

DISTRIBUTION SPATIALE ET VARIABILITÉ DES RÉGIMES PLUVIOMÉTRIQUES EN CATALOGNE (ESPAGNE ET FRANCE): ORIGINALITÉ DU LITTORAL

Olivier PLANCHON y Frédéric MIZRAHI
Centre de Recherches de Climatologie
Université de Bourgogne 6. DIJON (France)

RESUMEN

En la línea litoral de Cataluña domina un régimen pluviométrico mediterráneo marítimo, con su máximo otoñal y su mínimo estival. Pero las costas orientadas al Sureste se diferencian de las orientadas al Este, donde la topografía favorece matices locales. El régimen marítimo sufre una fuerte variabilidad interanual sobre el litoral. El régimen medio no se observa más que algunos años. A veces, incluso, pueden presentarse lluvias intensas en primavera y verano.

Palabras clave: Precipitación, litoral mediterráneo, otoño, primavera, verano

ABSTRACT

In Catalonia, the mediterranean and maritime precipitation regime, with an autumn maximum and a summer minimum, is prevailing on the continental fringe. The coast faces southeast is distinguished from the coast faces east, where the topography explains local differences. The coastal regimes are subjected to high interannual variations. The mean regime is shown only for a few years. Heavy rainfall is occasionally observed in spring and summer.

Key words: Precipitation, mediterranean littoral, autumn, spring, summer.

1. INTRODUCTION

La Catalogne est une région située à l'extrême nord-est de la péninsule ibérique, en bordure de la mer Méditerranée (Fig. 1).

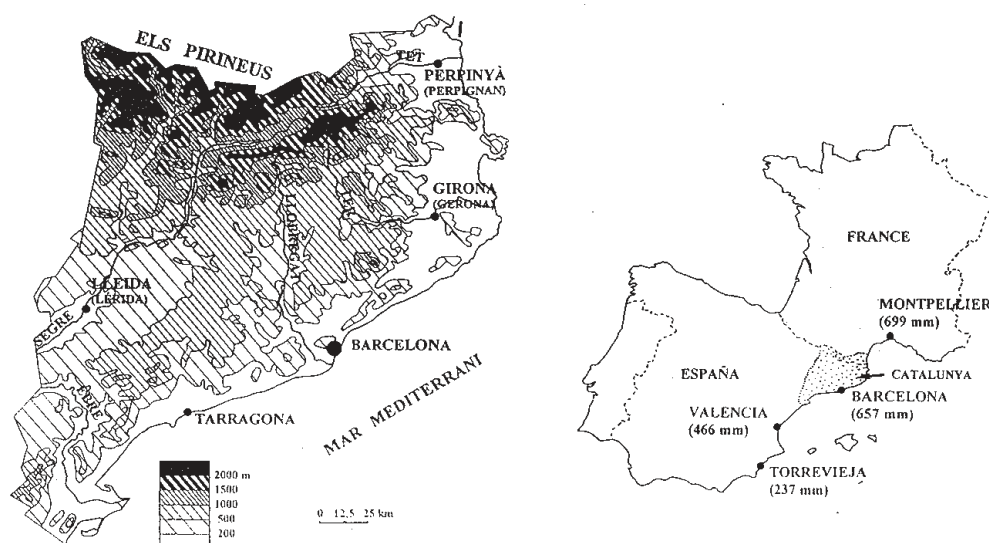


Figure 1. La Catalogne, relief et localisation.

