

ASSOCIATION DES AMIS DE LA MASSANE

RÉSERVE NATURELLE DE LA MASSANE

TRAVAUX

45

**LE MÉSOCLIMAT
DE LA RÉSERVE NATURELLE DE LA MASSANE**

par

**J. TRAVÉ, J. GARRIGUE
et F. DURAN**

1996

LABORATOIRE ARAGO – 66650 BANYULS-SUR-MER

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I – PRÉCIPITATIONS	3
1. Précipitations annuelles	3
2. Précipitations mensuelles	5
3. Précipitations saisonnières	8
4. Comparaisons avec les précipitations saisonnières réelles	10
5. Comparaisons avec les stations les plus proches	11
II – DÉBIT DE LA RIVIÈRE	13
III – NEIGE	15
IV – TEMPÉRATURES	16
1. Températures mensuelles	16
2. Températures extrêmes	17
3. Températures dans le sol	18
4. Température de la rivière	19
V – HYGROMÉTRIE	20
VI – VENT	21
VII – INSOLATION ET NÉBULOSITÉ	24
DISCUSSION	25
BIBLIOGRAPHIE	28

LE MÉSOCLIMAT DE LA RÉSERVE NATURELLE DE LA MASSANE

par

**J. TRAVÉ, J. GARRIGUE
et F. DURAN**

INTRODUCTION

Les facteurs climatiques jouent un rôle important dans le fonctionnement et l'évolution de tout écosystème naturel. C'est la raison pour laquelle dès l'installation d'un refuge par le Laboratoire Arago (Paris VI) dans ce qui devait devenir plus tard la réserve naturelle de la Massane, ont été mis en place des installations pour étudier le mésoclimat forestier de la haute vallée de la Massane.

Les premières données météorologiques ont été recueillies le 1er juillet 1959. L'installation, encore sommaire, comprenait un pluviomètre totalisateur et un poste météorologique équipé d'un hygrothermographe, et de thermomètres à maxima et à minima.

Les premières années, de nombreuses lacunes ont existé pour diverses raisons, la principale tenant au manque de personnel disponible.

A partir de 1968, la régularité des relevés a été assurée par l'un de nous (Francis DURAN, technicien au Laboratoire Arago). Quelques lacunes subsistent : accès impossible par fortes chutes de neige, maladies ou congés sans possibilités de remplacement, pannes des appareils, et même une fois vol de l'un d'eux.

Depuis 1980 de nouveaux appareils ont pu être installés avec l'aide du Ministère de l'Environnement :

- Limnigraphe en 1980
- Thermomètres sondes, fin 1981
- Pluviographe, fin 1983
- Anémomètre enregistreur en 1984
- Thermopile et son enregistreur en 1985.

Ces deux derniers équipements, sur lesquels nous comptions beaucoup, n'ont pas donné satisfaction. Les enregistrements de l'anémomètre et de la girouette n'étaient pas utilisables à cause du mauvais emplacement de la station météorologique pour l'étude de ces deux paramètres.

Le thermopile et son enregistreur se sont révélés être trop gourmands en électricité malgré un équipement de deux panneaux solaires et d'une éolienne nettement insuffisants à recharger la pourtant grosse batterie installée.

Le recrutement de Stéphane KATCHOURA, en juin 1988, dont un cinquième du temps est consacré à la réserve naturelle de la Massane a permis de soulager les bénévoles du Laboratoire Arago. Le recrutement du conservateur de la réserve, Joseph GARRIGUE le 1er juillet 1992 permet le relevé maintenant régulier des données météorologiques ainsi que l'entretien des installations.

Une première contribution à la connaissance du mésoclimat de J. TRAVÉ et F. DURAN a paru en 1984. Elle a été suivie de l'analyse des données recueillies chaque année et publiée dans les travaux de la réserve naturelle de la Massane.

Les analyses des données recueillies en 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994 et 1995, ont paru dans les Travaux de la réserve naturelle de la Massane dans les fascicules suivants : n° 17, n° 20, n° 23, n° 25, n° 25, n° 27, n° 28, n° 29, n° 32, n° 34, n° 36, n° 38, n° 44.

Les données sont recueillies chaque semaine et dépouillées. Les enregistrements des précipitations, des températures de l'air et du sol, l'hygrométrie ainsi que le niveau de l'eau sont détaillés jour après jour, en annexes. En cas de panne du pluviographe les données globales proviennent du pluviomètre totalisateur relevé également toutes les semaines.

Les données beaucoup plus précises obtenues à partir des nouveaux matériels nous incitent à faire une nouvelle synthèse à partir de toutes ces analyses annuelles qui nous permettent maintenant d'apporter des moyennes annuelles et mensuelles d'autant plus fiables qu'elles portent sur des périodes d'une durée significative (35 ans pour les précipitations dont 12 ans par le pluviographe ; 20 ans pour les températures).

Les premières données climatiques ont été publiées par TRAVÉ (1963) puis par DAJOZ (1966) et une première synthèse avait été faite par ATHIAS-BINCHE (1982). Dans notre première contribution à la connaissance du mésoclimat de la réserve naturelle de la Massane nous avons corrigé, en reprenant toutes les données brutes, quelques erreurs parues dans ce dernier travail.

Une autre raison de faire ce bilan maintenant est que nous disposons depuis le 1er juin 1996 d'une station électronique automatique nous apportant les données de la température de l'air, de l'hygrométrie, de la température du sol à -5 cm et -15 cm, des précipitations et du rayonnement solaire. Avec cette nouvelle station, la qualité de nos données devrait s'améliorer encore avec un gain de temps appréciable dans l'analyse des facteurs climatiques.

I - PRÉCIPITATIONS

1. Précipitations annuelles

Le tableau I indique mois par mois, les précipitations recueillies entre 1960 et 1995. De 1960 à 1975 les données ne sont pas forcément exactes mois par mois, les relevés sont hebdomadaires et donc certains relevés sont à cheval sur deux mois. De 1976 à 1983, les erreurs sont moins importantes car nous avons utilisé pour les fins et débuts de mois les données journalières d'une station dont les relevés sont faits journalièrement (Banyuls/Mer) ou d'une station faisant partie du réseau de pluviographes paraissant dans les annales climatologiques des P.-O. (Neulos). Par comparaison avec ces stations et par ajustement des données obtenues à la Massane on limite les erreurs. Celles-ci s'ajoutent de toute façon à celles dues à l'appareil et à l'observateur. Ces erreurs sont inévitables et nous n'avons pas la prétention de donner des valeurs d'une exactitude irréprochable, du moins jusqu'en 1983. Depuis 1983, le pluviographe donne des informations précises qui ne manquent que lors de pannes survenant à l'appareil. Dans ce cas, nous avons conservé notre vieux pluviomètre totalisateur qui nous permet de collecter les précipitations survenues pendant la semaine.

Le pluviomètre a été mis en service le 1er juillet 1959 et on a recueilli pendant le deuxième semestre 1079 mm. Cette année 1959 a été très pluvieuse et les précipitations ont provoqué des inondations sur la Côte Vermeille. Elles ont dû dépasser les 1800 mm. Les inondations ont eu lieu en septembre et nous avons relevé du 1er septembre au 9 octobre 794,2 mm.

Une lacune importante concerne l'année 1965 pendant laquelle les données pluviométriques n'ont pas été relevées. Cela est fort regrettable car une estimation que nous avons faite en comparant les précipitations relevées au Neulos nous montre que cette année est certainement la plus pluvieuse dans les Albères durant la période qui nous occupe. Elle a d'ailleurs provoqué aussi des inondations catastrophiques. Notre estimation est supérieure à 2000 mm (2065 mm au Neulos) avec plus de 1000 mm pour le seul mois d'octobre.

Nous avons tenu compte dans nos analyses annuelles précédentes de ces deux années (1959 et 1965) pour montrer leur importance dans les moyennes annuelles. Nous ne poursuivons pas ces comparaisons. A titre d'information, nous signalons simplement qu'en 1995, l'addition de l'année 1965 fait passer la moyenne annuelle de 1184,6 à 1213 mm, soit une augmentation de 28,4 mm. Si nous ajoutons l'année 1959 nous atteignons 1231,4 mm soit une augmentation de 46,8 mm.

