
Prévision spatiale des hauteurs de précipitations journalières

A Spatial forecast of daily precipitation heights

D. Duband

EDF/DTG, Grenoble

Généralités

Il peut paraître présomptueux de proposer une solution praticable, à un problème aussi complexe que la prévision numérique d'une lame d'eau journalière pour aujourd'hui et demain, et sur des surfaces de 1 000 à 10 000 kilomètres carrés, lorsqu'on sait les difficultés à bien prévoir l'évolution au cours des prochaines 72 heures de paramètres météorologiques aussi simples que la pression atmosphérique et la température. Des progrès importants ont été réalisés sur la qualité des prévisions des champs de géopotentiels à 24 heures et à 48 heures, mais ce ne sont pas encore des prédictions, et la qualité se dégrade (moins rapidement qu'il y a cinq ans) avec l'échéance. Par ailleurs, le processus de formation et de renouvellement des précipitations reçues au sol est extrêmement complexe, les effets particuliers au relief n'étant pas non plus négligeables, il nous semble que dans ce contexte, seule une approche physico-statistique puisse fournir rapidement des résultats exploitables.

Or l'histoire des précipitations sur chaque bassin versant est inscrite dans la climatologie, dans les mesures ponctuelles accumulées quotidiennement depuis plus de trente ans, de même que leur génèse est inscrite dans les chroniques de paramètres météorologiques caractérisant assez bien l'état quotidien de l'atmosphère dans le quart de l'hémisphère nord, de l'Atlantique à l'Europe (pression, température, humidité), essentiellement depuis la création du réseau de radiosondages.

Et la méthode que nous avons élaborée et améliorée depuis 10 ans, n'a d'autre objectif que de sélectionner dans l'historique météorologique, des situations atmosphériques analogues (car l'identité n'existe pas) à une situation de référence, associées aux hauteurs de précipitations qu'elles ont provoquées dans les bassins de haute et moyenne montagne en France. C'est une

démarche pratiquée empiriquement depuis plusieurs décennies par les prévisionnistes de la Météorologie [1].

La seule originalité dans notre approche a été d'établir un catalogue informatisé des situations atmosphériques et averses journalières pour les trente dernières années (1953-1980) et de définir un critère objectif, ou plutôt reproductible automatiquement, pour calculer chaque jour d'après l'état de l'atmosphère observé et prévu, pour les 48 heures à venir et par région, une prévision stochastique de hauteur de pluie définie par une valeur médiane (50 %) située dans une plage d'incertitude définie par les quantiles 10 % et 90 %.

Notre projet est simplement d'aider les hydrométéorologues, chargés d'évaluer l'évolution des débits à court terme, à prendre une décision guidée par une connaissance plus fine et rafraîchie des informations météorologiques récentes, ainsi que par un suivi des précipitations déjà réalisées localement ou dans les autres régions.