Les provinces espagnoles de Barcelone (Barcelona), Gérone (Girona), Tarragone (Tarragona) et Lérida (Lleida), le département français des Pyrénées Orientales et la principauté d'Andorre couvrent au total environ 36000 km². La Catalogne est une région surtout montagneuse. Les Pyrénées, qui atteignent 3000 m à l'extrême nord-ouest de la région, s'abaissent progressivement vers l'est et se divisent en plusieurs chaînes dont l'une atteint la Méditerranée (Albères, à la frontière franco-espagnole). La Catalogne est en quasi totalité incluse dans le domaine climatique méditerranéen, mais son relief contrasté et compartimenté permet l'existence de régimes pluviométriques variés. Des régionalisations pluviométriques ont mis en évidence la diversité des régimes jusqu'au niveau d'échelle local, en Catalogne espagnole (SERRA DE LA ROCHA, 1994) et dans les Pyrénées orientales françaises (VIGNEAU, 1986 et 1988). En réunissant les données pluviométriques mensuelles de 141 stations de la partie espagnole et de la partie française de la Catalogne, pour la période 1961-1990 (Fig. 2).

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence les différents types de régimes pluviométriques propres à la Catalogne maritime et surtout littorale, qui concentre une grande partie de la population et des activités économiques de la région. Une étude de la variabilité interannuelle permettra d'affiner les résultats des classifications. Les données proviennent de *Météo-France* pour le département des Pyrénées Orientales, et, pour les provinces espagnoles du *Centre Meteorològic territorial de*

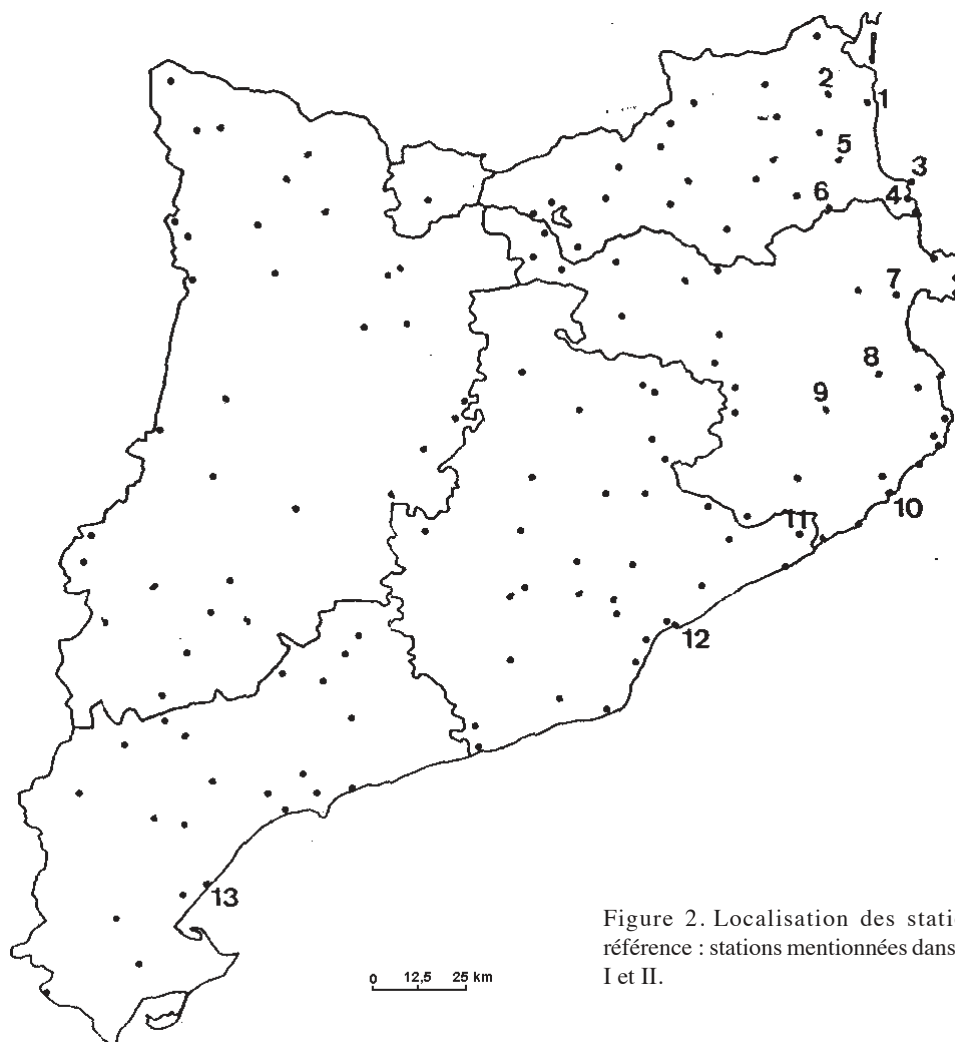


Figure 2. Localisation des stations de référence : stations mentionnées dans les tab. I et II.