Tableau I : Précipitations recueillies mois par mois entre 1960 et 1995 (except. 1965)

Année-Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
1960	6	21	234	21	38	197	124	49	85	157	14	162	1108
1961	77	6	12	75	79	80	24	0	57	148	395	39	992
1962	89	55	226	240	94	33	11	2	133	441	378	38	1740
1963	164	152	26	77	22	86	36	103	359	44	185	154	1408
1964	55	163	58	75	124	25	35	103	75	91	489	300	1593
1966	41	65	16	31	125	55	74	91	17	335	66	41	957
1967	30	336	24	59	52	11	7	45	109	64	268	36	1041
1968	21	99	56	45	190	54	5	67	54	97	623	210	1521
1969	34	64	420	226	48	92	58	65	112	238	10	74	1441
1970	82	18	130	21	124	30	13	64	22	200	20	111	835
1971	21	47	240	156	158	70	20	27	674	25	25	382	1845
1972	333	74	148	50	146	146	7	28	187	185	21	48	1373
1973	135	13	12	29	34	157	37	48	3	42	15	226	751
1974	30	66	182	147	67	139	2	98	214	57	9	0	1011
1975	10	83	50	57	161	70	67	68	120	9	46	155	896
1976	1	210	87	95	20	84	38	45	120	212	53	79	1044
1977	348	18	39	58	441	110	89	90	3	166	21	130	1513
1978	66	74	129	158	148	42	9	12	30	13	10	122	813
1979	551	26	59	99	79	63	17	73	97	263	20	20	1367
1980	72	137	97	200	167	79	60	22	12	49	108	39	1042
1981	70	77	100	195	115	205	68	10	74	11	0	100	1025
1982	480	452	115	80	19	56	45	55	66	111	242	88	1809
1983	5	61	8	36	62	24	2	148	2	33	519	42	942
1984	27,6	36,7	219,4	108	185	28,2	1,7	29,2	159	16,3	230,8	55,6	1097,5
1985	11,8	30,8	48,2	69,2	157,7	60,2	10,4	34,6	0,5	172	77,2	37,3	709,9
1986	40,4	200,6	243,8	86,1	14,8	9,5	6,9	27,1	57,6	520,5	128,6	22	1357,9
1987	84,9	161,5	80,4	32,3	53	46,9	135,2	45,6	14,9	453	105,2	311,1	1524
1988	236,7	0,4	31,1	314,5	170,5	94,9	6,3	4,8	64,3	13,2	195,2	7,3	1139,2
1989	41,1	52,8	14,1	134,7	21	27	12,5	95,9	64,6	24,3	380,3	162	1030,3
1990	81	15,5	21,6	64,2	43,5	82,1	42,4	71,1	81	106,5	45,8	16,2	670,9
1991	54,8	101,3	319,8	25,4	227,5	48	1,6	39	89,4	128,5	68,5	207	1310,8
1992	69,6	91	75,7	75,7	143	278,8	43,3	82	75,7	213,4	40,2	267,8	1451,2
1993	15	182,4	178,7	128,3	56	19	19,7	45,6	192,4	288,9	306,8	10,9	1443,7
1994	34,7	95	5,9	52,7	34,8	25,4	4,2	10,3	217,8	84	62,4	87,3	714,5
1995	48,5	6,2	12,7	15,1	66,8	8,7	48,2	53,4	100,6	74,7	148,4	360,2	943,5
Moyenne	99,1	94,0	106,3	95,3	105,3	75,2	33,7	52,9	106,9	145,3	152,2	118,3	1184,6
écart-type	132,5	95,5	101,1	71,2	83,5	60,7	34	34,5	124,5	133,8	169,0	105,9	325,8

En dehors des années 1959 et 1965 dont nous avons parlé, on peut se rendre compte de la grande variabilité des précipitations annuelles dont témoigne la forte valeur de l'écart-type et qui pour les 35 ans qui nous intéressent montrent des valeurs extrêmes de 670,9 pour les minima et 1845 comme maxima.

Nous pouvons avoir une bonne idée de cette variabilité en étudiant la distribution en classes pluviométriques depuis 35 ans (tableau II). On peut constater que curieusement, la classe moyenne, celle de 1101 à 1300 mm, ne compte que deux années alors que la classe de 901 à 1101 qui est celle juste au-dessous, regroupe le maximum d'années. De part et d'autre de la classe moyenne, on a un nombre d'années assez voisin (18 pour les classes inférieures et 15 pour les classes supérieures).

Tableau II : Distribution en classes pluviométriques des précipitations (35 ans)

Précipitations annuelles en mm	Nombre d'années
Moins de 700 mm	1
De 701 à 900 mm	6
De 901 à 1100 mm	11
De 1101 à 1300 mm	2
De 1301 à 1500 mm	8
De 1501 à 1700 mm	4
Au-dessus de 1701 mm	3

2. Précipitations mensuelles

La figure 1 indique les précipitations moyennes mensuelles cumulées sur ces 35 ans.

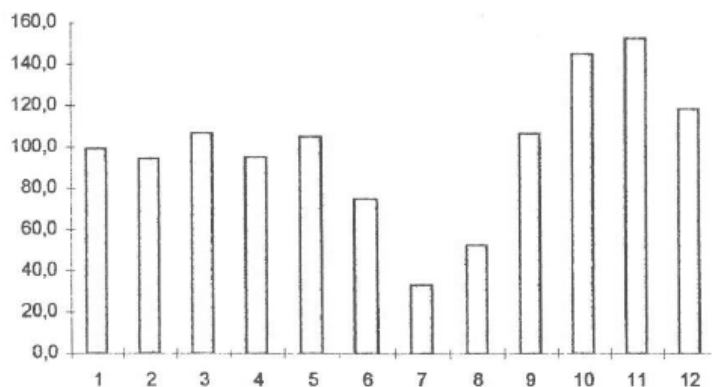


Figure 1 : Précipitations moyennes mensuelles sur 35 ans (1960-1995 except. 1965)

Elles sont relativement fortes et voisines pendant les cinq premiers mois de l'année, proches de 100mm ou supérieures. Ces précipitations chutent pendant les trois mois d'été, le mois de juillet étant en moyenne le plus sec de l'année. Elles remontent en septembre et atteignent les valeurs maximales en décembre, octobre et novembre. L'analyse des écarts-types, qui sont d'autant plus élevés que la variabilité est grande est très intéressante car elle nous montre un certain parallélisme entre les courbes des écarts types et celle des précipitations mensuelles moyennes (fig. 2), ceux-ci étant plus faibles pendant les mois d'été et plus élevés pendant les mois d'automne.

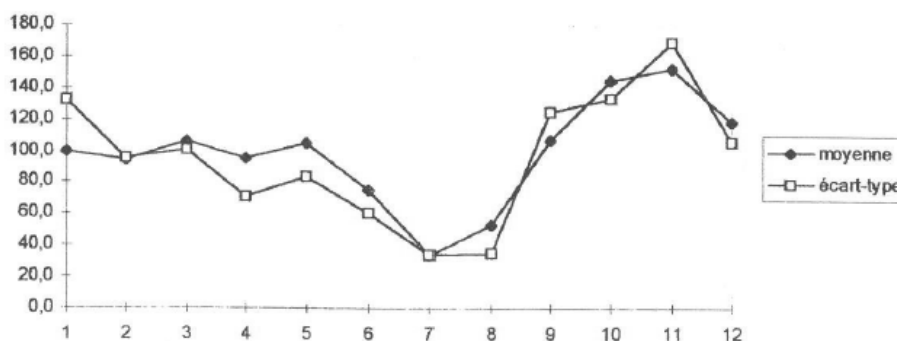


Figure 2 : Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations sur 35 ans et écarts-types correspondants.

Nous donnons dans le tableau III les précipitations minimales et maximales, mois par mois.

Tableau III : Précipitations mensuelles minimales et maximales depuis 1959.

Mois	Minimum	Maximum
Janvier	1 mm (1976)	551 mm (1979)
Février	0,4 mm (1988)	452 mm (1962)
Mars	5,9 mm (1994)	420 mm (1969)
Avril	15,1 mm (1995)	314,5 mm (1988)
Mai	14,8 mm (1986)	441 mm (1977)
Juin	8,7 mm (1995)	273,8 mm (1992)
Juillet	1,6 mm (1991)	135,2 mm (1987)
Août	0 mm (1961)	148 mm (1983)
Septembre	0,5 mm (1985)	674 mm (1971) (estimation 1959 : 794,2 mm)
Octobre	9 mm (1975)	520,5 mm (1986) (estimation 1965 : 1272 mm)
Novembre	0 mm (1981)	623 mm (1968)
Décembre	0 mm (1974)	382 mm (1971)

Le tableau IV regroupe pour chaque mois, le nombre de ceux qui durant les 35 années d'observations ont été secs, pluvieux ou très pluvieux.

Ce tableau est également instructif sur la variabilité des précipitations mensuelles. Bien évidemment les mois d'été sont ceux qui sont le plus souvent secs et ce sont les seuls à n'avoir jamais dépassé les 300 mm d'eau. Mais on peut constater que, par exemple, le mois de novembre qui est celui qui a le plus grand nombre de mois très pluvieux (7) a également un nombre de mois secs très élevé (7) ce qui se retrouve dans la forte valeur de l'écart-type. En additionnant mois pluvieux et très pluvieux c'est le mois d'octobre qui arrive en tête mais nous pouvons constater aussi qu'il a plus de mois secs qu'avril, mai ou décembre. Le mois de mai est d'ailleurs celui qui a eu le plus grand nombre de mois pluvieux pendant les 35 ans (15).

Tableau IV : Nombre de mois secs (S = jusqu'à 30 mm), nombre de mois pluvieux (P = de 100 à 299 mm) et le nombre de mois très pluvieux (TP = au-dessus de 300 mm). Massane (35 ans).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	T
S	9	9	10	5	5	9	18	12	9	7	11	6	110
P	3	8	12	10	15	7	2	3	11	14	9	12	109
TP	4	2	2	1	1	0	0	0	2	4	7	4	28

Dans le tableau V, nous avons indiqué le nombre de jours de pluie par mois depuis 12 ans. C'est en effet depuis cette période que nous possédons un pluviographe. Certaines années, à la suite de pannes nous avons dû procéder à quelques ajustements. En comparant année par année, on constate que ce nombre ne traduit pas la grande variation des quantités de pluie tombées. Les années 1987 et 1990 par exemple avec toutes les deux 141 jours de pluie ont une pluviométrie fort différente : respectivement 1524 mm et 670,9 mm (année record de sécheresse depuis le début des observations). Les trois années records de sécheresse, 1985 (709,9 mm), 1990 (670,9 mm) et 1994 (714,5 mm) ont respectivement 121, 141 et 109 jours de pluie, différences qui traduisent bien les variations de l'intensité des pluies.

