

SYNTHESE DE DONNEES CLIMATOLOGIQUES (THERMOMETRIE ET PLUVIOMETRIE) PAR L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Gilles Guerrier*

Nous étudierons dans ce travail, les renseignements apportés par l'Analyse en Composantes Principales (ACP), l'une des analyses multidimensionnelles, sur un ensemble de données météorologiques. En effet, les paramètres climatiques sont nombreux, qu'ils soient sous forme de données brutes (température ou pluviométrie journalières, mensuelles...) ou sous forme d'indices calculés à partir de ces précédentes valeurs (indice xérothermique de GAUSSEN, indice pluviométrique de MORAL, de KOPPEN, indice d'aridité de De MARTONNE et d'EMBERGER...) (PEGUY, 1970).

Chacun de ces indices qui résume les caractéristiques et les variations du climat, ne prend en compte qu'une ou deux variables. Il était donc intéressant de retenir plus particulièrement l'Analyse en Composantes Principales, qui tient compte de toutes les variables mesurées, quelle que soit la corrélation entre celles-ci. Cette analyse a pour but essentiel de résumer les variables initiales, en nouvelles variables fondamentales, dites "composantes principales" ou encore "facteurs" (COOLEY et LOHNES, 1971; TORRES-IBERN, 1972).

C'est la région des Pyrénées Orientales (France), caractérisée par un important réseau météorologique, qui fournira l'exemple et le support de notre analyse.

* Service de Botanique et Cryptogamie. UER de Pharmacie, 31 Allées Jules Guesde, 31000 Toulouse.

METHODOLOGIE

1. Présentation de la région (figure 1).

La région des Pyrénées Orientales choisie est une des régions les plus ensoleillées de France; en témoignent les installations du Centre National de la Recherche Scientifique à Mont Louis, et l'implantation prochaine d'une centrale solaire (Thémis) capable de produire 2 MW d'électricité. Cette région est sous l'influence méditerranéenne à l'est, puis d'influence continentale lorsque l'on se déplace vers l'Ouest, avec l'accentuation des reliefs.

Du point de vue altitude, c'est une région variant de 0 à 2800 mètres, et cette variation est d'autant plus intéressante qu'elle s'effectue sur une longueur de 80 kilomètres. Nous trouvons donc sur une superficie restreinte une large variation du relief, qui se traduit biogéographiquement par une succession de nombreuses séries de végétation: chêne vert, chêne pubescent, hêtre, sapin, pin à crochets (GAUSSEN, 1970).

Géographiquement, du Sud au Nord, on distingue trois vallées: du Tech, de la Tet et de l'Agly. En altitude, les massifs des Madres, du Carlit et du Puigmale isolent les hauts plateaux de Capcir et de Cerdagne.

2. Source des données.

Les données sont empruntées aux "Annales de Climatologie des Pyrénées Orientales" de l'année 1967; en effet, une analyse statistique a montré que les différents paramètres climatiques utilisés dans cette étude (température et pluviométrie) ne différaient pas d'une moyenne établie sur 10 ans (décennie 1959-1968).

Nous avons retenu 36 stations expérimentales, dont la liste est donnée dans le tableau 1; chaque station est caractérisée par les paramètres suivants:

- l'altitude.
- la distance à la mer Méditerranée, mesurée sur la carte au 1/50.000^e de la région.
- les températures mensuelles moyennes, minimales et maximales.

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

- les données pluviométriques, d'une part sous forme de quantités mensuelles et de nombre de jours de pluie, et d'autre part sous forme de total pluviométrique annuel.

RESULTATS

1. Matrice des corrélations.

Nous avons effectué une première analyse en étudiant les relations entre les 64 premières variables retenues. Pour une probabilité ($p < 0.05$, $r = 0.250$), cette matrice nous permet de mettre en évidence les points suivants:

a) Les trois types de mesure de température (minimale, moyenne et maximale) de la matrice initiale des données sont tous bien corrélés entre eux, quel que soit le mois considéré ($0.850 < r < 0.953$).

b) Le coefficient de corrélation entre l'altitude et la distance à la mer est de 0.865, ce qui montre une élévation régulière des reliefs avec la distance.

c) Une corrélation négative, quel que soit le mois est mise en évidence entre, d'une part l'altitude et la température ($-0.933 > r > -0.861$), et d'autre part, entre la distance à la mer et la température ($-0.885 > r > -0.69$). Ces deux observations pour les mesures thermométriques (minimales, maximales et moyennes) traduisent l'influence de la continentalité.

d) Les corrélations entre l'altitude et la pluviométrie sont généralement positives, à l'exception des mois de février et d'octobre (tableau 2). Ces mêmes corrélations négatives sont retrouvées lors de la décennie 1959-1968 pour février ($r = -0.46$) et octobre ($r = -0.682$).

