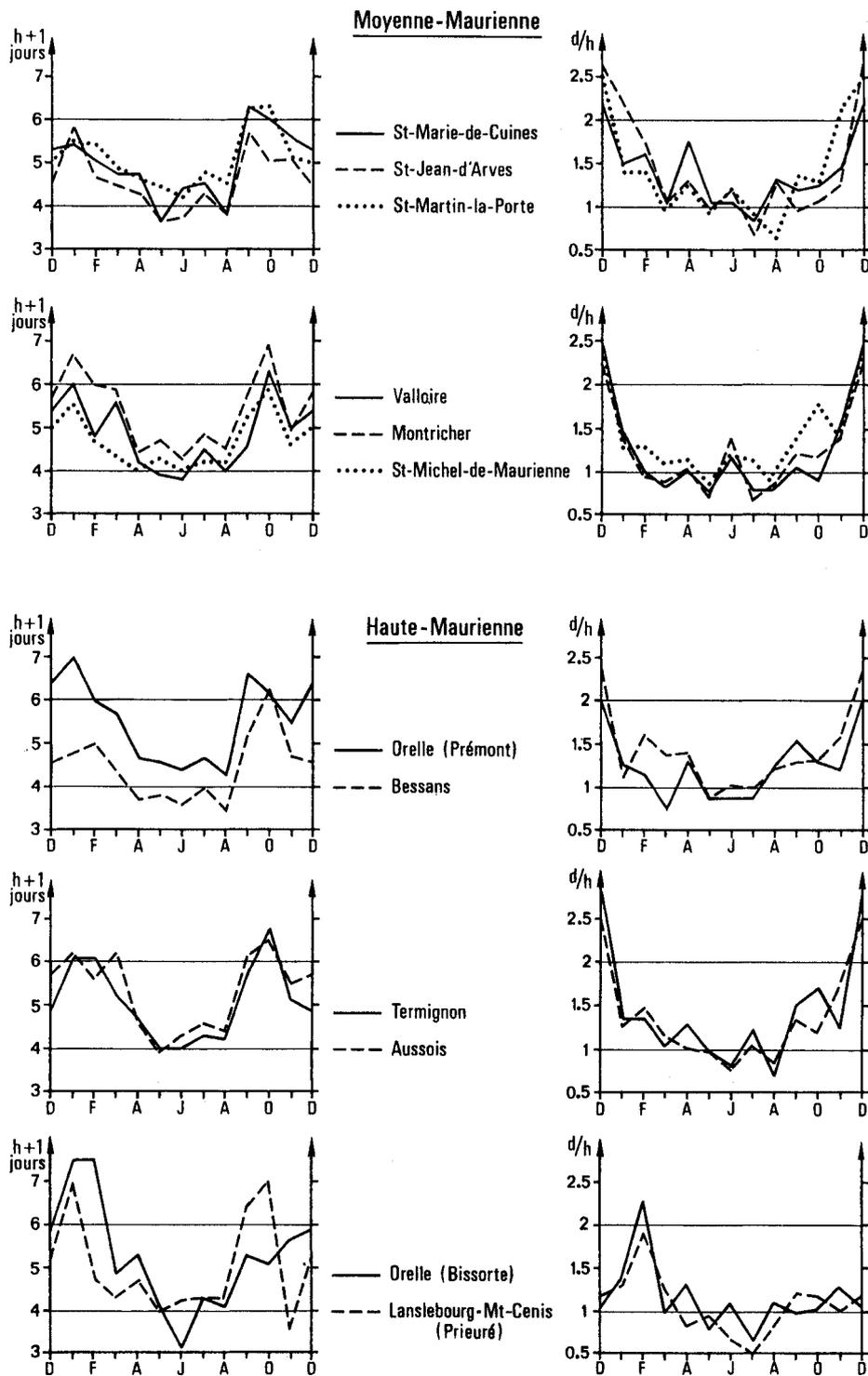


Fig.9b.- Evolution saisonnière des paramètres $h+1$ et d/h du modèle BNT ajustés aux distributions des séquences sèches débutant au cours d'un mois donné (seuil de 1 mm).