Tableau V : Nombre de jours de pluie de 1984 à 1995

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1984	13	16	14	5	17	12	3	6	13	12	18	13	142
1985	3	10	13	13	19	13	6	7	2	13	12	10	121
1986	15	19	15	16	5	5	3	6	14	18	11	9	136
1987	7	13	15	9	12	10	13	6	9	23	13	11	141
1988	21	3	8	15	14	12	4	5	8	17	13	7	127
1989	14	12	7	17	5	9	5	11	15	10	24	21	150
1990	14	8	8	16	11	14	10	5	15	16	12	12	141
1991	14	13	13	8	11	9	5	6	14	22	15	15	145
1992	8	9	9	9	11	19	7	8	17	22	8	12	139
1993	6	14	14	18	17	9	9	13	13	20	15	5	153
1994	11	14	6	15	12	5	2	3	13	9	8	11	109
1995	10	4	6	6	14	7	6	8	10	17	8	14	110
Total	136	135	128	147	148	124	73	84	143	199	157	140	1614
Moyenne	11,3	11,3	10,7	12	12	10	6,1	7	12	16,6	13	11,7	134,5

3. Précipitations saisonnières

On constate dans le tableau VI un creux estival très net, un quart des précipitations pour l'hiver ainsi que pour le printemps et un tiers pour l'automne qui est la saison la plus arrosée. Ces précipitations saisonnières sont de type méditerranéen même si le total annuel ne correspond pas à cette définition.

Tableau VI : Moyenne des précipitations saisonnières pour 35 ans. Hiver : décembre, janvier, février ; printemps : mars, avril, mai ; été : juin, juillet, août ; automne : septembre, octobre, novembre.

Hiver	311,4 mm	26,3 %
Printemps	306,9 mm	25,9 %
Été	161,8 mm	13,7 %
Automne	404,4 mm	34,1 %
Total	1184,5 mm	

Dans le tableau VII nous avons mis à jour le classement des saisons depuis 35 ans, de la plus humide (I) à la plus sèche (IV).

Dans ce classement des saisons, année par année, nous constatons aussi que la saison la plus humide est l'automne (16 ans sur 35), que malgré des moyennes très proches le printemps est plus souvent la saison la plus humide par rapport à l'hiver (11 ans contre 5) et que l'été est très rarement la saison la plus humide (3 ans) et le plus souvent la saison la plus sèche.

**Tableau VII : Classement des saisons, de la plus humide (I) à la plus sèche (IV).
Massane, 35 ans.**

Saisons	I	II	III	IV
Hiver	5	14	11	5
Printemps	11	8	10	6
Été	3	4	8	20
Automne	16	9	6	4

Il est habituel de présenter les précipitations saisonnières à l'aide de formules qui indiquent le type de précipitations. Par exemple la formule des précipitations moyennes pour 35 ans est AHPE (A : automne ; H : hiver ; P : printemps ; E : été).

Toutes les formules se terminant par l'été sont de type climat méditerranéen, celles commençant par l'été sont de type climat continental. Toutes les autres formules sont appelées formules de transition entre les deux types de climat.

On peut constater que toutes les formules possibles de climat méditerranéen (6) sont présentes. La formule dominante est cependant AHPE.

Il y a 12 formules de transition possibles mais jusqu'à présent nous n'en avons rencontré que 9, les 4 possibles commençant par le printemps et par l'automne et seulement 1 seule des 4 possibles commençant par l'hiver.

Nous n'avons que 3 formules de climat continental sur les 6 possibles.

Formules de type climat méditerranéen

AHPE	1961 – 1964 – 1967 – 1976 – 1993 - 1994
APHE	1962 – 1968 – 1971 – 1986
HAPE	1972 – 1979 – 1982
HPAE	1988
PAHE	1969 – 1970 – 1984 - 1991
PHAE	1974 - 1980

Formules de transition

AEHP	1983
AEPH	1966
AHEP	1963 – 1987 - 1995
APEH	1989
HAEP	1990
PAEH	1985
PEAH	1975
PEHA	1981
PHEA	1977 - 1978

Formules de type climat continental

EHPA	1973
EPAH	1960
EHAP	1992

4. Comparaisons avec les précipitations saisonnières réelles

Chaque année nous comparons les précipitations saisonnières réelles, c'est à dire commençant aux solstices et aux équinoxes à celles utilisées normalement en météorologie (hiver : décembre de l'année précédente + janvier + février ; printemps : mars + avril + mai ; été : juin + juillet + août ; automne : septembre + octobre + novembre).

Sur les 20 années où cette comparaison a été établie, 10 années ne présentent pas de changement de type de formule (1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1984, 1987, 1989, 1991, 1993), 4 années présentent un type de formule différent mais un climat semblable (1983, 1986, 1988, 1995) et 6 années un type de formule et un climat différent (1976, 1977, 1985, 1990, 1992, 1994) ce qui est loin d'être négligeable.

En 1977, 1985 et 1990 les précipitations réelles nous donnent une formule de type climat méditerranéen et non pas de transition.

En 1976 et en 1994 c'est la contraire, les précipitations réelles sont de type climat de transition et non pas de type climat méditerranéen. Enfin, en 1992, les précipitations réelles nous donnent un climat de transition et non pas un climat de type continental.

Nous comprenons d'ailleurs assez mal, qu'en climatologie on n'utilise pas les données réelles correspondant aux solstices et aux équinoxes plutôt que des groupements artificiels de mois. Le recueil journalier des précipitations organisé dans les stations météorologiques classiques permet l'utilisation de ces données sans aucun problème.

Nous donnons l'année 1995 à titre d'exemple, dans le tableau VIII. On constate que le total est bien différent. Il est dû aux fortes précipitations de la fin de l'automne 95 (après la deuxième décennie de décembre) mais ceci n'entraîne pas de changement dans la définition du climat pour cette année.

**Tableau VIII : Exemple de l'année 1995
pour la comparaison entre 2 méthodes de calculs saisonniers**

1995	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Total	Formule
Réel mm	75,9	87,9	205,2	566,8	935,8	AEPH
%	8,1	9,4	21,9	60,6		
Officiel	142	94,6	110,3	323,7	670,6	AHEP
%	21,2	14,1	16,4	48,3		

5. Comparaisons avec les stations les plus proches

La figure 3 présente la comparaison des pluviométries annuelles moyennes sur 10 ans (1985-1994) pour les différentes stations du massif des Albères ; ces données sont présentées avec l'altitude. On constate que ce facteur est primordial, exception faite pour le Cap Béar et le Perthus, stations pour lesquelles on peut donner les explications suivantes : Dans le premier cas, c'est un cap plus éloigné de la barrière des Albères que les autres stations, et dans le second, les vents chargés d'humidité sont principalement marins et se sont donc déjà déchargés en partie de leur humidité lorsqu'ils atteignent cette station.

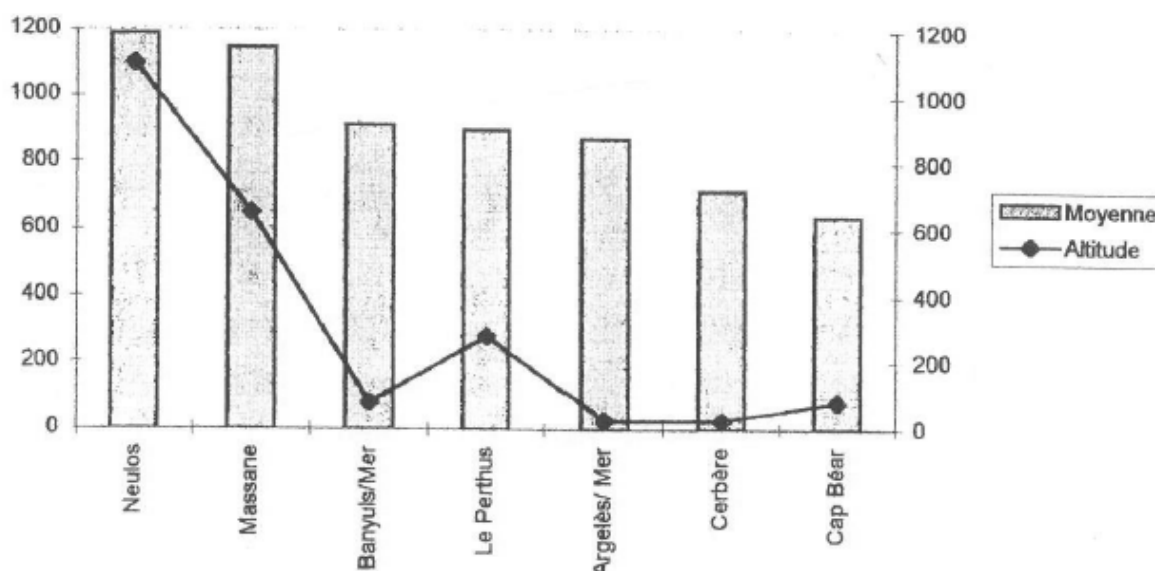


Figure 3 : Comparaison de la hauteur d'eau recueillie entre les stations proches de la Massane (moyenne sur 10 ans : 1985-1994). La courbe présente l'altitude des stations.