Tableau 2: Corrélations altitude / pluviométrie

mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
r =	0.246	-0.687	0.640	0.439	0.597	0.809	0.640	0.781	0.403	-0.371	0.402	0.765

Nous pouvons expliquer ces deux corrélations négatives:

– Pour février, un examen détaillé des données nous montre une climatologie particulière: chute de neige sur la plupart des stations, et températures douces.

GILLES GUERRIER

—Pour octobre, nous mettons en évidence le “phénomène des gouttes” caractérisé par CASANOBE (1971): ce sont des masses nuageuses d’air froid de 50 km² en provenance de l’Anticyclone des Açores. Ces gouttes, propres à la région, en contact avec une arrivée d’air chaud centré sur l’Algérie, entraînent des pluies très abondantes et localisées, intéressant surtout les premiers reliefs: les orages se situent principalement dans la vallée du Tech (Tableau 3) qui reçoit le double de pluviosité.

e) Une bonne corrélation s’établit entre le nombre de jours de pluie et la quantité d’eau reçue (tableau 4) pour la quasi-totalité de mois de l’année: Janvier se caractérise par de faibles quantités de pluies réparties en de nombreux jours. Nous donnons également les corrélations entre le nombre de jours de pluie, d’une part avec l’altitude, d’autre part avec la distance à la mer; ces corrélations sont similaires (tableau 4).

Tableau 4: Coefficient de corrélation entre le nombre de jours de pluie et l’altitude, la quantité pluviométrique et la distance à la mer.

mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
pluie (mm)	0.193	-0.606	0.544	0.574	0.676	0.898	0.769	0.815	0.518	0.359	0.450	0.639
altitude	-0.046	0.117	0.790	0.748	0.791	0.843	0.764	0.809	0.702	0.371	0.008	0.588
distance/ mer	0.056	0.163	0.720	0.653	0.744	0.800	0.774	0.782	0.754	0.349	0.007	0.545

2. Analyse en composantes principales des données.

Les renseignements concernant les températures minimales ou maximales n’ont pas été pris en compte dans cette analyse, car les corrélations avec les paramètres thermiques moyens sont trop fortes. De même, nous n’avons pas fait figurer le nombre de jours de pluie dont les corrélations avec l’altitude et la distance à la mer sont trop fortes également (tableau 4).

Nous disposons alors d’un nouveau tableau de données (n stations = 36 et m variables retenues = 27). Cette configuration de la nouvelle matrice initiale (n > m) rend valide l’analyse en composantes principales.

Nous reportons dans le tableau 5, les quatre premières valeurs propres de la matrice de corrélation (matrice 27 * 27) des données

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

initiales (tableau 36 * 27), ainsi que les pourcentages respectifs de variance expliquée par chaque facteur.

Tableau 5: Valeurs propres de la matrice des corrélations et pourcentage de variance expliquée par chaque facteur.

	facteur 1	facteur 2	facteur 3	facteur 4
valeur propre	18.016	3.926	1.338	0.975
o/o variance	66.73 o/o	14.54 o/o	4.95 o/o	3.60 o/o
o/o cumulé	66.73 o/o	81.27 o/o	86.22 o/o	89.03 o/o

Nous nous limiterons à l'analyse des trois premiers facteurs dont les valeurs propres sont supérieures à l'unité, et qui expliquent 86 o/o de la variance initiale. La simplification des 27 variables initiales en 3 nouvelles variables, appelées composantes principales, n'aboutit qu'à une perte de 14 o/o de l'information contenue dans la totalité des données (températures moyennes, pluviométrie, altitude, distance à la mer).

La recherche des valeurs propres à partir de la première matrice de données (§ 1, Matrice des corrélations 64 * 64) donne, pour trois facteurs une explication de 85 o/o de la variance initiale. Ceci montre bien qu'une analyse effectuée sur la totalité des variables initiales (données thermiques maximales et minimales, et nombre de jours de pluie) n'apporte rien de supplémentaire à notre analyse.

2 a) Espace des variables.