Catalunya à Barcelone et du fichier américain GHCN (Global Historical Climatology Network) du Oak Ridge National Laboratory (ORNL). Une grande partie des données espagnoles a été fournie par l'intermédiaire du *Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional* de l'Université de Barcelone.

2. LA DIVERSITÉ DES RÉGIMES PLUVIOMÉTRIQUES

La bordure orientale de la péninsule ibérique présente une diminution générale des précipitations annuelles vers le sud (Fig.1 : pour la période 1961-1990 : 657 mm à Barcelone, 41°17N ; 466 mm à Valence, 39°29'N et 237 mm à Torre Vieja, 38°00'). La diminution rapide des précipitations au sud de l'Èbre (sauf exceptions locales dues au relief et à l'exposition) conduit aux conditions semi-arides du

Cap de Gata près d'Almeria en Andalousie orientale (guère plus de 100 mm par an : MARTÍN VIDE, 1987). Le long du littoral, octobre est partout le mois le plus arrosé de l'année (fréquence des circulations méridiennes et cyclogenèse en Méditerranée occidentale). En raison de son exposition à l'est et de son encadrement montagneux, la bordure méditerranéenne de la péninsule ibérique est abritée des systèmes perturbés atlantiques, et est donc relativement peu arrosée en hiver. La Catalogne est la plus montagneuse des régions de l'Est de la péninsule ibérique, ce qui implique une juxtaposition de régimes pluviométriques variés aux échelles fines.

Une classification automatique descendante a été effectuée sur les précipitations moyennes mensuelles (1961-1990) des 141 stations de référence en Catalogne. Cette méthode consiste à diviser un ensemble de départ en groupes, puis chaque groupe en sous groupes. La méthode de classification utilisée (VARCLUS) repose sur une analyse en composantes principales avec rotation oblique (SAS / STAT, 1992) et présente l'avantage de produire directement une partition en un nombre fixé de classes. Les résultats sont donnés pour les partitions en 2, 3, 4 et 5 classes (Fig. 3).

Les classifications ont été effectuées sur les données de précipitations moyennes mensuelles. La partition en deux classes différencie la bordure maritime de l'intérieur. Le régime maritime (1) présente un maximum principal d'automne (avec une pointe d'octobre) et un minimum principal d'été centré sur juillet. La pointe d'octobre est associée à l'instabilité produite par le contraste entre la surface de la mer Méditerranée encore chaude et les premières invasions d'air froid. Cette instabilité est favorable à la pluviogenèse, aggravée localement par des effets orographiques. Dans l'intérieur, (régime 2), le fléchissement pluviométrique estival devient secondaire par rapport au minimum hivernal. Alors que la pointe d'automne s'atténue en se décalant sur septembre et août, la pointe de mai, secondaire en régime maritime, s'accroît fortement dans l'intérieur pour devenir dominante.

La partition en trois classes confirme l'existence d'un régime intérieur (2), essentiellement pyrénéen, avec un maximum pluviométrique de saison chaude à deux pointes (mai et août), et distingue, en plus, le régime propre au sud de la Catalogne (1) de celui du nord-est (3). Ces deux régimes présentent deux pointes (principale en octobre, secondaire en mai) et deux minimums (principal en juillet, secondaire en février), mais le type nord-catalan est plus arrosé en hiver et la pointe d'octobre y est nettement plus accentuée que dans le sud.