A titre d'exemple dans la figure 4 nous présentons les précipitations mensuelles pour l'année 1994. Cette comparaison montre bien l'originalité de la Massane et les disparités qui peuvent se manifester avec le Neulos situé à quelques centaines de mètres au-dessus. La non concordance par exemple pour le mois d'octobre avec la station du Neulos démontre tout l'intérêt du maintien de ce suivi, pour des informations précises, localisées et utilisables dans les autres domaines scientifiques (cf. tableau IX).

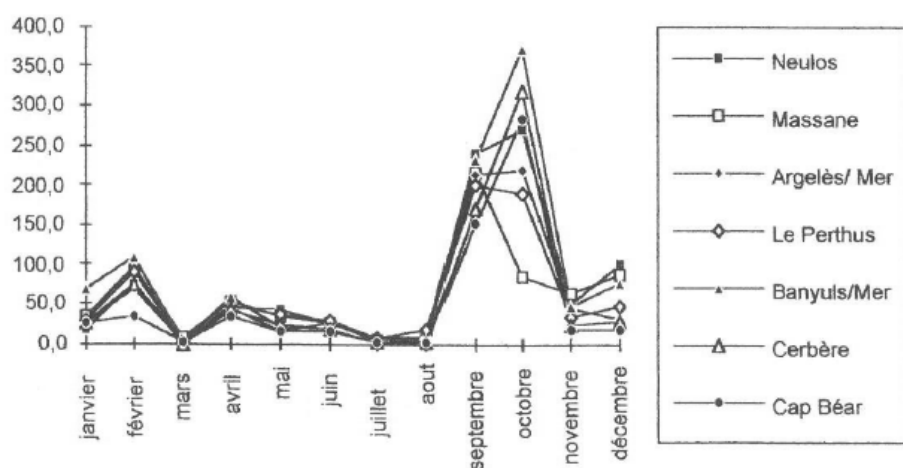


Figure 4 : Comparaisons des précipitations cumulées mois après mois, entre les différentes stations attenantes aux Albères pour l'année 1994.

Tableau IX : Précipitations mensuelles comparées entre les stations du Neulos et de la Massane en 1994

1994	Neulos	Massane
Janvier	17,5	34,7
Février	73,5	95,0
Mars	3,0	5,9
Avril	44,5	52,7
Mai	41,5	34,8
Juin	24,5	25,4
Juillet	7,0	4,2
Août	10,5	10,3
Septembre	239,5	217,8
Octobre	270,5	84,0
Novembre	50,5	62,4
Décembre	100,5	87,3
Total	883,0	714,5

II – DEBIT DE LA RIVIERE

Nous avons installé sur la rivière un limnigraphe en 1980 avec un seuil de jaugeage en "V". Toutes les données recueillies hebdomadairement avec ce limnigraphe nous permettent de faire la correspondance entre les précipitations et l'élévation du niveau de l'eau dans la rivière ainsi que la vitesse de la baisse de niveau après les précipitations. Les variations du débit n'ont pas été pour l'instant analysées. Le seuil de jaugeage en V ayant posé de nombreux problèmes (embâcles fréquents, seuil noyé pendant les fortes chutes de pluie, et finalement disparition du limnigraphe au cours d'une crue en décembre 1987).

Un nouveau limnigraphe n'a pu être installé que pendant l'été 1989. En 1994 le seuil a été détruit par la chute d'un arbre et nous avons fait un autre seuil de jaugeage à section rectangulaire de façon à avoir moins de problèmes avec le seuil. Les données que nous recueillons apportent quelques renseignements sur les variations du débit, sinon sur ses valeurs intrinsèques. Il faudra cependant vraisemblablement y apporter quelques modifications pour permettre d'enregistrer convenablement les petits débits.

A titre d'exemple nous donnons l'année 1993 au cours de laquelle nous avons corrélé les précipitations et les variations de niveau d'eau jour après jour (tableau X). D'un point de vue général, on remarque qu'à des élévations de niveaux de l'eau très brusques font suite des diminutions très progressives, s'étalant sur plusieurs jours. A cela quelques exceptions, ou à des élévations très rapides font suite des chutes aussi brutales : ce type de réaction est le fait de barrages sur la rivière derrière lesquels s'accumule l'eau, qui est libérée soudainement, formant une vague alors capable de charrier des troncs et des blocs considérables.

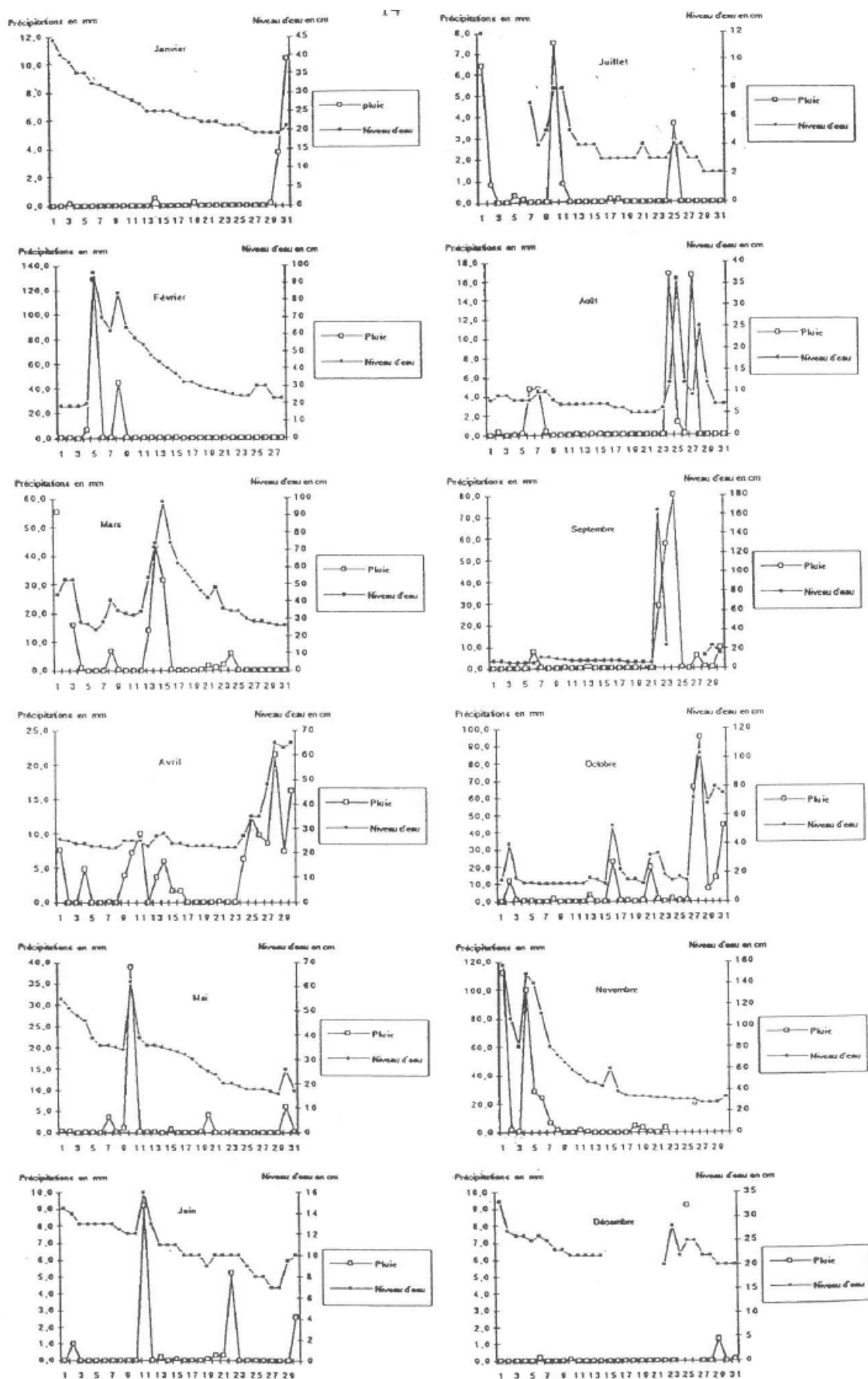


Tableau X : Suivis mensuels comparés de la pluviométrie et du niveau d'eau de la rivière en 1993

III – NEIGE

Ce facteur n'a été noté qu'à compter de 1984. Il reste cependant entaché de subjectivité. En effet, sont notés les jours de chutes de neige, quelle que soit la quantité, et le nombre de jours où la neige persiste au sol (là encore quelle qu'en soit l'épaisseur). L'analyse de ce facteur à partir de ces observations sommaires donne tout de même des informations intéressantes que nous avons regroupées dans la figure 5.