Chaque facteur doit être défini et interprété par l'examen des coefficients de corrélation variable-facteur (tableau 6) et par la représentation graphique qu'il en est fait (figure 2).

Le facteur 1 est fortement corrélé avec les températures moyennes mensuelles; graphiquement ces variables thermiques sont localisées dans une même zone. Cette première composante principale est également corrélée avec les deux paramètres géographiques caractérisant chaque station, à savoir son altitude et sa distance à la mer. Ces observations soulignent que le facteur 1 exprime un gradient de continentalité: la représentation des unités statistiques dans les plans factoriels (1,2) ou (1,3) verra donc une ségrégation des stations de plaine et d'altitude.

Les corrélations pluviométrie mensuelle / facteur 2 sont généralement significatives, à l'exception de celles des mois de janvier, juin, août et décembre. Ces variables pluviométriques se distribuent de façon moins homogène que les températures, avec les mois les plus humides (septembre, octobre et novembre) au sommet du graphique, nettement séparés des mois secs situés à la base de l'axe 2. Graphiquement, nous notons également les situations particulières des précipitations de février et d'octobre, en corrélation négative avec l'altitude et la distance à la mer (ces paramètres pluviométriques se situent dans le quadrant positif de l'axe 1, alors que les paramètres stationnels se localisent dans le quadrant négatif de ce même axe.

Quant au facteur, 3, il est fortement corrélé avec les pluviométries du mois de janvier. Ce facteur déterminera et classera les stations selon la quantité de pluie tombée dans ce mois.

2 b) Etude des projections des unités statistiques.

Nous ne représenterons que la configuration du plan factoriel délimité par les composantes principales 1 et 2 (figure 3), en soulignant que les stations bien représentées sont situées loin du centre de gravité, et qu'une station située dans l'axe d'un vecteur variable est une station pour laquelle cette variable joue un rôle prépondérant.

Par rapport à ces deux axes (axe 1: continentalité; axe 2: pluviométrie croissante), nous trouvons les stations du bord de mer et de plaine à droite du graphique avec les stations 13 (Perpignan), 14 (Carnet), 25 (Barcares), 32 (Paulilles), 33 (Banyuls): ce sont des stations dont l'altitude varie de 0 à 200 mètres; graphiquement, ces stations sont toutes bien groupées et ce groupement s'interprétera en terme de similitude par rapport aux variables initiales.

A l'opposé du graphique, nous trouvons les stations de haute altitude, comme La Quillane (station 1), Mont Louis (station 3), Font Romeu (station 26), et les stations andorranes (stations 35 et 36). Ces stations sont moins groupées à cause des effets de versants, de topographie et d'orientation s'interpénétrant avec les facteurs climatiques et en particulier la pluviométrie.

Au centre du graphique, se localisent les stations de moyenne altitude, se situant entre 300 et 1200 mètres. Dans cette zone, nous trouvons des stations comme Velmanya (05), Villefranche (07), La Preste (15), Can Got (17), La Llau (18) ou le Tech (19).

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Le facteur pluviométrie est responsable de l'homogénéité ou non des nuages des stations: le regroupement des stations de plaine est dû à la régularité des pluies, peu abondantes —à l'exception des mois de février et de novembre—. Les diagrammes ombriques de quelques stations de cette zone (Perpignan, Le Barcares et Rivesaltes) montrent la même configuration quantitative (figure 4).

Pour les stations de moyenne altitude, on distingue des stations à la base du graphique qui ont des diagrammes ombriques se rapprochant de celui de Villefranche (17), et des stations situées en haut de l'axe, avec des diagrammes ombriques se rapprochant de ceux de Can Got (17) ou de La Preste (15). Ces dernières sont des stations aux pluies abondantes.

Enfin les stations de haute altitude voient des pluies abondantes et irrégulières d'une station à l'autre, comme le montrent les diagrammes ombriques des stations 26 (Font Romeu) et 35 (Ransol).

A l'exception des stations de l'Aude (29 et 30) et de l'Agly, bien groupées, la projection des unités statistiques dans la configuration des plans factoriels (1,2) ne reflète pas les situations des stations dans les vallées géographiques distinctes. Ceci s'explique par le fait que ces deux régions géographiques sont bien limitées dans l'espace, alors que les vallées de la Tet et de la Tech groupent des stations d'altitude variable: de 0 à 2800 mètres pour la vallée de la Tech, et de 0 à 1700 m pour la vallée de la Tet.