L'étude de d/h (fig. 9a et 9b) indique des rapports importants pendant la saison froide, avec un maximum au début de l'hiver et des valeurs proches de l'unité pendant la saison estivale. Une analyse fine, en composantes principales, montre que l'évolution saisonnière générale du paramètre d/h doit être nuancée en fonction de chaque secteur de la vallée. La Moyenne-Maurienne s'apparente plutôt à la Basse-Maurienne, ayant comme elle des valeurs élevées de d/h étalées sur presque la moitié de l'année. Quant à la Haute-Maurienne, elle se détache nettement des deux autres secteurs, par des valeurs élevées de d/h concernant essentiellement les deux derniers mois de l'année.

Pour apprécier la probabilité d'apparition de longues périodes sèches, nous avons considéré les nombres moyens de séquences sèches supérieures à quinze jours, débutant au cours de chaque mois. Cette probabilité est élevée de septembre à janvier et non pas en été comme c'est la règle dans les Alpes du Sud; en décembre, une séquence de quinze jours consécutifs apparaît, en moyenne, tous les trois ans. Il n'apparaît pas de différences systématiques entre les trois secteurs de la vallée, même si les occurrences de longues périodes sèches semblent plus fréquentes dans certains postes de Haute-Maurienne.

F - CONCLUSIONS

De part sa situation à l'arrière des hautes chaînes de l'Ouest qui interceptent les vents pluvieux, la vallée de l'Arc est relativement sèche.

Cette sécheresse rapproche la Maurienne des vallées alpines méridionales, mais la déficience d'humidité constatée n'est pas de type méditerranéen.

D'abord, elle intéresse l'année entière et non pas uniquement, comme à Briançon par exemple, la période estivale.

Ensuite, la longueur moyenne des séquences de jours secs consécutifs est comparable, en valeur absolue et pour un mois donné, à celle calculée pour d'autres stations des Alpes du Nord et ce quel que soit le mois de l'année.

Enfin, l'évolution de la longueur moyenne des séquences présente, d'un bout à l'autre de la vallée, un net contraste saisonnier, souligné par des longueurs systématiquement plus fortes en hiver qu'en été, ce qui est la règle dans les Alpes du Nord.

L'analyse des précipitations annuelles et de l'évolution saisonnière des paramètres retenus pour étudier leur distribution interannuelle montre qu'il est tout à fait justifié de distinguer trois secteurs dans la vallée. Cependant, la Haute-Maurienne forme un ensemble beaucoup plus original que les secteurs aval et médian de la vallée.

III - DISTRIBUTION DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES FORESTIÈRES

La distribution, étage par étage, des principaux groupements forestiers reconnus en Maurienne est présentée sur la figure 10.

La spécificité biocénotique de chaque secteur, due pour partie à la nature des roches-mères et pour partie à sa position dans la vallée, apparaît surtout au niveau du montagnard. Les particularités phytogéographiques de chaque secteur sont examinées ci-après. Nous insisterons plus particulièrement sur la Moyenne-Maurienne, pour laquelle les groupements végétaux étaient jusqu'à ce jour assez peu connus. La Basse-Maurienne a fait l'objet d'un doctorat de 3ème cycle (BASSUEL, 1976) et la Haute-Maurienne d'une monographie très détaillée (BARTOLI, 1966).

A - LA BASSE-MAURIENNE

La Basse-Maurienne, en aval du bassin de la Chambre, est d'orientation nord-sud, les roches-mères y sont acides.

1 - L'étage collinéen

Le fond de la vallée, limono-sableux, porte des restes d'aunaie blanche. Les formations pionnières arbustives sont à base de Salix incana et S. purpurea.

Le versant mauriennais de Belledonne porte le chêne sessile et le châtaignier. Le granite, qui donne un sol très acide, est à l'origine de la