La partition en quatre classes confirme la distinction entre les régimes du sud (1) et du nord-est (3) de la Catalogne. En revanche, deux régimes distincts apparaissent dans l'intérieur pyrénéen, imbriqués dans le même espace géographique. À côté du régime à double maximum de saison chaude (pointes de mai et août : 2), certaines stations voient le maximum d'été de prolonger et se renforcer en automne (régime 4). L'abondance des pluies de saison chaude, qui concerne l'ensemble des stations pyrénéennes, est liée à l'activité convective et orageuse (LLASAT et PUIGSERVER, 1997), alors que la pointe d'automne, qui affecte certaines stations exposées de préférence au sud et à l'est, est liée à l'intervention des systèmes perturbés méditerranéens (à l'est et au sud) et atlantiques (à l'ouest et au nord-ouest). En saison froide et surtout en automne, ce sont les situations de sud-est et de sud-ouest (nord-ouest dans le Val d'Aran) qui provoquent les précipitations les plus abondantes (SERRA *et al.*, 1996), renforcées par effet orographique sur les versants exposés, par exemple sur les contreforts méridionaux de la Maladeta, mais aussi dans les hautes vallées de la Têt (Conflent), du Tech (Vallespir), du Fluvià et du Ter. Dans ces vallées de montagne ouvertes aux flux humides d'est (*levantes*), les orages d'été sont fréquents et accompagnés de pluies abondantes, mais ce sont les averses d'automne qui ont occasionnellement des conséquences catastrophiques, tel *l'aiguat del 40* (inondations d'octobre 1940 : BECAT et GUAL, 1990).