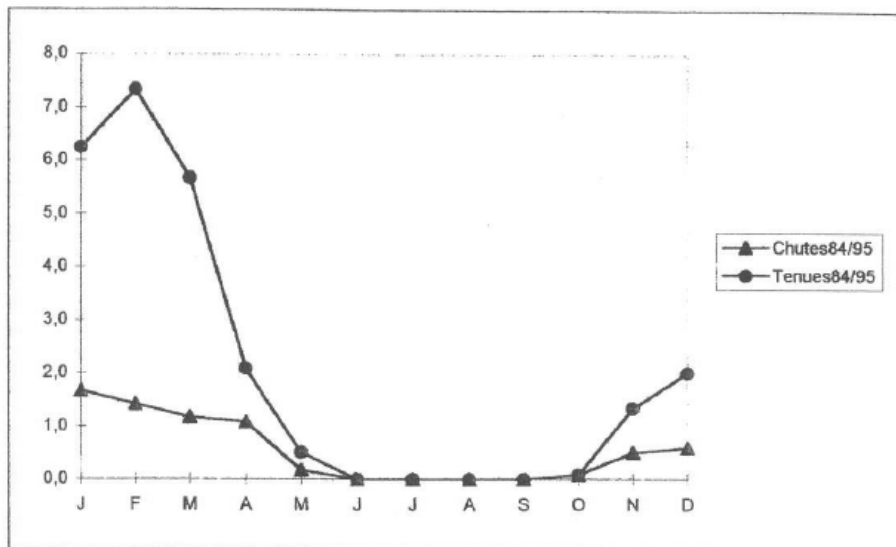


Figure 5 : Moyenne en nombre de jours de chutes de neige et de persistance de la neige au sol (tenues) par mois de 1984 à 1995

On constate qu'il peut neiger à La Massane du mois d'octobre jusqu'au mois de mai (pour la période allant de 1984 à 1995). Le nombre moyen de jours de chutes de neige reste cependant très faible pour cette période, car même pour janvier qui est le mois le plus enneigé il ne dépasse pas 2.

1985 est l'année record pour le nombre de jours de chutes de neige (12) et bien que ce soit janvier qui soit en moyenne le plus enneigé, c'est le mois d'avril 1994 qui détient le record de jours de chutes de neige mensuelles avec 6 jours.

Ce faible enneigement constaté ces dernières années, n'a sûrement pas toujours été le cas à la Massane au cours des temps assez récents si on s'en réfère à la présence d'un puits à neige aux Couloumates.

IV – TEMPÉRATURES

1. Températures mensuelles

Le tableau XI regroupe les données moyennes pour les 20 dernières années en ce qui concerne les températures minimales (m. 20 ans), maximales (M. 20 ans) et moyennes (m + M/2 20 ans).

La moyenne pour les 20 ans est de 11,3° C.

Tableau XI : Températures minimales (m) moyennes (m + M/2) et maximales (M) pour les 20 dernières années de 1976 à 1995

Mois	m. 20 ans	M + M/2 20 ans	M. 20 ans
Janvier	1,5	4,6	7,8
Février	2,2	5,3	8,3
Mars	3,7	7,1	10,0
Avril	5,3	8,7	12,1
Mai	8,5	12,3	16,1
Juin	12,1	16,1	20,1
Juillet	15,1	19,7	24,2
Août	14,9	19,3	23,6
Septembre	12,4	16,5	20,4
Octobre	9,0	12,2	15,5
Novembre	5,2	8,3	11,3
Décembre	2,8	5,8	8,9
Année	7,7	11,3	14,9

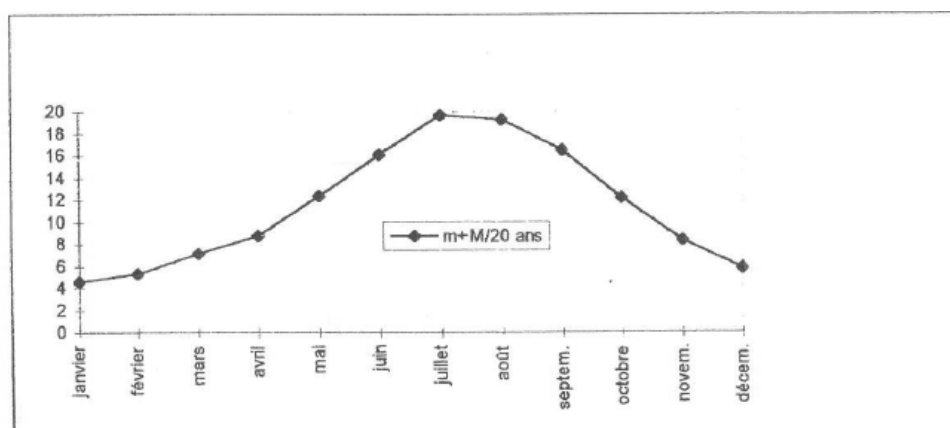


Figure 6 : Températures moyennes, (m + M)/2 mensuelles pour 1976-1995 (20 ans)

2. Températures extrêmes

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les températures extrêmes avec les records successifs, enregistrées depuis 1976 pour chaque mois.

Tableau XII : Records de températures extrêmes enregistrées depuis 1976 pour chaque mois

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1977			-6,0	-3,5				5				
1978						3	5		3,8		-7	
1979					-0,3						23	
1980										-0,5		-9
1982	18						36,5					
1983	18											21,5
1985	-13											
1985	18									26,8		
1986		-9,8				31,1						
1987								33,4				
1988									31,5			
1989		21										
1990			24,2									
1994				23,5	26,5							

Nous avons regroupé dans le tableau XIII toutes les données relatives aux nombres de jours où il a gelé. Depuis 20 ans, il n'y a jamais eu de gelée en juin, juillet, août et septembre, et aucun jour très froid ($t^{\circ} \leq -5^{\circ} \text{C}$) d'avril à octobre. La moyenne des jours froids est de 36,2 pour cette période. Le mois de janvier est le mois où les risques de gelées sont les plus forts (33,7 % des jours). Nous avons également résumé dans ce tableau les jours sans dégel qui sont importants sur le plan biologique.

Tableau XIII : Moyennes et pourcentages du nombre de jours froids ($t^{\circ} \leq 0^{\circ}$), très froids ($t^{\circ} \leq -5^{\circ}$) et sans dégel de 1976-1995.

Les pourcentages tiennent compte du nombre réel d'observations

1976-1995	I	II	III	IV	V	X	XI	XII	Année
Jours froids	203	157	81	41	2	4	72	164	724
J. très froids	32	20	2	0	0	0	10	12	76
J. sans dégel	36	24	4	1	0	0	9	17	91
1976-1995									
Moyen. j.f.	10,2	7,9	4,1	2,1	0,1	0,2	3,6	8,2	36,2
Moyen. j.t.f.	1,6	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6	3,8
Moyen. j.s.d.	1,8	1,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,5	0,9	4,6
1976-1995									
% j.f.	33,7	28,1	13,1	6,9	0,3	0,6	12,5	26,5	15,0
% j.t.f.	5,3	3,6	0,3	0,0	0,0	0,0	1,7	1,9	1,6
% j.s.d.	6,0	4,3	0,6	0,2	0,0	0,0	1,6	2,7	1,9

Dans le tableau XIV, nous avons résumé les données concernant les jours chauds et très chauds pour ces 20 dernières années. On constate qu'il n'y a pas de jours chauds de novembre à avril.

Deux mois se détachent largement du lot : juillet et août qui totalisent à eux seuls 481 jours sur les 640 jours chauds observés pour les 20 ans (juillet arrive en tête avec 269 jours chauds et 50 jours très chauds)

Tableau XIV : Moyennes et pourcentages du nombre de jours chauds ($t^{\circ} \geq 25^{\circ}$), et très chauds ($t^{\circ} \geq 30^{\circ}$) 1976-1995.

Les pourcentages tiennent compte du nombre réel d'observations

1976-1995	V	VI	VII	VIII	IX	X	Année
Jours chauds	9	78	269	212	69	3	640
J. très chauds	0	2	50	31	2	0	85
1976-1995							
Moyen. j.c.	0,5	3,9	13,5	10,6	3,5	0,2	32,0
Moyen. j.t.c.	0,0	0,1	2,5	1,6	0,1	0,0	4,3
1976-1995							
% j.c.	1,5	13,1	44,1	34,8	11,5	0,5	17,6
% j.t.c.	0,0	0,3	8,2	5,1	0,3	0,0	2,3

3. Températures dans le sol.

Nos deux sondes de mesure dans le sol à des profondeurs de -5 cm et -15 cm sont d'un réglage délicat et il convient de rester prudent dans l'analyse de ces résultats. Nous espérons qu'avec la nouvelle station, ces mesures seront moins sujettes à interrogations.

Nous donnons à titre d'exemple la comparaison des données de l'année 1995 pour ce qui concerne les températures extrêmes minimales et maximales relevées chaque mois pour l'air (sous abri), les sondes dans le sol à -5 cm et à -15 cm (fig. 7). On constate que les écarts sont importants pour les minimums entre les sondes du sol et l'air. Par exemple, bien que la température de l'air ait avoisiné les -5°C , celle du sol n'est pas descendu en dessous de 5°C . Les températures les plus basses sont enregistrées pour l'air, le sol jouant, lui, comme nous le savons, le rôle de "tampon thermique" et minimisant de ce fait les chutes brutales de température. En revanche les sondes du sol présentent un profil quasi identique.