CONCLUSIONS

L'essai de synthèse climatique du département des Pyrénées Orientales à partir de données mensuelles relatives à la température et aux précipitations recueillies dans 36 stations de la région, a permis de mettre en évidence le rôle important de la pluviométrie. Si l'on excepte les paramètres géographiques (altitude et distance à la mer), ainsi que les données thermiques (fortement corrélées avec les deux précédentes variables), on voit que la pluie revêt le maximum de diversité tout au long des douze mois de l'année pour les stations considérées: si toutes les températures mensuelles sont corrélées entre elles, il n'en est pas de même des variables pluviométriques.

On peut donc résumer le climat des Pyrénées Orientales en deux composantes essentielles: la continentalité (au sens topographique

GILLES GUERRIER

du terme) et l'importance des pluies; cette dernière se subdivise en petites sous-unités traduites par l'influence relative de certains mois: janvier, février et octobre entre autres.

Jusqu'à une altitude de 200 mètres, cette composante ne joue qu'un rôle mineur puisque les stations de plaine sont très homogènes. Au delà de cette altitude, les caractéristiques de chaque station varient selon le gradient pluviométrique (quantités annuelle et mensuelle), qui traduit la "qualité des pluies", c'est à dire leur répartition tout au long de l'année.

Cet essai de synthèse fait abstraction des données géographiques classiques telles que la situation de chaque station dans une vallée: à l'exception des stations de l'Aude (Matemale et Puyvalador), et des stations andorranes (Ransol, Escaldes d'Andorre et Engolasters) aucune vallée ne ressort distinctement du graphique de la projection des stations sur les composantes principales 1 et 2. Notre analyse met donc en évidence la complexité des stations de haute et moyenne altitude qui forment ces différentes vallées (de la Tet et de la Tech).

Bibliographie

- Casanobe, G.**, 1971: "Abats d'eau en Roussillon". *Ann. Climatologiques des Pyrénées Orientales*, 17-25.
- Cooley, W.W.**, et **Lohnes, P.R.**, 1971: "Multivariable data analysis. *Ed. John Wiley*; Londres, 364 p.
- Gausсен, H.**, 1970: "Feuille de Perpignan au 1/200.000^o. Service de la Carte de la Végétation". *Toulouse* (2.^a Edition).
- Peguy, C.**, 1970: "Précis de climatologie". *Ed. Masson*; Paris, 428 p.
- Torrens-Ibern, J.**, 1972: "Modèles et méthodes de l'analyse factorielle". *Ed. Dunod*. Paris, 198 p.