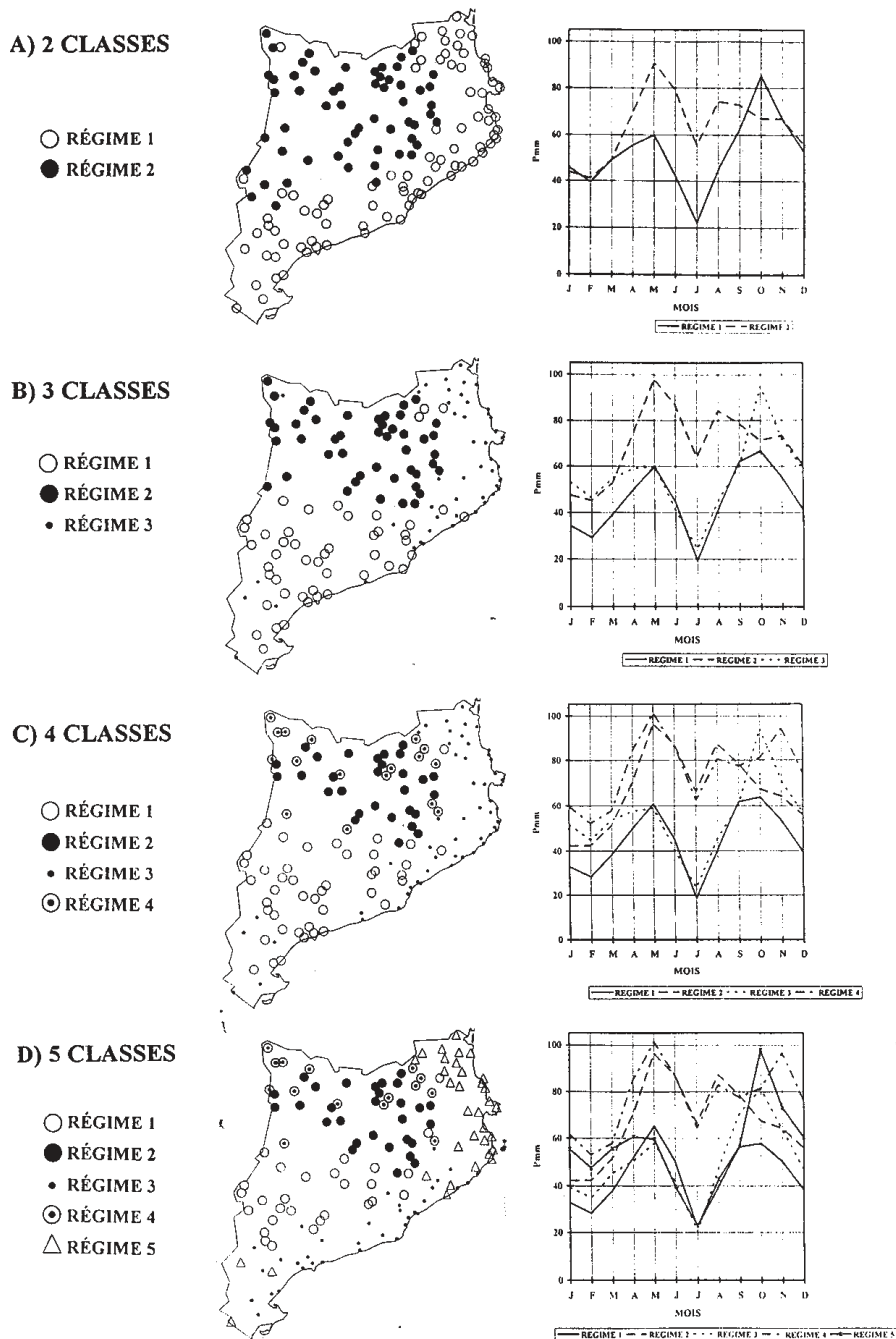


Figure 3. Classification des régimes pluviométriques moyens (1961-1990). Partitions en 2, 3, 4 et 5 classes.

La partition en cinq classes distingue du régime sud-catalan un style intérieur méridional (1), à deux maximums et deux minimums tranchés (maximum de principal de printemps avec pointe de mai, minimum d'hiver). C'est le régime caractéristique du bassin central catalan, de la plaine de Lleida. Le régime maritime sud-catalan (3) se distingue du régime maritime nord-catalan (5) par sa pointe d'octobre moins accusée. La bordure maritime de Catalogne du Nord-Est doit ses fortes pluies d'automne à son exposition à l'est et à son relief. Alors que la côte est directement exposée aux flux d'est, les reliefs côtiers imposent des ascendances brutales en particulier sur la *Côte Vermeille* (littoral des Albères : Banyuls, 135 mm en octobre). Même dans les plaines assez larges du Roussillon et de l'Ampurdan, de part et d'autre des Albères, l'automne est partout bien arrosé, en raison de la proximité des massifs montagneux (Canigou, chaîne transversale).

3. DES RÉGIMES SOUMIS À UNE FORTE VARIABILITÉ INTERANUELLE

Les classifications des régimes pluviométriques présentent le Nord-Est de la Catalogne comme une région homogène malgré son relief très contrasté. En réalité, peu d'années connaissent le régime moyens maritime, et la fréquence des différents types de régimes observés chaque année montre aussi des selon les stations (Tab. I).

STATION	Hiver		Printemps		Été		Automne		A-E
	MX	MN	MX	MN	MX	MN	MX	MN	
CANET (*2)	25,0	10,7	17,9	17,9	7,1	64,3	50,0	7,1	39,3
PERPIGNAN (14)	17,2	10,4	27,6	10,3	6,9	69,0	48,3	10,3	34,5
CAP-BÉAR	13,8	13,8	27,6	20,7	6,9	51,7	51,7	13,8	34,5
BANYULS	24,1	10,4	27,6	17,2	3,5	58,6	44,8	13,8	24,1
BROUILLA (11)	17,2	17,3	27,6	20,7	10,4	44,8	44,8	17,2	20,7
LE PERTHUS (18)	13,8	24,1	34,5	13,8	6,9	44,8	44,8	17,3	13,8
CASTELLÓ (5)	13,8	44,8	34,5	13,8	6,9	34,5	44,8	6,9	13,8
JAFRE DE TER (11)	13,8	37,9	37,9	6,9	6,9	48,3	41,4	6,9	20,7
GIRONA (30)	14,3	42,9	25,0	14,3	14,3	32,1	46,4	10,7	17,9
SANT FELIU	20,7	37,9	24,1	20,7	3,5	34,5	51,7	6,9	13,8
TORDERA (7)	31,0	34,5	24,1	10,4	6,9	44,8	38,0	10,3	13,8
EL MASNOU	13,8	34,5	17,2	20,7	10,4	41,4	58,6	3,4	27,6
L'AMETLLA	3,5	34,5	24,1	20,7	3,4	37,9	69,0	6,9	27,6