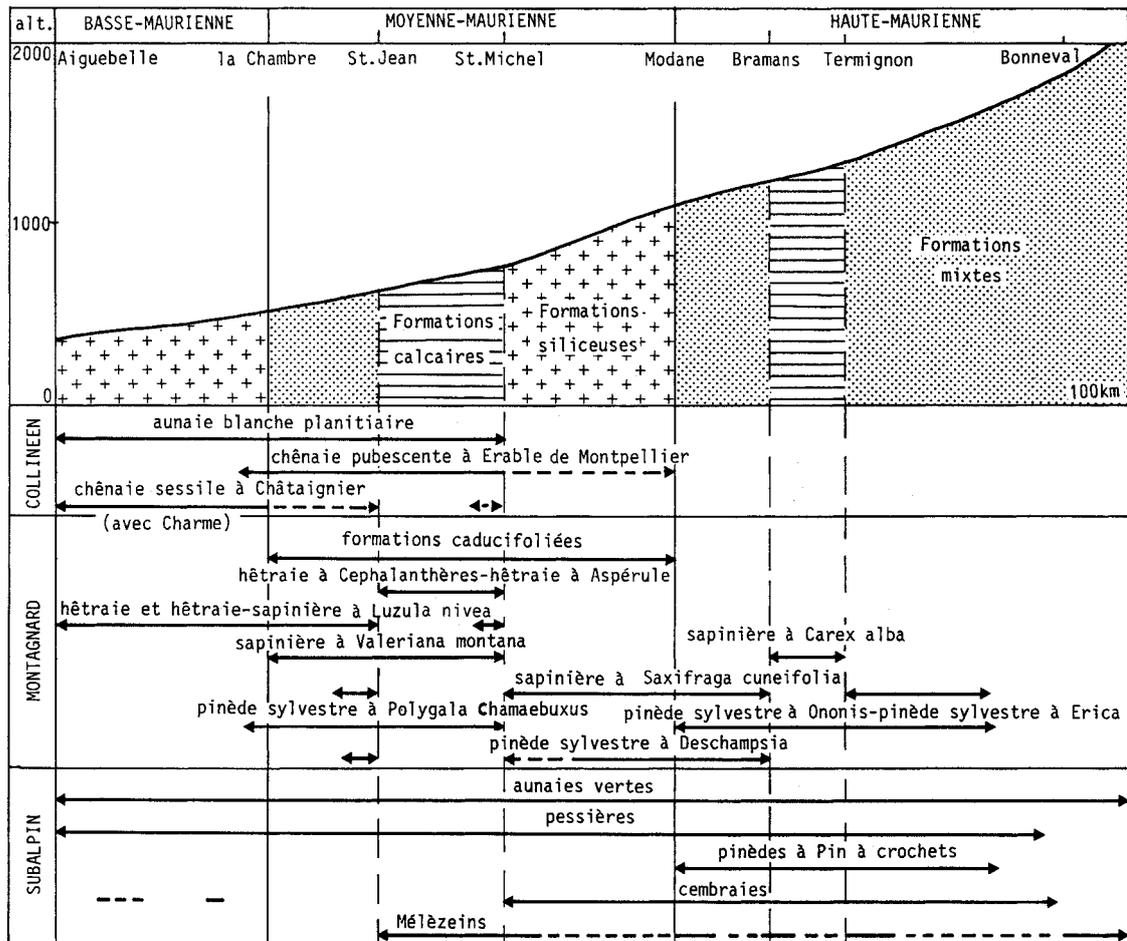


Fig.10.- Distribution des principaux groupements forestiers en Maurienne

présence de *Calluna vulgaris*, *Pteridium aquilinum*, *Teucrium scorodonia*, *Luzula nivea* et *Deschampsia flexuosa*. Le charme n'est présent qu'au tout début de la vallée; il est surtout fréquent sur les sols colluviaux, côté Grésivaudan.

La chénaie pubescente n'occupe que des surfaces réduites, correspondant à des affleurements schisteux exposés au sud. Elle est infiltrée de pin sylvestre.

2 - L'étage montagnard

Il rassemble les hêtraies et hêtraies-sapinières acidiphiles à *Luzula nivea*, celles subacidiphiles à prénanthe et celles mésohygrophiles à hautes herbes, ces dernières circonscrites aux replats et légères dépressions. La sapinière à *Saxifraga cuneifolia* n'est pas très fréquente; elle a un déterminisme édaphique, étant liée aux éboulis plus ou moins fixés de gneiss et micaschistes granitisés.