GILLES GUERRIER

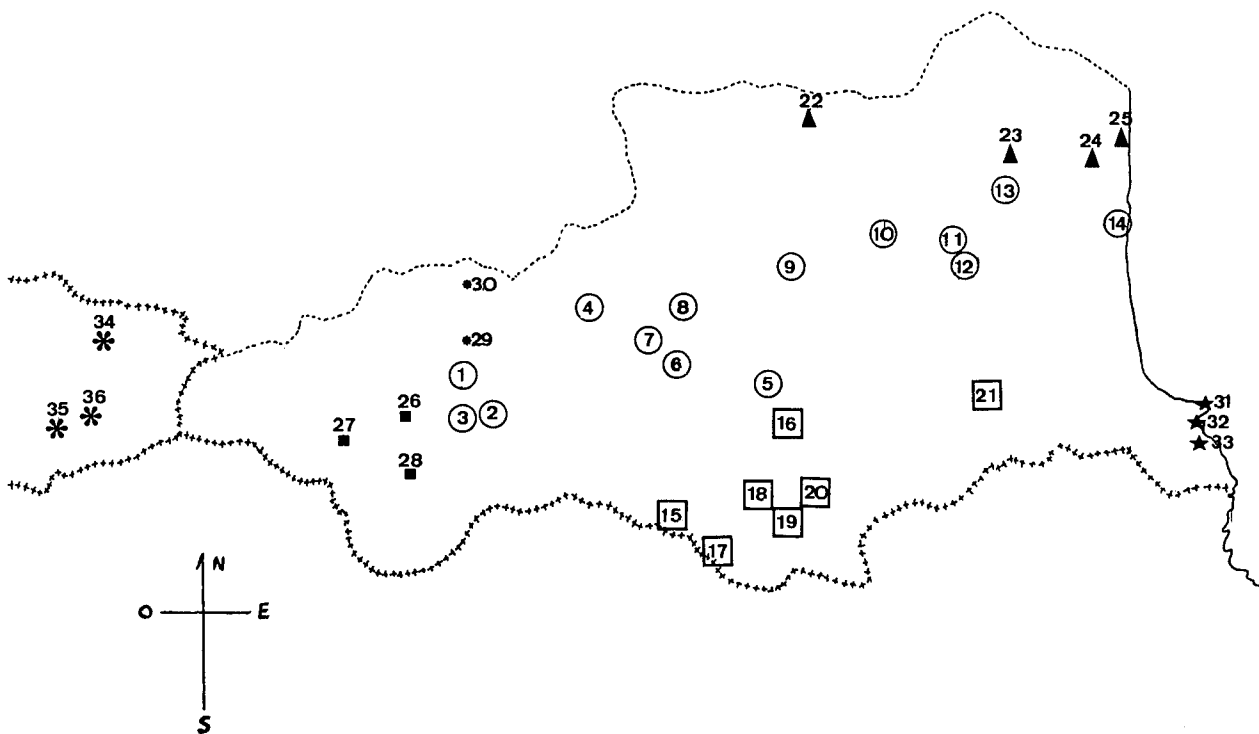


Figure 1: Carte de la région des Pyrénées Orientales. Les stations sont groupées par vallée géographique:

- vallée de la Tet
- vallée de la Tech
- ▲ vallée de l'Agly
- ★ bord de mer
- * stations de l'Aude
- stations de la Segre
- stations andorranes