Méthode utilisée

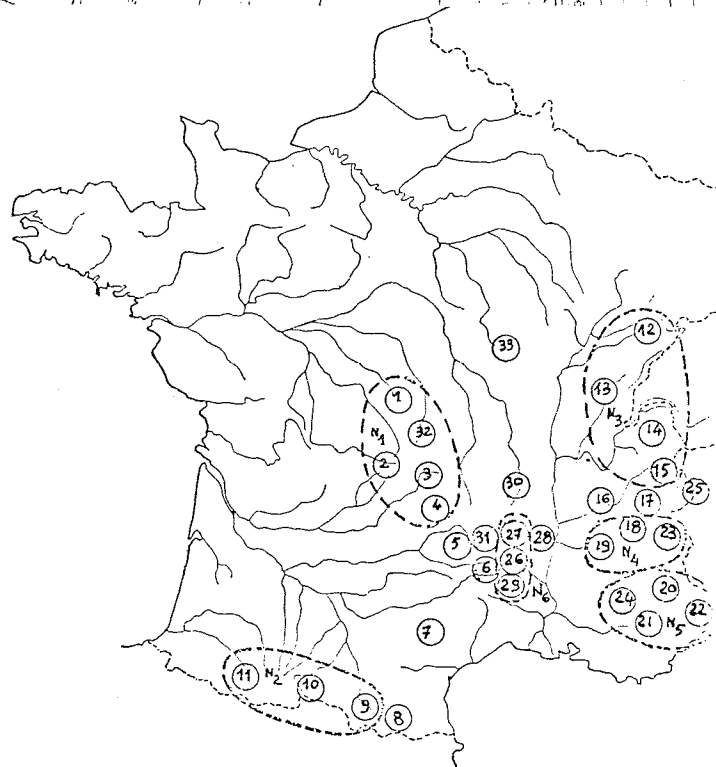
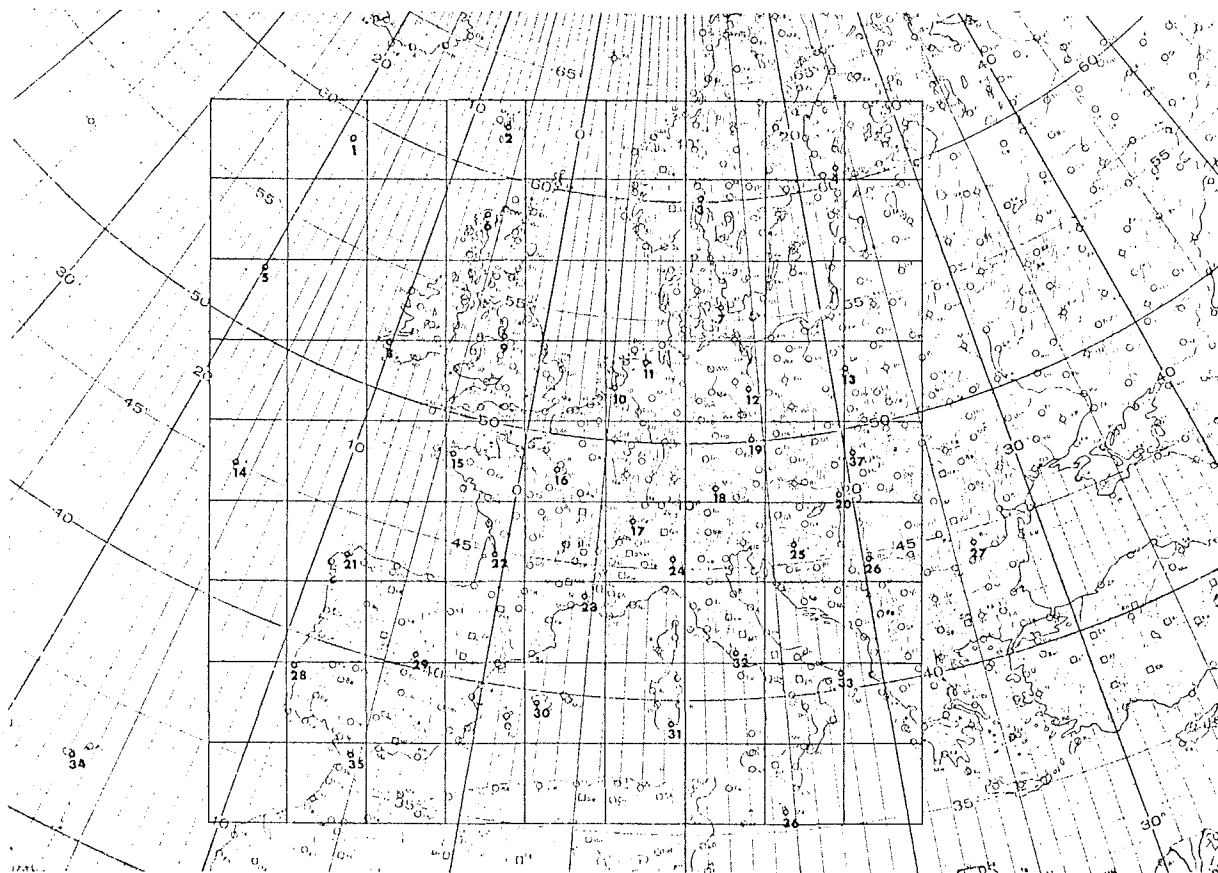
Définition des fichiers historiques

Actuellement, les fichiers de données historiques sont archivés sur disques magnétiques, du 1^{er} janvier 1953 au 31 décembre 1980 ; ils comprennent des observations journalières de paramètres météorologiques et climatologiques.

Fichiers météorologiques

Les données de base sont constituées par les niveaux des surfaces 700 et 1 000 millibars, ainsi que par les épaisseurs 700 mbar - 1 000 mbar chaque jour à 0 heure TU, en 37 stations de radiosondage sur l'ouest de l'Europe et la bordure Atlantique (Fig. 1).