Pour les maximums, les plus bas sont ceux enregistrés à -15 cm sauf pour avril, mai et novembre, pour lesquels des chutes de température brutales et de courte durée de l'air ne se sont que faiblement répercutées sur la température du sol. Par exemple les 6 et 7 novembre, la température de l'air est passée de $-1,5^{\circ} \text{C}$ (record du mois) à $19,5^{\circ} \text{C}$ (également record du mois).

Les plus hautes températures sauf pour janvier, sont celles enregistrées à -5 cm. L'exposition au soleil du périmètre d'enregistrement des sondes du sol semble être à l'origine de ces valeurs extrêmes, dépassant les 35° C pour la sonde à -5 cm.

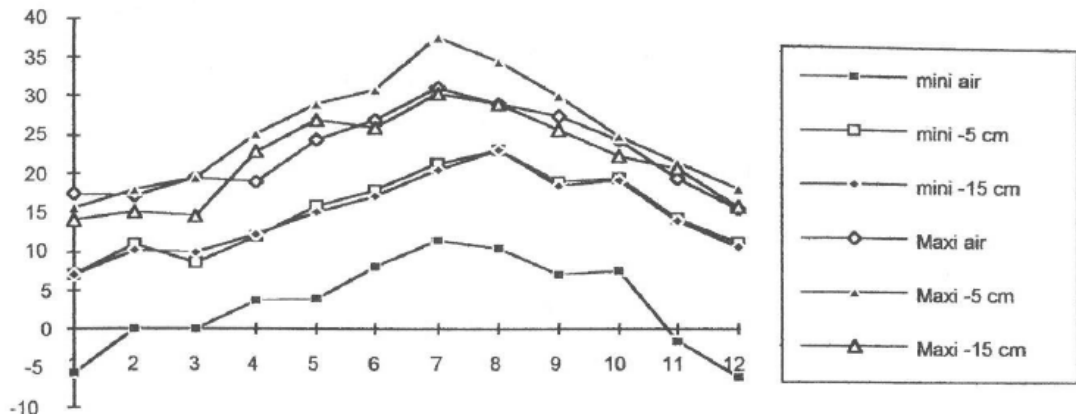


Figure 7 : Températures extrêmes mensuelles minimales et maximales sous abri, dans le sol à -5 cm et à -15 cm. Massane 1995

4. Température de l'eau de la rivière Massane

Les relevés de la température de l'eau, effectués chaque semaine entre 9 h et 11 h au niveau du limnigraphe ne peuvent donner qu'une idée grossière de celle-ci, dont les variations souvent rapides sont soumises à de multiples facteurs (niveau, débit, heure, ensoleillement, vent, etc...).

Le graphique (fig. 8) présente les moyennes mensuelles obtenues à partir des 10 dernières années (1986-95).

La moyenne annuelle pour ces 10 dernières années est de 9,8° C.

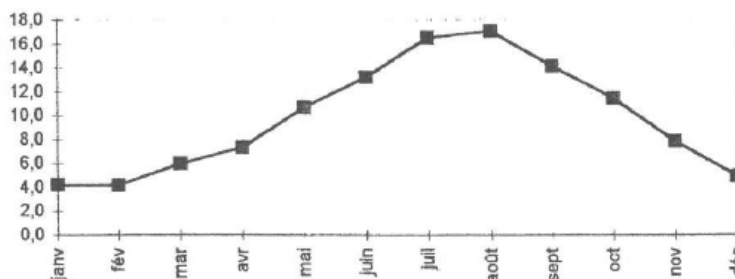


Figure 8 : Moyennes mensuelles de la température de la rivière depuis 10 ans (1986-95)

V – HYGROMÉTRIE

Les données que nous présentons sont enregistrées à partir d'un hygromètre à cheveux. Arbitrairement nous avons fixé la norme à 50 % d'humidité, considérant que cette valeur témoignait d'un état sec. Nous avons fait de même pour une humidité forte en prenant en considération les valeurs à compter de 95 %.

Nous ne présentons que le résultat de l'analyse des trois dernières années (1993-95) dans la figure 9.

On constate sur la figure que globalement sur l'année il y a plus d'heures "humides" que d'heures "sèches".

Il est intéressant aussi de noter que contrairement à ce que l'on pourrait penser, ce ne sont pas durant les mois d'été que l'on enregistre le plus d'heures sèches, mais durant le mois de mars. Ce fait peut s'expliquer par le fait qu'en été la présence d'un couvert végétal permet une évapotranspiration importante, chargeant l'air d'humidité, ce qui n'est pas le cas en mars.

Ces informations qui ne reposent que sur l'étude des trois dernières années, permettent d'affiner les connaissances sur le climat de la réserve de la forêt de la Massane. Une extension des résultats à un nombre d'années plus important s'avère cependant nécessaire.

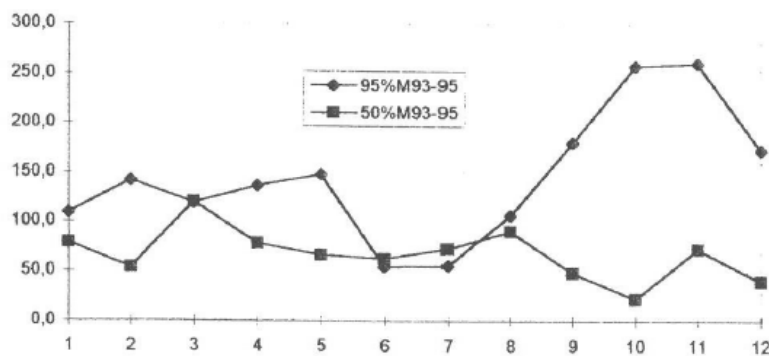


Figure 9 : Comparaisons par mois, du nombre d'heures où l'hygrométrie est supérieure ou égale à 95 % et inférieure à 50 %;

VI – VENT

Le vent joue un rôle très important sur l'ensemble de la réserve naturelle. Il conditionne pour une grande part le rayonnement solaire, la nébulosité, et les précipitations. Il agit aussi sur l'érosion du sol, sur la répartition de la litière, sur la végétation (sur les crêtes, la forme en drapeau et le rabougrissement des arbres ; partout la formation de chablis très importants et la chute d'arbres souvent en pleine vitalité) et enfin sur le comportement animal. Les essais que nous avons fait de mesurer le vent dans notre station météorologique ont été infructueux, les tourbillons provoquant l'affolement des girouettes et leur destruction comme cela s'est également produit sur l'éolienne que nous avons installée pour fournir de l'électricité. Nous pouvons cependant avoir une bonne idée de la direction générale des vents et de sa force à partir des données offertes par la station toute proche du Cap Béar que Monsieur PASCUAL 5m2T2O France à Perpignan), nous a aimablement communiquées. La figure 10 (source Météo France), synthétise les données de 1962 à 1995. On constate que les vents dominants sont ceux de secteur NW (tramontane et mistral) suivis par ceux opposés de S à SE (à Banyuls Garbi, brise de mer, et Xaloc, vent pluvieux d'hiver). Alors que la tramontane est un vent sec et froid apportant l'insolation mais aussi fortement desséchant pour la végétation et le sol, les vents de secteur E à S sont humides et principalement responsables en automne des fortes chutes de pluie qui affectent le massif des Albères. Dans la réserve de la Massane ces vents de secteur S et E s'orientent souvent au SW (à Banyuls, Llebeig), s'engouffrent en rafales par les cols de la crête frontière et associés au fort ravinement provoquent la chute de nombreux arbres davantage que lors des coups de vent de NW qui sont plus forts (cf. tableau ?).

La vitesse du vent est souvent très élevée puisque 35 % dépassent ou égalent 10 m/s au Cap Béar.