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

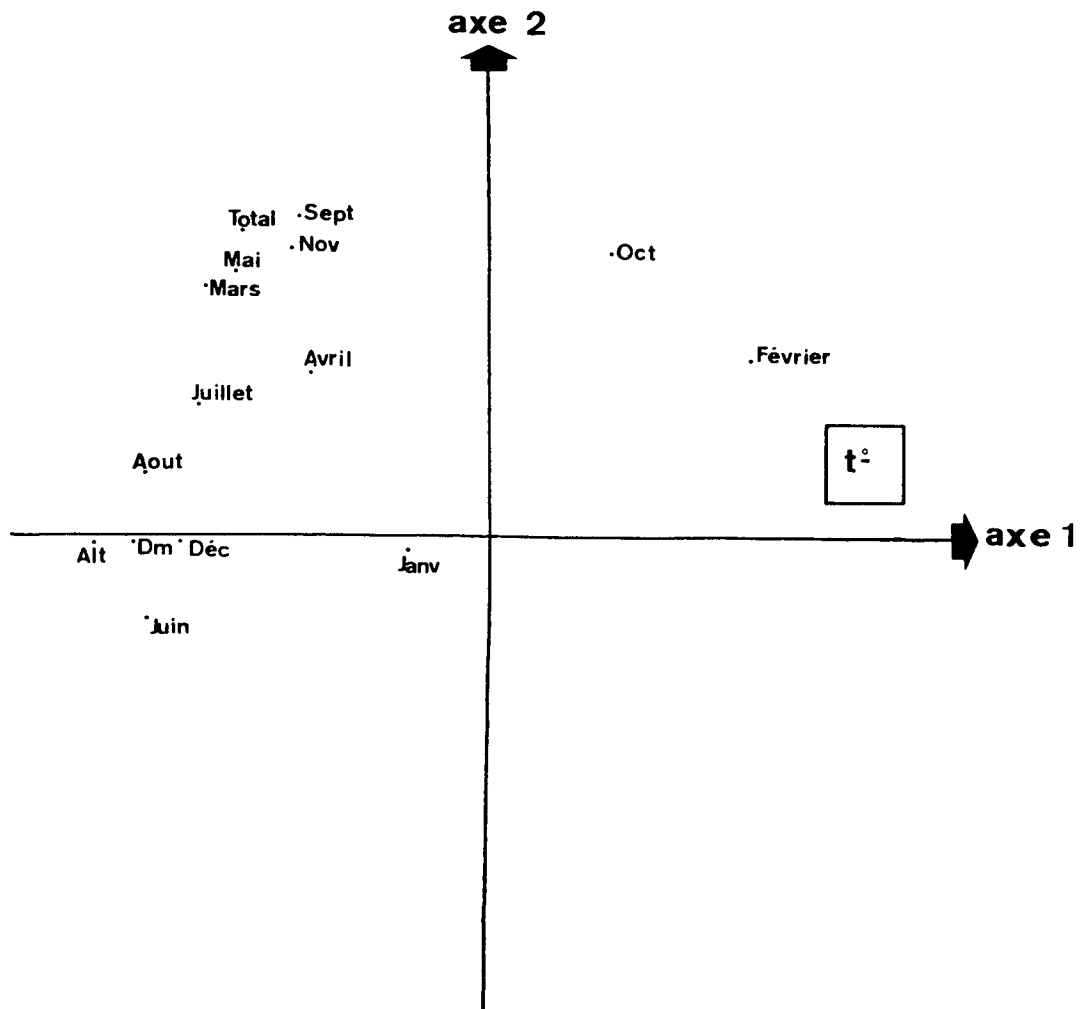


Figure 2: Projection des variables (température et pluviométrie mensuelles, altitude et distance à la mer) sur les axes factoriels 1 et 2.
Alt: Altitude; Dm: Distance à la mer; t°: températures moyennes mensuelles.

GILLES GUERRIER

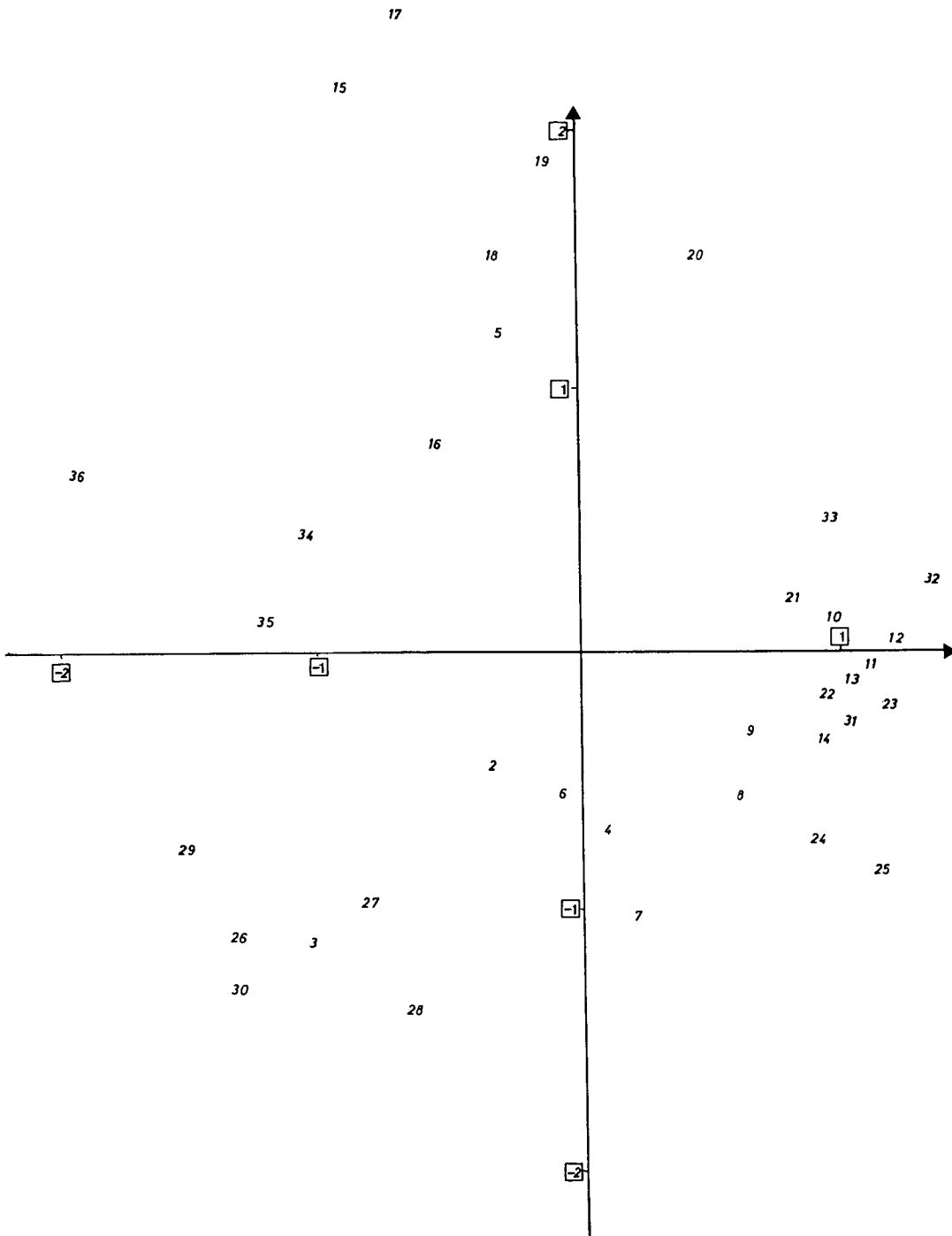


Figure 3: Projection des unités statistiques (stations) sur les axes factoriels 1 et 2.