3 - L'étage subalpin

Sur les endroits rocaillieux domine la pessièrre à *Vaccinium vitis-idaea* correspondant à des rankers à moder ou des sols bruns ocreux superficiels. Dans les nombreuses zones clairiérées s'infiltrer la lande à *Juniperus nana*. Sur les envers s'installe la pessièrre hygrophile à hautes herbes sur sol brun acide. Elle est souvent pénétrée par l'aune vert qui descend le long des torrents. Aux altitudes les plus hautes, les sommets de buttes rocaillieuses portent de maigres bosquets de pin cembro; ils dominent soit de vastes rhodoraies (envers), soit des landes à *Juniperus nana* (endroits).

B - LA MOYENNE-MAURIENNE

La Moyenne-Maurienne, du bassin de la Chambre à Modane, est d'orientation générale NW-SE jusqu'à Saint-Michel, W-E ensuite. La nature des roches-mères est plus diversifiée. Les groupements ont fait l'objet d'un doctorat de 3ème cycle (FOURNIER, 1985).

1 - L'étage collinéen

Les derniers lambeaux de l'aunaie blanche planitiaire s'apparentent à l'aunaie à Equisetum hiemale (RICHARD et PAUTOU, 1982).

La chênaie pubescente xérophile calciphile à érable de Montpellier est accrochée sous les falaises, ou aux parties les plus pentues des cônes de déjection des affluents de l'Arc. Elle peut être rattachée au Quercetum pubescentis (BRAUN-BLANQUET, 1961) et correspond au stade final de la série interne du chêne pubescent. Elle ne peut se définir, par rapport aux chênaies pubescentes externes, que par un appauvrissement floristique (OZENDA, 1966). Est significative l'absence de Buxus sempervirens, Lonicera etrusca, Laburnum anagyroides, Ruscus aculeatus, Euphorbia amygdaloides, Asparagus tenuifolius, Rubia peregrina, Cotinus coccygia, ainsi que la rareté de Melittis melissophyllum, Vincetoxicum officinalis, Colutea arborescens.

La chênaie sessile mésophile neutrophile à châtaignier est développée sur la rive gauche de la vallée au niveau du bassin de la Chambre et jusqu'à Pontamafrey. C'est le vicariant de la chênaie pubescente sur roche-mère décarbonatée, en exposition moins chaude et sur sol plus frais. Elle appartient à la série de la chênaie à charme, faciès à châtaignier, dont elle constitue une forme appauvrie, le charme trouvant sa limite orientale en Basse-Maurienne.

2 - L'étage montagnard

Seront successivement examinées les hêtraies (hêtraies pures et hêtraies sapinières), les pinèdes sylvestres, les formations caducifoliées et les sapinières.

a) La hêtraie mésoxérophile calciphile à céphalanthère se développe sur des rendzines brunifiées ou des sols humo-calcaires. Elle est très proche du Cephalanthero-Fagion, dont elle constitue une forme "intermédiaire" appauvrie (absence de Buxus sempervirens, Laburnum anagyroides, Euphorbia amygdaloides...).

La hêtraie mésophile neutrophile à aspérule (Asperulo-Fagion) forme, avec la précédente, une mosaïque à la faveur d'affleurements de sols décarbonatés et de conditions locales moins xériques, avec des sols à plus grande capacité en eau, bruns eutrophes. Son caractère intermédiaire est attesté par l'absence de Lamium galeobdolon, Elymus europaeus, Euphorbia amygdaloides, Dentaria pinnata, Asarum europaeum, Cyclamen europaeum, la rareté de Taxus baccata et Ilex aquifolium.

La hêtraie mésophile acidiphile à Luzula nivea (Luzulo-Fagion) surmonte la chênaie sessile à châtaignier et obéit au même déterminisme édaphique. Les sols sont bruns, lessivés à moder. Contrairement aux deux précédentes, elle ne présente pas de différence floristique marquée avec son homologue de la zone externe.

b) La pinède sylvestre mésoxérophile calciphile à Polygala chamaebuxus est surtout liée à des sols jeunes squelettiques, qui empêchent l'installation d'autres essences, hêtre et sapin notamment. Ces conditions écologiques strictes la rapprochent des pinèdes sylvestres à déterminisme édaphique de l'étage montagnard externe. Elle est très voisine de celle de même nom décrite dans le Trièze et le Briançonnais (in RICHARD et PAUTOU, 1982).