GRILLE DES NIVEAUX 700 et 1 000 mb



33 groupements

6 noyaux

Figure 1 -

Trois fichiers saisonniers ont été créés pour les observations : du 15 octobre au 15 avril, du 15 avril au 15 octobre, du 1^{er} septembre au 30 novembre. Pour chacune des trois "saisons", une analyse en composantes principales (ACP), effectuée sur les trois ensembles de 37 variables, a permis de condenser l'information et de calculer de nouvelles variables orthogonales et sans dimension, en les normant par leur variance ou valeur propre associée λ_j :

$$C_{ij} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_j}} \sum_{k=1}^{37} \alpha_{kj} \left(\frac{S_{ik} - M_k}{\sigma_k} \right)$$

avec

$$1 \leq j \leq p = 6 \quad \text{et} \quad 1 \leq i \leq n$$

où α_{kj} ($k = 1$ à 37) sont les cosinus directeurs de la composante principale d'ordre j , λ_j étant sa variance. La moyenne arithmétique M_k et l'écart type σ_k ont été calculés sur la chronique des observations quotidiennes ($i = 1$ à n) à la station S_k pendant la saison considérée (Fig. 2).

Nous avons limité ces calculs à 6 composantes principales car, de 1953 à 1976, l'ACP a été effectuée sur des données brutes, alors que de 1977 à 1980 il s'agit de données interpolées aux mêmes stations d'après une grille analysée de 100 points ; or nous avons constaté, d'après un échantillon de 3 années communes, qu'il y avait étroite corrélation entre composantes principales de même ordre calculées sur les 37 stations initiales et sur les 37 stations déduites de 100 points de la grille régulière analysée par la Météorologie Nationale, jusqu'à la 6^e composante seulement.

Sont donc archivées les données des 6 premières composantes du champ d'épaisseur 1 000-700 mbar (X), les 6 premières composantes de la surface 700 mbar (Y) et les 6 premières composantes de la surface 1 000 mbar (Z) ainsi que les variations en 24 heures de ces 6 dernières composantes (ΔZ).

Les 3 premières CP décrivent très bien le type de circulation générale (régimes d'ouest, sud, sud-ouest, nord-ouest), et les 3 dernières donnent le détail de l'état atmosphérique à une échelle spatiale plus localisée. Les valeurs fortement positives ou négatives des premières CP sont une image simplifiée des gradients de pression et des vitesses de vent (les directions sont définies par la juxtaposition de plusieurs composantes, car on peut rappeler que le niveau filtré d'une surface de pression en une station le jour i est défini par :

$$S_{ik} = M_k + \sigma_k \sum_{j=1}^6 \alpha_{jk} \sqrt{\lambda_j} C_{ij} + \epsilon_{ik};$$

(ϵ_{ik} écart résiduel entre valeur observée et valeur reconstituée).

Fichiers climatologiques

Ce fichier a été établi d'après des données de précipitations et de températures de l'air (Fig. 1, tableau I).

Le fichier de base des précipitations journalières est constitué des valeurs observées de 07 h à 07 h TU en 173 stations des Alpes, du Massif Central et des

Cévennes, des Pyrénées. D'après ces données, un fichier de 33 groupements pluviométriques a été établi, en calculant la moyenne arithmétique de 4 à 10 stations situées dans un même bassin versant (de surface comprise entre quelques centaines et quelques milliers de km²). Puis une ACP de ces données journalières, transformées en racine carrée, a permis de définir 6 noyaux pluviométriques homogènes (N), dont les valeurs ont été rajoutées au fichier des composantes météorologiques (X), (Y), (Z), (ΔZ). On a alors établi les équations de régression permettant de calculer la précipitation de chacun des 33 groupements en fonction d'un ou plusieurs noyaux (Fig. 3).

Le fichier de base des températures journalières est constitué de températures minimales et maximales des températures de l'air, observées en 30 stations réparties sur toute la France. Une ACP effectuée sur les températures moyennes journalières des 30 stations a permis de définir 8 stations témoins ; les 3 premières CP (θ) des 30 stations ainsi que leurs variations en 24 heures ($\Delta\theta$) ont été stockées sur le fichier d'exploitation comprenant les valeurs des variables (X), (Y), (Z), (ΔZ), (N), (θ), ($\Delta\theta$).

Calcul de la prévision des hauteurs de précipitations journalières sur 33 bassins versants

Depuis deux ans, nous expérimentons simultanément deux méthodes de calcul, l'une dynamique et l'autre statique :

(a) d'après une sélection de situations météorologiques analogues à la situation du jour, dans une boucle de proximité, on calcule une régression multiple entre précipitations et variations du champ de pression au sol ;

(b) on applique directement aux paramètres caractérisant la situation météorologique du jour et son évolution à 24 heures, des équations de régression multiples préalablement établies sur l'ensemble du fichier historique.