Tableau I. Fréquence (en %) de la saison la plus arrosée (MX) et la moins arrosée (MN) de chaque année, de 1962 à 1990, pour quelques stations de Catalogne maritime. Série : nombre d'années. A-E : régime à maximum d'automne et à minimum d'été. (* distance à la mer en km). Localisation : voir Fig. 2.

Hiver : décembre, janvier et février ; Printemps : mars, avril et mai ; Été : juin, juillet et août ; Automne : septembre, octobre et novembre. De façon à prendre en compte l'hiver dans sa totalité, chaque année commence en décembre de l'année civile précédente. En l'absence de données disponibles en décembre 1960, les séries étudiées ont 29 ans (sauf Canet et Girona : 28 ans). Le maximum d'automne se vérifie en réalité pour 40 à 70% des années. C'est pour la plus méridionale des stations

littorales de référence, L'Ametlla, que la fréquence du maximum d'automne est la plus élevée. On observe ici le renforcement de la concentration des pluies sur l'automne, tel qu'il s'affirme sur le littoral valencien. D'autres stations côtières ont une fréquence d'au moins 50% : ce sont des stations situées sur des côtes assez rectilignes (Canet, El Masnou), des caps ou des côtes en corniches (Cap-Béar, Sant Feliu de Guíxols). Les stations directement exposées aux flux perturbés d'est ou de sud-est à l'origine des plus fortes précipitations en automne. Dans les fonds de golfes, plats (Castelló d'Empúries) ou montagneux (Banyuls), la fréquence des années à maximum d'automne est plus basse (moins de 45%), sans que cela profite à l'été. C'est seulement à Gérone, à 30 km de la mer, que la fréquence des années à maximum d'été s'accroît de façon significative par rapport aux stations côtières. La part des années à maximum printanier est par contre importante, et celle des années à maximum d'hiver varie sensiblement d'une station à l'autre. Les années à maximum d'hiver sont plus fréquentes sur les littoraux exposés directement à l'est (Canet, Banyuls, Sant Feliu dans une moindre mesure) que sur les littoraux exposés au sud-est. Le très faible pourcentage de L'Ametlla s'explique à la fois par son exposition au sud-est et sa méridionalité. Les années à minimum d'été sont plus fréquentes au nord-est (plus de 50%), tandis que celles à minimum d'hiver le sont davantage sur le littoral exposé au sud-est. Dans l'intérieur, la diminution de la fréquence des années à maximum d'hiver s'accompagne d'un net accroissement de celle des années à maximum printanier (Jafre de Ter : 38%), fréquence déjà élevée à Castelló (35%). En même temps, les années à minimum hivernal sont nettement plus fréquentes (43%) à Gérone alors que celles à minimum estival ne représentent que 32% de la série.