La pinède sylvestre mésoxérophile acidiphile à Deschampsia flexuosa occupe la base de l'endroit des gorges houillères ou s'installe à la faveur d'affleurements de granite au sein de la sapinière (massif du Rocheray). Elle appartient au Deschampsio-Pinetum (BRAUN-BLANQUET, 1961) et constitue les peuplements les plus occidentaux de la série du pin sylvestre dans la vallée.

c) Les formations caducifoliées sont bien développées en Moyenne-Maurienne et surtout dominées par le frêne. Elles trouvent leur optimum sur des pentes douces à sols profonds, correspondant à des alluvions d'origine fluvio-glaciaires ou résultant de terrains altérés, ébouleux ou glissés qui offrent humidité et aération convenables. On y reconnaît un groupement mésoxérophile à frêne et alisier blanc, un groupement mésohygrophile à frêne et érable sycomore.

Ces groupements colonisent d'anciens pâturages ou près de fauche abandonnés depuis plusieurs décennies. Ils se sont constitués à partir de haies à base de frêne, implanté comme fourrage tout autour des banquettes.

Riches en espèces transgressives des associations voisines (collinéennes essentiellement pour le premier, plutôt montagnardes pour le second) ils sont difficiles à caractériser d'un point de vue phytosociologique. Provisoirement, on peut rattacher le groupement à frêne et érable sycomore à la sous-alliance de l'Acerion (OBERD., 1957); il pourrait constituer une forme vicariante de l'Aceri-Fagetum dans le montagnard inférieur; le groupement à frêne et alisier blanc appartiendrait à l'alliance du Quercion-Pubescenti petraea.

L'origine de ces groupements, étroitement liée à l'action humaine, et leur grande extension dans la vallée font qu'il est difficile de les intégrer à une série montagnarde de la Moyenne-Maurienne. Peut-être faut-il les rattacher à celle d'Alnus incana et d'Acer pseudoplatanus décrite par BARBERO et OZENDA (1979) dans les Alpes piémontaises.

On peut considérer les formations caducifoliées comme des groupements paraclimaciques à déterminisme à la fois édaphique et anthropique, d'où leur composition floristique composite.

Des formations identiques, souvent à base de frêne ou d'érable ont été décrites dans différents secteurs géographiques des Alpes: dans le Pelvoux oriental (MEYER, 1981), en Tarentaise (GENSAC, 1967), dans le Briançonnais (CADEL et GILOT, 1963), à l'amont de toutes les vallées des Alpes italiennes (BARBERO et OZENDA, 1979) et sur la carte d'Allos (ARCHILOQUE, BOREL et DEVAUX, 1980). A chaque fois, elles occupent des "Zwischentäler" (vallées intermédiaires des auteurs germaniques), entre le domaine intra-alpin typique et les zones péréalpines (MEYER, 1981).

d) La sapinière à Valeriana montana forme plusieurs petits massifs sur roches-mères carbonatées. Les affinités phytogéographiques sont difficiles à préciser. Elle ne peut être rattachée, ni à la série de la hêtraie-sapinière neutrophile (sous-série à sapin) ni à la série interne du sapin (type calciphile à Carex alba). Nous la considérerons, ainsi que sa position nous y incite, comme une formation de transition entre les deux.

La sapinière à Saxifraga cuneifolia occupe tout l'envers des gorges houillères; elle réapparaît au-dessus de Montricher, à la faveur d'affleurements de flysch gréseux et dans le massif granitique du Rocheray. D'un bout à l'autre de ce secteur, elle ne présente aucune différence floristique notable, si ce n'est l'apparition de Festuca flavescens dans les gorges houillères. Elle s'intègre à la série interne du sapin et à l'Abietetum albae (KUCH, 1954), association riche en espèces des Fagetalia dont la particularité est de présenter une composition floristique intermédiaire à base de quelques espèces des hêtraies-sapinières externes et de quelques espèces des pessières internes.