Chaque jour les données météorologiques utiles au modèle sont transmises à 6 h 30 TU par ligne téléphonique (1 min 30 s), de la Météorologie Nationale à la DTG Grenoble, et transférées directement en mémoire centrale de notre ordinateur.

Ces données, qui représentent les niveaux des surfaces 700 et 1 000 millibars en 100 points d'une grille à mailles régulières, se composent de valeurs observées et prévues par un modèle numérique de météorologie dynamique :

- à 0 h grilles analysées (réalisation) : 200 valeurs ;
- à 24 et à 48 h grilles prévues : 2 x 200 valeurs.

La procédure de calcul est ainsi organisée :

- pour chacun des 3 jours 0 h (t), 24 h ($t + 24$), 48 h ($t + 48$), on calcule les valeurs des composantes principales suivantes (Fig. 6) :

0 heure							
épaisseur	$X_{1,t}$	$X_{6,t}$	$Y_{1,t}$	$Y_{6,t}$	
surface 700 mbar	$Z_{1,t}$	$Z_{6,t}$	}			observées
surface 1 000 mbar	$Z_{1,t}$	$Z_{6,t}$				

Tableau I – Groupements pluviométriques pour la prévision numérique des précipitations

MASSIF CENTRAL - PYRENEES - LANGUEDOC			ALPES - JURA - CEVENNES - MORVAN		
	Altitude (m)		Altitude		Altitude
1. CREUSE-CHER (CCH)		6. HAUT TARN-HAUT LOT (HTL)		12. DOUBS (DOU)	
La Souterraine	370	Pont-de-Montvert	900	Pontarlier	840
Eguzon	250	Florac	550	Librevillers	365
Outreloaigue	560	Meyrueis	705	Besançon	307
Soumans	420	Montmirat	1050	Marignay	465
Néoux	590	Bagnols	910		
Teillet	262			13. AIN-VALSERINE (AVA)	
Auzances	550	7. AGOUT-ARN (AGA)		Marignay	465
Pionsat	540	Lacaune	805	Saut Mortier-Cernon/Vouglans	515
Monceaux	520	Fraisse	760	Les Rousses	1115
2. VEZERE-VIENNE-THAURION (VVT)		St-Peyres	672	Etables	360
Millevaches	920	La Salvetat	685	Tablettes	430
Monceaux	520			Chezery	580
St-Merd	820	8. PYRENEES EST (PYE)		14. ARVE-FIER (AFI)	
Néoux	440	Usson	735	Abondance	1000
Le Saillant	130	Matemale	1520	Chamonix	1035
Surdoux	580	Quillan	282	Pressy	475
Peyrat	450	Mont-Louis	1600	Aillon-le-Jeune	900
St-Marc	260	Filloles	725	Thones	625
Bourganeuf	490	Le Tech	548	Belleville-Hautelucre	1215
3. DORDOGNE (DOR)		9. ARIEGE-VICDESSOS (AVI)		Vallières	310
Flayat	750	Orlu	908	15. ISERE-DORON (IDO)	
La Tour d'Auvergne	970	Ax-les-Thermes	714	Les Brévières	1560
Messeix	800	Pradières	1200	Bourg-St-Maurice	895
Egisse-neuve d'Entraigues	965	L'Hospitalet	1430	Pralognan	1420
Collandres	1050	10. PIQUE-GARONNE-SALAT (PGS)		St-Jean-de-Belleville	1060
Bort	448	Portillon	1150	Moutiers	480
Ségur	1040	Tramezaygues	1250	16. ISERE MOYENNE (IMO)	
4. CERE-MARONNE (CEM)		Cierp	494	Fond-de-France	1085
Marmanhac	650	Juzet d'Izaut	580	Allevard	495
Cantalès	550	Eylie	870	Grande Chartreuse	945
Vic-sur-Cèze	690	Salau	855	Le Verney-d'Allemont	770
Salers	950			Charavines	510
Mandailles	940	11. GAVES (GAV)		Villard-de-Lans	1050
5. TRUYERE-LOT INFERIEUR (TLI)		Le Baralet	760	17. ROMANCHE-ARC INFERIEUR (RAI)	
St - Chély	1000	Lourdios	403	Le Chazelet	1780
Nasbinals	1180	Artouste	1142	St-Christophe	1560
Brion	1130	Cauterets	922	Bourg-d'Oisans	720
Aubrac	1300	Cèdre	1000	Valloire	1435
Castelnau	460	Bareges	1250	Entraigues-St-Jean-d'Arves	1285
Grandval	830	Lau Balagnas	440	18. DRAC (DRA)	
Rueyres	730			Orcières	1440
Huparlac	860			St-Bonnet	1020
Ganivet	1150			Les Portes	1265
Ruynes	920			St-Etienne-en-Dévoluy	1265
				Le Sautet	800
				19. BUECH-DRÔME (BUD)	
				Lus-la-Croix-Haute	1035
				Serres	670
				Luc-en-Diois	560
				20. VERDON (VER)	
				Allos	1450
				St-André-les-Alpes	895
				Castillon	900
				Lambruisse	1125
				21. B.V.I. VERDON (VIV)	
				Comps-sur-Artuby	885
				Thorenc	1170
				Aups	830
				Régusse	840
				22. VAR-TINÉE-ROYA (VAT)	
				Les Adrets-de-l'Estérel	310
				Tourettes	366
				Coursegoules	1000
				Bancairon	330
				St-Dalmas-de-Tende	650
				23. HAUTE-DURANCE (HDU)	
				Briançon	1324
				Champcella	1100
				Les Orres	1445
				Abriès	1540
				La Condamine	1310
				Fours	1660
				24. DURANCE MOYENNE (DUM)	
				Sisteron	480
				La Brillanne	377
				St-Etienne-les-Orgues	690
				Marcoux	700
				25. MONT CENIS (MOC)	
				Bonneval	1830
				Gran Scala	1720
				Malciaussia	1810
				Lago Della Rossa	2716
				26. CHASSEZAC (CHA)	
				Loubaresse	1230
				Villefort	625
				Mayres	550