ROSE DES VENTS

Sémaphore principal CAP BEAR

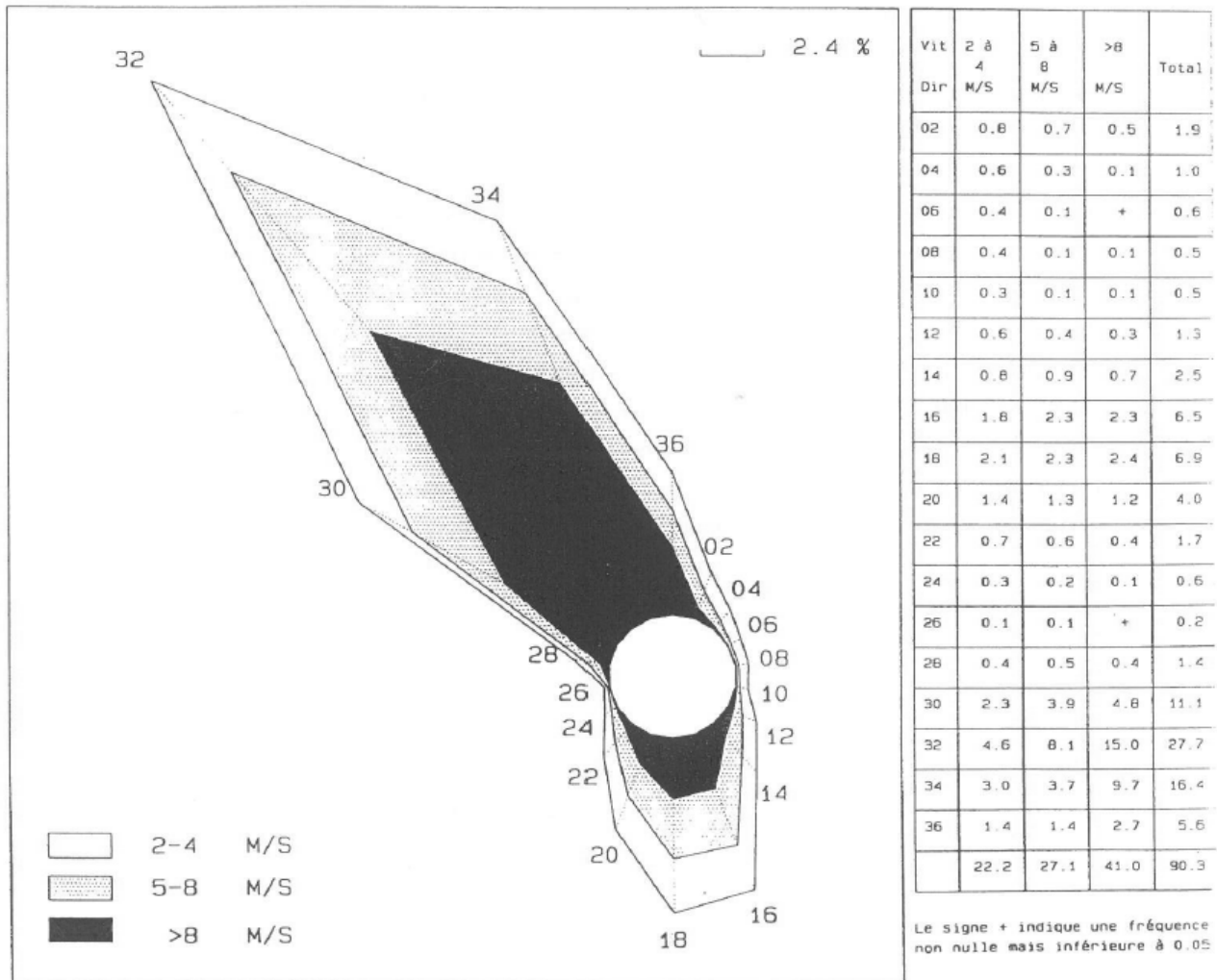
Commune PORT VENDRES
Lieu-dit SEMAPHORE
Département PYRANES-ORIENTALES

Altitude 81.6 m
Latitude 42°31'0 N
Longitude 03°08'1
Hauteur anémo. 36.0 m

Période : JANVIER à DECEMBRE 1962-1995

Fréquences moyennes des directions du vent en %
Par groupes de vitesses : 2-4 M/S, 5-8 M/S, sup. à 8 M/S

Type de données : Valeurs trihoraires de 00 à 21 heures UTC



Fréquence des vents inférieurs à 2 M/S : 9.7 %

Nombre de cas observés : 96416
Nombre de cas manquants: 2864

Figure 10 : Synthèse des données de 1962 à 1995, concernant le vent au Cap Béar (document Météo France, aimablement fourni par Mr. PASCUAL)

Sur 1000 observations le tableau XV présente le nombre de vents supérieurs à 90 km/h, entre 40 et 89 km/h, vents inférieurs à 40 km/h et vents nuls par mois.

Tableau XV : Sur 1000 observations, nombre de vents supérieurs à 90 km/h, entre 40 et 89 km/h, vents inférieurs à 40 km/h et vents nuls par mois (d'après Météo France)

Janvier	73	281	518	128
Février	50	322	482	146
Mars	20	269	565	146
Avril	52	360	470	118
Mai	13	267	564	156
Juin	13	226	591	170
Juillet	4	269	568	159
Août	6	211	633	150
Septembre	7	227	600	166
Octobre	32	278	543	147
Novembre	35	321	504	140
Décembre	61	296	483	160

Le tableau XVI indique la vitesse maximale instantanée du vent (mètres par seconde) la direction et la date, la vitesse moyenne du vent mois par mois pour la période allant de 1965 à 1995, ainsi que le nombre moyen de jours où les vitesses dépassent 16 m/s et 28 m/s de 1967 à 1995.

On constate que les vents les plus forts sont tous de secteurs N à W. Ce sont les mois de mars et avril qui en moyenne, enregistrent les vents les plus forts. On obtient 8,5 m/s de moyenne pour l'année sur cette période.

Tableau XVI : Maximums : vitesse maximale instantanée du vent en mètres par seconde ; Directions : en degrés (90°=E ; 180°=S ; 270°=W ; 360°=N) ; Dates : dates auxquelles ont été enregistrés les maximums ; ≥ 16 m/s : nombre moyen de jours où les vents sont supérieurs à cette vitesse pour la période 1967-95 ; ≥ 28 m/s nombre moyen de jours où les vents sont supérieurs à cette vitesse pour la période 1967-95 ; Moyennes : vitesse moyenne du vent (8 valeurs quotidiennes) en mètres par seconde. (d'après Météo France)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Maximums	49	48	53	56	45	39	38	48	42	47	49	54
Directions	300	300	330	340	280	340	360	300	320	340	340	340
Dates	11-87	14-89	06-66	17-79	04-87	08-91	14-91	19-79	23-79	12-80	27-80	22-79
≥ 16m/s	19	18.4	19.9	18.9	16.5	14.9	15.5	15.8	14.4	15.8	16.4	17.5
≥ 28 m/s	5.8	4.9	6.9	5.2	1.5	1.8	1.7	2.3	2	3.2	5	6.1
Moyennes	9	9,4	9,8	9,8	7,9	7,6	7,6	7,4	7,1	7,7	8,8	9,3

La vitesse des vents augmentant généralement avec l'altitude on peut donc estimer que sur les crêtes exposées, la vitesse réelle du vent est supérieure aux chiffres que nous donnons. Dans la forêt, avec l'abri des arbres et celui de la pente, les valeurs sont évidemment inférieures.

VII – INSOLATION ET NÉBULOSITÉ

Ces deux facteurs agissent indirectement sur la température et l'humidité de l'air. L'insolation dépend de la nébulosité, des facteurs topographiques, de la couverture végétale, de la saison et de l'heure. Nous n'avons pas pu jusqu'à présent étudier ces deux facteurs, les solarigraphes qui le permettent devant être dépouillés tous les jours. La mise en place d'un appareil nous permettant de connaître le rayonnement total devrait nous apporter quelques informations sur ces facteurs. Les radiations solaires jouent un rôle important sur la végétation et probablement aussi sur la faune. Les radiations ultraviolettes sont très élevées au bord de la mer et en haute montagne, elles sont certainement moins importantes au niveau de la réserve naturelle.

DISCUSSION

Les résultats obtenus par les relevés météorologiques à la Massane permettent d'avoir une bonne idée des facteurs climatiques, même si leur exactitude n'est pas parfaite.

Le climat des régions méditerranéennes a fait l'objet de nombreux travaux dont on trouve des compilations exhaustives (DAGET, 1977 ; NAHAL, 1981 ; THIEBAUT, 1979).

Les auteurs ne sont pas tous d'accord sur les limites des régions méditerranéennes et leurs caractéristiques climatiques. Le critère fondamental du climat méditerranéen est la sécheresse estivale. Il y a un contraste net entre cette saison et les autres sur le plan de la pluviométrie. C'est le cas à la Massane dont l'été reçoit moins de 14 % du total annuel des précipitations. Mais, comme les précipitations sont fortes, les moyennes estivales (de l'ordre de 160 mm) sont relativement élevées et les moyennes mensuelles ne présentent pas de mois réellement très sec (30 mm) même si le mois de juillet est très près (33,7 mm).

Il faut cependant tenir compte du fait que la plupart du temps les précipitations sont de type méditerranéen, à forte intensité et que dans ce cas une partie importante de l'eau ruisselle et est inutile pour la végétation. Il faut également tenir compte de l'effet des forts vents du nord-ouest qui augmentent l'évapotranspiration.

Les différentes méthodes qui permettent de classer les climats, présentées et discutées par les auteurs cités précédemment ont été énumérées par ATHIAS-BINCHE, 1982. L'analyse actuelle faite sur un plus grand nombre d'années apporte quelques différences, mais ne modifie pas l'analyse et la définition des caractéristiques du climat de la Massane :

Si l'on considère avec Köppen (1918) qu'un mois est sec s'il reçoit moins de 30 mm d'eau, la Massane se situe à la limite avec une moyenne de 33,7 mm en juillet. Remarquons cependant que ce seuil est souvent atteint par certains mois pratiquement tous les ans (cf. tableau IV) puisque 110 mois sur les 35 ans présentent cette caractéristique.

L'indice de xéricité d'Emberger (1971) par exemple caractérise le degré de sécheresse ; il a la forme $S = PE/M$, avec PE la somme des précipitations estivales et M, la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud de l'année. A la Massane, on a $S = 161.8/24.2$ soit 6.7. Un été est considéré comme sec en dessous de 7, ce qui est le cas. En revanche, c'est la valeur 5 qui sépare le mieux les climats méditerranéens des autres.