3 - L'ETAGE SUBALPIN

Les pessières subalpines sont présentes, d'une part dans la vallée des Villards et d'autre part dans les gorges houillères. On peut reconnaître la pessière xérophile d'endroit à Vaccinium vitis-idaea (Piceetum subalpinum vaccinietosum vitis-idaea Br.-Bl., Palmann, Bach, 1954), sur sol podzologique jeune à mor et la pessière mésophile d'envers à Saxifraga cuneifolia (Piceetum subalpinum myrtillietosum, Br.-Bl., Palmann, Bach, 1954) sur sol podzologique jeune à moder-mor.

Les cembraies se localisent exclusivement dans les gorges houillères. On peut distinguer la cembraie mésoxérophile d'endroit à Juniperus nana (Junipereto-Arctostaphyletum cembretosum, Bartoli, 1966) et la cembraie mésophile d'envers à Rhododendron ferrugineum (Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum, Palmann, Haffter, 1933).

Le mélèze est présent tout au long de la Moyenne-Maurienne, surtout en envers, où il s'infiltré parfois massivement dans tous les groupements, du subalpin à la base du montagnard. Il ne constitue de véritables mélèzeins qu'en rive gauche, de Villargondran à Valmeinier et de 1 600 à 2 100 m. Le mélèze se trouve ici à sa limite occidentale et son origine reste controversée; l'action anthropozoogène l'a certainement favorisé dans bon nombre de places.

La composition floristique des mélèzeins est hétérogène et se rapproche plus de celle des formations prairiales que forestières; sans entrer dans les détails, on distingue:

- les mélèzeins pionniers sur sols très superficiels, accompagnés d'espèces colonisatrices d'éboulis;
- les pré-bois à mélèze sur pelouse subalpine ou lande intrasyvatique à Vacciniées;
- les mélèzeins à hautes herbes dans les stations les plus fraîches, sur sol riche et profond.

C - LA HAUTE-MAURIENNE

La Haute-Maurienne, au-delà de Modane, est d'orientation SW-NE. Sa végétation a été très bien décrite par BARTOLI (1966); on n'en soulignera que les principaux traits.

1 - L'étage collinéen

Il se lamine à cause de l'élévation du fond de la vallée.

2 - L'étage montagnard

Les expositions tournées vers le nord portent la sapinière à mélampyre sylvatique (Abietetum albae melampyretosum Kuoch, 1954), avec Saxifraga cuneifolia sur roche-mère silicatée ou mixte et Carex alba sur roche-mère carbonatée.

Sur les versants les plus secs et les plus chauds s'étaient les pinèdes sylvestres; en expositions les moins sèches, l'Erico-Pinetum (Br.bl., 1961) en expositions plus sèches, l'Ononido-Pinetum (Br.-Bl., 1961) et son vicariant acidiphile, le Deschampsio-Pinetum (Br.-Bl., 1961).

3 - L'étage subalpin

Les pinèdes de pins à crochets occupent une surface importante et se localisent pratiquement toujours sur sols calcimorphes. Les pinèdes à Arctostaphylos uva-ursi sont xérophiles, celles à Erica carnea mésoxérophiles et celles à Carex ferruginea ou Erica carnea et mousses plutôt mésophiles.

Les pessières subalpines sèches -qu'il s'agisse de celles à Carex humilis et Polygala chamaebuxus ou de celles à Vaccinium vitis-idaea- se localisent aux expositions tournées vers le sud, la première sur schistes lustrés, la seconde sur grès et schistes du houiller. La pessière mésophile ou mésohygrophile s'étend aux expositions fraîches entre 1 700 et 1 950 m.

Les cembraies à rhododendron sont surtout présentes sur les versants frais; elles sont rares en versant sud, uniquement sur les éboulis du houiller. L'arbre est en compagnie de Juniperus nana et Arctostaphylos uva-ursi. Le mélèze est particulièrement bien représenté dans la cembraie.

L'aunaie verte, quant à elle, se développe d'un bout à l'autre de la vallée, de préférence sur les envers. Elle occupe les couloirs humides d'où l'épicéa est éliminé par les avalanches et l'enneigement trop long. Elle abrite une luxuriante mégaphorbiaie.