La variabilité est très forte, sur la côte comme dans l'intérieur. Comme dans les climats tempérés océaniques, l'étalement de la saison pluvieuse sur la plus grande partie de l'année permet toutes les combinaisons possibles de régimes d'une année à l'autre, d'autant plus que l'été n'est jamais sans pluie. Même sur la côte, l'été peut être la saison la plus arrosée. Cela peut être accentué lorsque les autres saisons sont peu arrosées, par exemple à Sant Feliu en 1966 (228 mm en été, mais 121 mm en automne, 88 mm au printemps et 46 mm en hiver). Les stations situées plus à l'intérieur peuvent connaître des étés plus arrosés, même en plaine : plus de 300 mm à Gérone en 1975, 1976 et 1977. Dans l'arrière pays du Nord-Est catalan, la plus grande abondance des pluies d'été est favorisée par la pénétration des fronts de brise de mer dans l'intérieur. Une forte pluviosité journalière estivale est ainsi attribuée à l'activité orageuse due au passage des fronts de brise remontant les vallées du Congost et du Ter (LANA *et al.*, 1995). La pénétration du front de brise dans les terres intensifie l'activité convective dans les bassins intérieurs surchauffés, en apportant de l'air maritime humide aux heures chaudes de la journée.

Le régime maritime, à maximum d'automne et à minimum d'été, subit une forte variabilité à la fois temporelle et spatiale. La part des années à régime moyen ne représente, pour chaque station étudiée, que 14 à 39% de toutes les années, soit seulement 4 à 11 années. Le long du littoral, la fréquence est particulièrement faible à Castelló et Sant Feliu. La diversité de l'origine des précipitations et la combinaison des effets dus au relief et à la configuration de la côte peuvent expliquer cette forte variabilité. De plus, les quelques années à régime moyen ne sont pas forcément les mêmes selon les stations : le régime maritime n'a été observé pour toutes les stations de référence qu'en 1962. D'une station à l'autre, mais aussi d'une année à l'autre, d'importantes variations affectent l'enchaînement des saisons, mais existent aussi en fonction des mois (Tab. II).

STATION	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CANET (*)	2	1	2	1	1	1	0	2	3	9	6	1
BANYULS	2	1	2	2	3	0	0	2	1	7	7	3
CASTELLÓ	2	1	0	3	4	0	0	1	3	9	4	3
SANT FELIU	1	0	0	4	2	0	0	2	4	8	6	3
EL MASNOU	0	2	1	2	1	1	0	3	5	7	5	3
L'AMETLLA	0	0	2	2	2	0	0	0	7	10	4	3

Tableau II. Mois le plus arrosé de l'année pour quelques stations côtières : nombre de cas de 1961 à 1990 (* à Canet : 1962 à 1990). Localisation des stations : voir Fig. 2. En raison du découpage mensuel et non plus saisonnier, la prise en compte de l'année civile (de janvier à décembre) à été choisie pour réaliser ce tableau.

Comme au pas de temps saisonnier, on observe pour les stations côtières les nuances de régimes les plus diverses d'une année à l'autre. Au printemps (maximum secondaire moyen), avril et mai peuvent être partout les mois les plus arrosés. Seul juillet n'est jamais le mois le plus arrosé de l'année, tandis qu'octobre est partout le mois le plus fréquemment porteur du maximum annuel. Les mois d'automne sont plus fréquemment les mois les plus arrosés de chaque année. De plus, parmi l'ensemble des mois les plus arrosés de chaque année, les mois d'automne sont souvent plus arrosés que les autres mois. À Banyuls, parmi l'ensemble des mois les plus arrosés de chaque année, 8 d'entre eux ont enregistré au moins 300 mm, dont 6 en octobre ou novembre. Dans 50% des cas, le mois le plus arrosé est un mois d'automne, et parmi ces mois d'automne, 40% d'entre eux ont reçu au moins 300 mm (67% ont reçu au moins 200 mm). Les deux autres mois sont hivernaux (décembre, janvier). Pour la station moins arrosée de Castelló d'Empúries, un mois d'automne est le plus arrosé dans 53% des cas, mais seuls les mois d'octobre 1965, 1987, et décembre 1971 ont reçu au moins 300 mm.