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

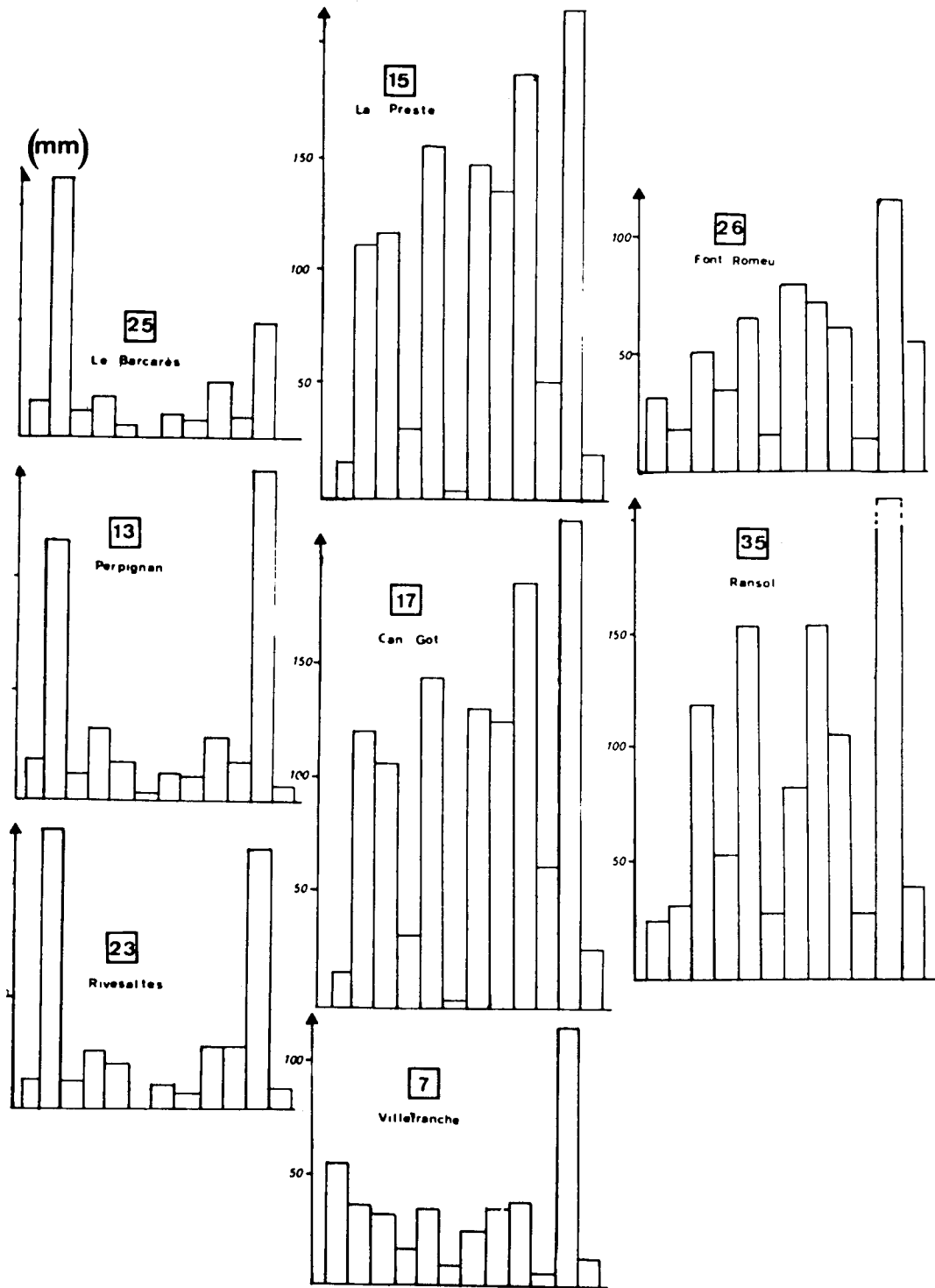


Figure 4: Diagrammes ombriques des stations de plaine, de moyenne et haute altitudes.