D - CONCLUSIONS

L'originalité biogéographique de la Maurienne vient de l'existence d'un gradient de continentalité croissant, depuis la Basse vers la Haute-Maurienne où résident des groupements végétaux forestiers très différents. Il en résulte que, dans la vallée de l'Arc, le passage de la végétation préalpine à la végétation intra-alpine est progressif. Cependant, une analyse fine du gradient, à la fois floristique, phytosociologique et bioclimatique, révèle quelques discordances dans la succession, tant est si bien que l'on peut distinguer dans la vallée trois secteurs correspondant aux Alpes externes, intermédiaires et internes des phytogéographes.

La spécificité phytosociologique de chaque secteur est mise en évidence sur la figure 10. L'importance de l'étage montagnard pour saisir la zonation biocénologique de la vallée apparaît clairement, ainsi que l'originalité de la végétation de la Basse et Haute-Maurienne.

L'originalité biocénologique de la Moyenne-Maurienne est plus difficile à saisir et mérite d'être précisée.

La Moyenne-Maurienne est d'abord une zone de transition, c'est-à-dire un secteur où se chevauchent des groupements qui arrivent à leur limite orientale (chênaies et hêtraies) et occidentale (mélèzeins, pinèdes sylvestres internes et sapinières internes).

C'est ensuite un secteur diversifié, caractérisé par un grand nombre de groupements que l'on peut classer en deux catégories:

- d'une part, les groupements qui s'apparentent à ceux des Alpes externes dont ils constituent des formes appauvries, c'est le cas des chênaies et de la plupart des hêtraies;

- d'autre part, les groupements dont la composition floristique reflète une certaine spécificité; cela semble le cas de la sapinière à Valeriana montana qui présente une composition floristique intermédiaire, à base de quelques espèces des hêtraies-sapinières externes et de quelques espèces des sapinières plus internes, ainsi que de la pinède sylvestre à Polygala chamaebuxus.

Le groupement le plus original de la Moyenne-Maurienne paraît être le complexe des formations caducifoliées, dont on peut penser qu'elles se sont développées et surtout maintenues sur des surfaces anciennement pâturées ou fauchées, en grande partie à cause des hésitations des essences climaciques classiques.

En définitive, pour caractériser la Moyenne-Maurienne, les critères les plus sûrs paraissent être la disparition de la forêt mésophile collinéenne à base de charme au profit de la chênaie pubescente interne, la coexistence de hêtraies et de pinèdes, du mélèze et du hêtre et l'individualisation de formations caducifoliées. Par contre, "la présence de pin cembro n'est pas un caractère probant, dans la mesure où ses limites sont plus édaphiques que climatiques" (CADEL et PAUTOU, 1982).

IV - CONCLUSION GÉNÉRALE

Tous les critères utilisés, phytosociologiques, chorologiques, écologiques et climatiques font apparaître les trois secteurs géographiques de la vallée: Basse, Moyenne et Haute-Maurienne qui coïncident respectivement avec les Alpes externes, intermédiaires et internes des phytogéographes. Il n'y a là rien de surprenant. D'une part, le découpage géographique est fondé sur des discordances orographiques et d'autre part, les modifications du climat, étroitement dépendantes du relief dans les zones montagneuses, se traduisent à leur tour dans les variations du couvert végétal, en même temps que sur les modalités de l'occupation humaine qui contribue également, de façon non négligeable, à déterminer la physionomie et la composition des groupements.

La caractérisation biocénotique de chaque secteur est relativement facile à établir. Cependant, une interrogation demeure: quels sont parmi les critères retenus ceux qui sont applicables à l'ensemble des Alpes? Il est trop tôt pour en décider: la compréhension de l'évolution et de la signification des groupements végétaux doit obligatoirement passer par des recherches approfondies sur l'historique des paysages et des groupements si l'on veut arriver à quelques certitudes.