La continentalité pluviale, qui consiste à faire le rapport des précipitations des six mois les plus chauds (mai à octobre) aux précipitations des six mois les froids (novembre à avril) donne $C=519.3/665.3 = 0.78$.

La continentalité thermique est mesurée par le coefficient K' suivant :

$K' = (1.7A/\sin(\Psi + 10 + 9 h)) - 14$ avec A = amplitude thermique moyenne annuelle en degré Celsius (7.2), Ψ = est la latitude en degré d'arc (42.5) et h = altitude en km (0.65) d'où $K' = 0.383$.

Le degré de continentalité thermique et pluviale place la station de la Massane dans la zone de climat méditerranéen avec $K'/25 < C$.

L'indice d'aridité de Giacobbe (1956) qui s'applique aux périodes arides en climat méditerranéen, $I = 100P/MA$, avec P, les précipitations pendant la période considérée (33.7), M, la moyenne des maximums thermiques (24.2) et A, l'amplitude moyenne quotidienne (9.1), donne un indice de 15.3 pour le mois de juillet qui est, de ce fait, considéré comme aride puisque la période critique de sécheresse correspond à un indice inférieur à 17.

Le quotient pluviothermique d'Emberger se calcule de la façon suivante :

$Q^2 = 2000P/(M + m + 546.4)(M - m)$ avec P = pluviosité, M = moyenne des maximums du mois le plus chaud, et m = moyenne des minimums du mois le plus froid. On obtient $Q^2 = 182.4$ ce qui place la Massane dans les climats perhumides frais.

Tout cela montre bien que le régime pluviométrique de la Massane est de type méditerranéen, avec une saison estivale nettement plus sèche que les autres en moyenne, mais cependant relativement humide.

L'instabilité pluviométrique, caractéristique des régions méditerranéennes est particulièrement marquée, aussi bien pour les mois, pour les années, que pour le caractère brutal des précipitations. La pluviosité moyenne est élevée.

Les températures correspondent à un climat tempéré frais avec des gelées assez fréquentes pendant l'hiver.

L'apport de la nouvelle station automatique, intégrant en plus l'ensoleillement, permettra d'être plus précis quant à ces analyses.

Les données pluviothermiques sont schématisées dans le diagramme ombrothermique de la figure 11.

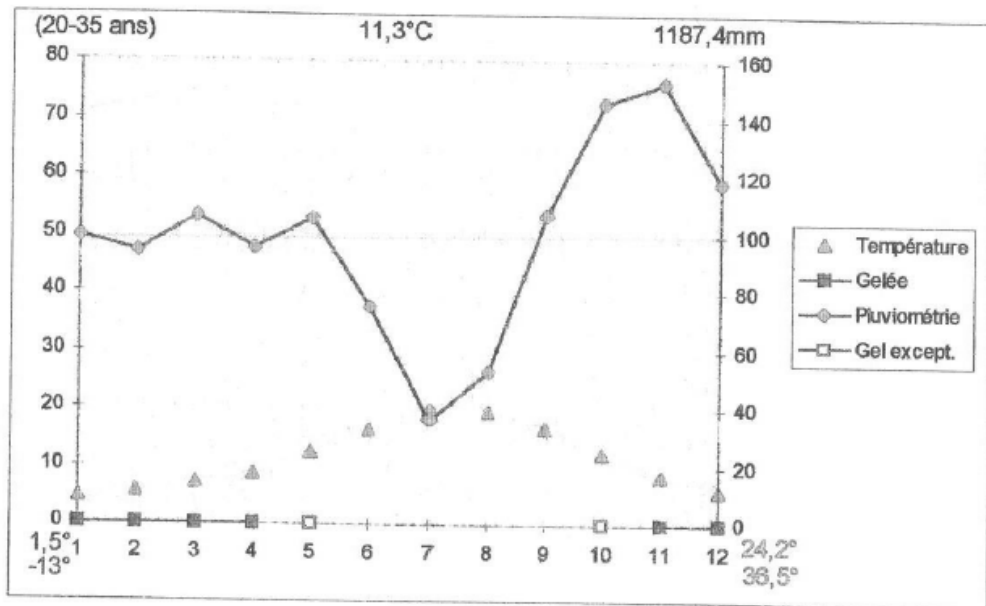


Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la Massane.

En haut de gauche à droite : nombre d'années d'observation pour la température et les précipitations ; température moyenne annuelle ; total des précipitations annuelles.

En bas, à gauche : température minimale moyenne du mois le plus froid ; température minimale absolue ; à droite : température maximale moyenne du mois le plus chaud ; température maximale absolue.

La courbe du haut indique les précipitations mensuelles, la courbe du bas les températures moyennes mensuelles.

Au-dessus de 100 mm de pluie par mois, la période est considérée comme perhumide, entre 100 mm et la courbe des températures la période est considérée comme humide.

En abscisses, les mois de l'année de janvier à décembre (1 à 12) ainsi que les mois avec des gelées, et des gelées exceptionnelles.

En ordonnées, à gauche, les températures de 10 en 10° C ; à droite, les précipitations de 20 en 20mm (Inspiré de R. FOLCH i GUILLEN, 1981).

BIBLIOGRAPHIE

- ANNALES CLIMATOLOGIQUES, 1959-1994 – Conseil général, Pyrénées-Orientales. Commission météorologique.
- ATHIAS-BINCHE, F., 1982 – Ecologie des Uropodides édaphiques (Arachnides : Parasitiformes) de trois écosystèmes forestiers. 2. Stations d'études, Méthodes et Techniques, Facteurs du Milieu. Vie et Milieu 31 (3-4) : 221-241.
- BASSOULS, G**, 1956 – Les différents climats des P.O. ; Ann. Clim. Des P.O.
- BAUDIERE, A et EMBERGER, L., Sur la notion de climat de transition en particulier dans le domaine du climat méditerranéen. Bull. Serv. Carte Phytogéo. Série B, 4 (2) : 95-117.
- CHIRKOV, Y. I., 1979 – Soil climate. Agrometeorology, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York : 131-138.
- DAGET, Ph., 1977 – Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation. Vegetatio, 34 (1) : 1-20.
- DAGET, Ph., 1977 – Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. Vegetatio, 34 (2) : 87-103.
- DAJOZ, R., 1966 – Écologie et biologie des Coléoptères xylophages de la hêtraie (1ère partie). Vie et Milieu, 17 (1C) : 527-633.
- DURAN, F., TRAVÉ, J.** ,1988 – Climatologie. Analyse des données 1987 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 25 : 1-24.
- DURAN, F., TRAVÉ, J.** ,1989 – Climatologie. Analyse des données 1988 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 27 : 1-25.
- DURAN, F., TRAVÉ, J.** ,1990 – Climatologie. Analyse des données 1989 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 28 : 1-25.
- DURAN, F., TRAVÉ, J.** ,1991 – Climatologie. Analyse des données 1990 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 29 : 1-24.
- DURAN, F., TRAVÉ, J.** ,1992 – Climatologie. Analyse des données 1991 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 32 : 1-25.
- DURAN, F., TRAVÉ, J., GARRIGUE, J** , 1993 – Climatologie. Analyse des données 1992 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 34 : 1-31.
- FOLCH i GUILLEN, R. *, 1981 – La vegetacio dels països catalans. Institutio catalana d'història natural, memoria num. 10 : 1-513.
- GARRIGUE, J., TRAVÉ, J. DURAN, F.** - 1994 – Climatologie. Analyse des données 1993 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 36 : 1-33.
- GARRIGUE, J., TRAVÉ, J. DURAN, F.** - 1995 – Climatologie. Analyse des données 1994 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 38 : 1-33.
- GARRIGUE, J., TRAVÉ, J. DURAN, F. et KATCHOURA St.** - 1996 – Climatologie. Analyse des données 1995 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 44 : 1-33.
- NAHAL, I., 1981 – The mediterranean climate from a biological viewpoint. Mediterranean – Type Shrublands. Ecosystems of the world 11. Elsevier scientific publishing company : 63-86.
- PEGUY, Ch. P., 1961 – Précis de climatologie. Masson, Paris : 1-347.
- THIEBAUT, B., 1970 – Etude écologique de la Hêtraie dans l'arc montagneux Nord-méditerranéen de la vallée du Rhône à celle de l'Ebre. Thèse. Montpellier, 267 p. roneo + annexes.
- TRAVÉ, J., 1963 – Écologie et biologie des Oribates (Acariens) saxicoles et arboricoles. Supplément n°14 à Vie et Milieu, 267 p.
- TRAVÉ, J., DURAN F.** , 1984 – Contribution à la connaissance du mésoclimat de la Réserve Naturelle de la Massane ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 14 : 1-33.
- TRAVÉ, J., DURAN F.** - 1985 – Climatologie. Analyse des données 1984 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 17 : 1-25.
- TRAVÉ, J., DURAN F.** - 1986 – Climatologie. Analyse des données 1985 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 20 : 1-26.
- TRAVÉ, J., DURAN F.** - 1987 – Climatologie. Analyse des données 1986 ; Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 23 : 1-26.