La variabilité des régimes pluviométriques, au pas de temps saisonnier, est importante au point de rendre rares les années dont régime est proche du régime moyen. Pourtant, malgré cette forte variabilité et malgré les différences existant entre les stations, les mois d'automne sont plus souvent les plus arrosés.

4. CONCLUSION

En Catalogne, le régime pluviométrique méditerranéen maritime, à maximum d'automne et à minimum d'été, domine sur la bordure du continent. Une classification automatique des régimes pluviométriques moyens permet en effet de différencier nettement la bordure maritime de l'intérieur. Mais, à l'intérieur de la région maritime, les littoraux exposés au sud-est se différencient de ceux exposés à l'est. Plus exposé aux flux humides, le nord-est de la Catalogne, qui offre aussi davantage de possibilités d'ascendances orographiques à proximité du littoral, est plus arrosé que le sud, notamment en automne (octobre), mais aussi en hiver. De plus, la topographie contrastée impose des nuances locales variées. La variabilité interannuelle des régimes pluviométriques, au pas de temps saisonnier, est si forte que quelques années seulement ont connu un régime voisin du régime moyen, et ces années ne sont pas les mêmes pour toutes les stations. Certaines années, les stations côtières subissent même un régime antagoniste du style méditerranéen, avec des pluies d'été abondantes. Pourtant, malgré cette forte variabilité et malgré les différences existant entre les stations, les mois d'automne sont plus souvent les plus arrosés. Ces résultats préliminaires d'un travail de recherche

portant sur la climatologie de la bordure maritime et du littoral catalan seront affinés notamment par l'étude des gradients thermiques littoraux et des circulations de brises de mer.

RÉFÉRENCES

- BECAT, J. et GUAL, R. (1990): « Imatges, testimoniatges i elements d'anàlisi de l'aiguat del 40 a la Catalunya Nord », in BECAT, J. et SOUTADÉ, G. (Eds.) : *L'aiguat del 40. Inundacions catastròfiques i polítiques de prevenció a la Mediterrània nord-occidental*, Generalitat de Catalunya, pp 11-33.
- LANA, X.; FERNANDEZ MILLS, G. et BURGUEÑO, A. (1995): « Daily precipitation maxima in Catalonia (North-East Spain) : expected values and their spatial distribution ». *International Journal of Climatology*, **15** (3), 341-354.
- LLASAT, M.C. et PUIGCERVER, M. (1997) : « Total rainfall and convective rainfall in Catalonia, Spain ». *International Journal of Climatology*, **17** (15), 1683-1695.
- MARTÍN VIDE, J. (1987): *Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la península ibèrica*, Generalitat de Catalunya, Institut Cartogràfic de Catalunya, 245 pp.
- SAS / STAT User's Guide (1992): *The VARCLUS procedure*, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, **2** (43), 1641-1659.
- SERRA DE LA ROCHA, C. (1994): *Análisis en componentes principales y algoritmos de clasificación automática : aplicación al estudio del comportamiento de la precipitación en Catalunya y a la obtención local de tipos de tiempo*, Universitat de Barcelona, Departament d'Astronomia i Meteorologia, 448 pp.
- SERRA, C.; FERNÁNDEZ MILLS, G.; LANA, X. et PERIAGO, M.C. (1996): « Le flux synoptique de basses couches et la répartition spatiale de la précipitation en 24 h en Catalogne ». *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, **9**, 100-108.
- VIGNEAU, J.P. (1986): *Climat et climats des Pyrénées Orientales*, JPV éditeur, Ramonville, 618 pp.
- VIGNEAU, J.P. (1988): « L'individualisation des pays climatiques. L'exemple des Pyrénées Orientales », in PÉRARD, J. et ESCOURROU, G. (Eds.) : *Climats et Climatologie*, Université de Bourgogne, Dijon, pp 509-517.

REMERCIEMENTS

M. Javier MARTÍN VIDE et M. Marc J. PROHOM (Université de Barcelone) ; Mme. Isabelle SIMOES (Professeur d'Espagnol).