BIBLIOGRAPHIE

- ARCHILOQUE (A.), BOREL (L.), DEVAUX (J.-P.), 1980.- Carte phytosociologique d'Allos à 1/50 000. Biol. Ecol. médit., VII (4).
- BARBERO (M.), OZENDA (P.), 1979.- Carte de la végétation potentielle des Alpes piémontaises à 1/400 000. Doc. Cart. Ecol., XXI, 139-162.
- BARTOLI (Ch.), 1966.- Etudes écologiques sur les associations forestières de la Haute-Maurienne. Ann. Sc. forest., XXIII, 3, 321 p.
- BASSUEL (S.), 1976.- Etude écologique de la partie septentrionale de la chaîne de Belledonne. Doctorat 3ème cycle, Univ. Grenoble, 66 p.
- BLANCHARD (R.), 1943.- Les Alpes occidentales, III : les grandes Alpes françaises du Nord, 1: Massifs centraux, zone intra-alpine. Edit. Arthaud, 348 p.
- BOIS (P.), 1971.- Une méthode de contrôle de séries chronologiques utilisées en climatologie et en hydrobiologie. Publication du laboratoire de mécanique des fluides. Section hydrobiologie. Univ. Grenoble.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1961.- Die inneralpine Trockenvegetation. Von der Provence vis zur steiermark. Stuttgart; Gustav Fischer Verlag, 273 p.
- CADEL (G.), GILOT (J.-Cl.), 1963.- Feuille de Briançon (XXXV-36). Doc. Carte vég. Alpes, I, 91-140.
- CADEL (G.), PAUTOU (G.), 1982.- Les groupements forestiers des Alpes intermédiaires dauphinoises: particularités biogéographiques, phytosociologiques et écologiques. Ecologie des milieux montagnards et de haute altitude. Doc. Ecol. pyrénéenne, III-IV, 21-27.
- FOURNIER (J.), 1985.- Contribution à l'étude des Alpes intermédiaires françaises: la Moyenne-Maurienne. Bioclimatologie, groupements végétaux forestiers et impacts humains. Doctorat 3ème cycle, Univ. Grenoble, 88 p.

- GALLOY (E.), MARTIN (S.), LE BRETON (A.), 1982.- Analyse des séquences de jours secs consécutifs. Application à 31 postes du réseau météorologique français. La Météorologie, VIème série, n°28: 5-24.
- GENSAC (P.), 1967.- Feuilles de Bourg-St-Maurice (XXXV-31) et de Moûtiers (XXXV-32). Les groupements végétaux au contact des pessières de Tarentaise. Doc. Carte vég. Alpes, V, 7-61.
- KUOCH (R.), 1954.- Wälder der schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weisstanne. Ann. Inst. Fed. Rech. Forest., 30, 1-314.
- MARTIN (S.), PELTIER (J.-P.), 1986.- Etude des séquences de jours secs consécutifs en Maurienne (Alpes françaises). Trav. sci. Parc nation. Vanoise, XV, 9-30.
- MEYER (D.), 1981.- La végétation des vallées de Vallouise, du Fournel et de la Biaysse (Pelvoux oriental-Hautes-Alpes). Analyse phytosociologique et phytogéographique des étages collinéen, montagnard et subalpin. Doctorat 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille I, 176 p.
- ONDE (H.), 1938.- La Maurienne et la Tarentaise (étude de géographie physique). Thèse Doc. Etat, Univ. Grenoble, Edit. Arthaud, 623 p.
- OZENDA (P.), 1966.- Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du sud. Doc. cart. vég. Alpes, IV, 198 p.
- OZENDA (P.), 1981.- Végétation des Alpes Sud-Occidentales. Notice détaillée des feuilles 60 Gap, 61 Larche, 67 Digne, 68 Nice, 75 Antibes. Edit. CNRS, 258 p.
- OZENDA (P.), 1985.- La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen. Edit. Masson, 330 p.
- PEGUY (Ch.-P.), 1976.- Une nouvelle expression graphique de la variabilité interannuelle des climats: les "calendriers de probabilités". Bull. Ass. Géogr. fr., 431, 5-16.
- RICHARD (L.), PAUTOU (G.), 1982.- Alpes du Nord et Jura méridional. Notice détaillée des feuilles 48 Annecy, 54 Grenoble (carte de la végétation de la France au 200 000è). Edit. CNRS, 312 p.
- VEYRET (P.) VEYRET (G.), 1979.- Les Alpes françaises. Atlas et géographie de la France moderne. Edit. Flammarion, 316 p.
- VIVIAN (H.), 1977.- Averses extensives et crues concomitantes dans l'Arc alpin. Etude hydro-météorologique. 2 tomes. Thèse Doc. Etat Univ. sci. méd. Grenoble, 1 311 p. (diffusion librairies H. Champion, Paris).