TABEAU 1: Liste des stations (identifiées par leur numéro, leur altitude et leur situation géographique) étudiées dans l'analyse en composantes principales.

STATIONS	altitude	situation	STATIONS	altitude	situation
01 - La Quillane	1714	(Tet)	19 - Le Tech	548	(Tech)
02 - Sauto	1188	(Tet)	20 - Pas du Loup	376	(Tech)
03 - Mont Louis	1600	(Tet)	21 - Le Boulou	89	(Tech)
04 - Nohedes	995	(Tet)	22 - Maury	168	(Agly)
05 - Velmanya	869	(Tet)	23 - Rivesaltes	26	(Agly)
06 - Fillols	725	(Tet)	24 - Saint Laurent	6	(Agly)
07 - Villefranche	457	(Tet)	25 - Le Barcares	2	(Agly)
08 - Prades	347	(Tet)	26 - Font Romeu	1705	(Segre)
09 - Rodes	205	(Tet)	27 - Les Escaldes	1420	(Segre)
10 - Millas	103	(Tet)	28 - Saillagouse	1305	(Segre)
11 - Le Soler	73	(Tet)	29 - Matemale	1520	(Aude)
12 - Canohes	90	(Tet)	30 - Puyvalador	1422	(Aude)
13 - Perpignan	43	(Tet)	31 - Cap Bear	100	(Côte)
14 - Canet Plage	2	(Tet)	32 - Paulilles	5	(Côte)
15 - La Preste	1130	(Tech)	33 - Banyuls	80	(Côte)
16 - Corsavy	1460	(Tech)	34 - Escaldes d'Andorre	1140	(Andorre)
17 - Can Got	850	(Tech)	35 - Ransol	1640	(Andorre)
18 - La Llau	900	(Tech)	36 - Engolasters	1640	(Andorre)

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

TABEAU 3: Comparaison des précipitations d'octobre, dans les hauts et bas reliefs des vallées de la Tet et de la Tech.

VALLE DE LA TET			VALLE DE LA TECH				
stations	altitude	pluviométrie		stations	altitude	pluviométrie	
		mois	o/o an			mois	o/o an
Canohes	90 m	46,9 mm	1/9°	Le Boulou	89 m	39,1 mm	1/13°
Millas	103 m	40,2 mm	1/13°	Maury	168 m	18,7 mm	1/28°
Prades	347 m	6,3 mm	1/63°	Pas du Loup	376 m	75,4 mm	1/11°
Villefranche	457 m	5,9 mm	1/59°	Le Tech	548 m	82,3 mm	1/12°
Velmanya	869 m	21,5 mm	1/43°	Can Got	850 m	62,9 mm	1/20°
Sauto	1188 m	12,4 mm	1/44°	La Preste	1180 m	55,4 mm	1/22°
Mont Louis	1600 m	8,0 mm	1/71°	Corsavy	1462 m	28,4 mm	1/16°

GILLES GUERRIER

TABLEAU 6: Coefficient de corrélation variables / facteurs

facteurs	1	2	3
variables			
altitude	-0.967	-0.086	0.023
distance mer	-0.884	-0.099	-0.223
température janvier	0.943	0.254	-0.065
février	0.963	0.158	-0.008
mars	0.974	0.136	-0.015
avril	0.945	0.196	-0.038
mai	0.980	0.127	-0.031
juin	0.980	0.129	-0.014
juillet	0.976	0.144	0.029
aout	0.961	0.152	0.079
septembre	0.971	0.144	0.061
octobre	0.889	0.127	0.095
novembre	0.976	0.117	0.032
décembre	0.976	0.141	0.021
pluie			
janvier	-0.246	-0.010	0.917
février	0.662	0.447	0.064
mars	-0.716	0.615	-0.168
avril	-0.433	0.405	0.392
mai	-0.669	0.669	-0.071
juin	-0.840	-0.237	0.143
juillet	-0.731	0.330	-0.026
aout	-0.856	0.183	-0.028
septembre	-0.481	0.791	-0.048
octobre	0.319	0.710	0.268
novembre	-0.509	0.712	-0.186
décembre	-0.781	-0.095	0.310
total	-0.623	0.767	0.011