- La station soulignée indique la station témoin du groupement.

Définition des noyaux pluviométriques (valeurs journalières mm)

	Altitude		Altitude				
27. LOIRE SUPERIEURE (LOS)		31. ALLIER SUPERIEUR (AIS)					
Issanlas	1220	St-Etienne-de-Lugdarès	1040				
La Palisse	1000	Langogne	930	MASSIF CENTRAL	MC	N ₁	Creuse-Cher, Vézère-Vienne-Thaurion, Dordogne, Cère-Maronne, Sioule, soit $\frac{1}{5}(P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_{32})$
Lac d'Issarlès	1040	Monistrol-d'Allier	590				
Montpezat	505	Thoras	1050	PYRENEES	PYR	N ₂	Ariège-Vicdessos, Pique-Garonne, Gaves, soit : $\frac{1}{3}(P_9 + P_{10} + P_{11})$
Mazan-Caqueyre	1300	Chasseradès	1080				
		Lac d'Issarlès	1040	JURA-ALPES NORD	JAN	N ₃	Doubs, Ain, Arve-Fier, Isère-Dorons, soit : $\frac{1}{4}(P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15})$
		Montpezat	505				
28. DOUX-PYRENEUX (DEP)		32. SIOULE (SIO)		DRAC-DURANCE	DUD	N ₄	Drac, Buech-Drôme, haute Durance, soit : $\frac{1}{3}(P_{18} + P_{19} + P_{23})$
Lamastre	370	Montel-de-Gelat	650				
Le Chevillard	444	Gelles	800	ALPES SUD-VERDON-TINÉE	VAS	N ₅	Verdon, BVI Verdon, Var-Tinée-Roya, Durance moyenne, soit : $\frac{1}{4}(P_{20} + P_{21} + P_{22} + P_{24})$
St-Pierreville	530	St-Gervain-d'Auvergne	725				
Privas	260			LOIRE SUPERIEURE-ARDECHE-CEVENNES	LAC	N ₆	Chassezac, Loire supérieure, Gard-Cèze, soit : $\frac{1}{3}(P_{26} + P_{27} + P_{29})$
29. GARD-CEZE (GAC)		33. CURR (CUR)					
Malons	860	Montigny	330	SUD de la FRANCE (au-dessous du 47ème parallèle)		N ₇	$\frac{1}{6}(N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6)$
Bessèges	170	Dur-les-Places	560				
La Grand'Combe (Sto-Cécile)	420	Château-Chinon	600				
Alès	140	Montsauche	600				
St-Etienne-Vallée Française	260						
30. LOIRE MOYENNE (LOM)							
Grangent	420						
Viverols	850						
Tarantaise	1000						
Versilhac	730						
Fay-sur-Lignon	1190						
Le Puy-Chadrac	415						

* Remarque

Le Lac d'Issarlès et Montpezat ne font pas partie du groupement (31) mais ils ont été retenus comme témoins, eu égard à la mauvaise corrélation (.81) de Monistrol d'Allier avec P₃₁.

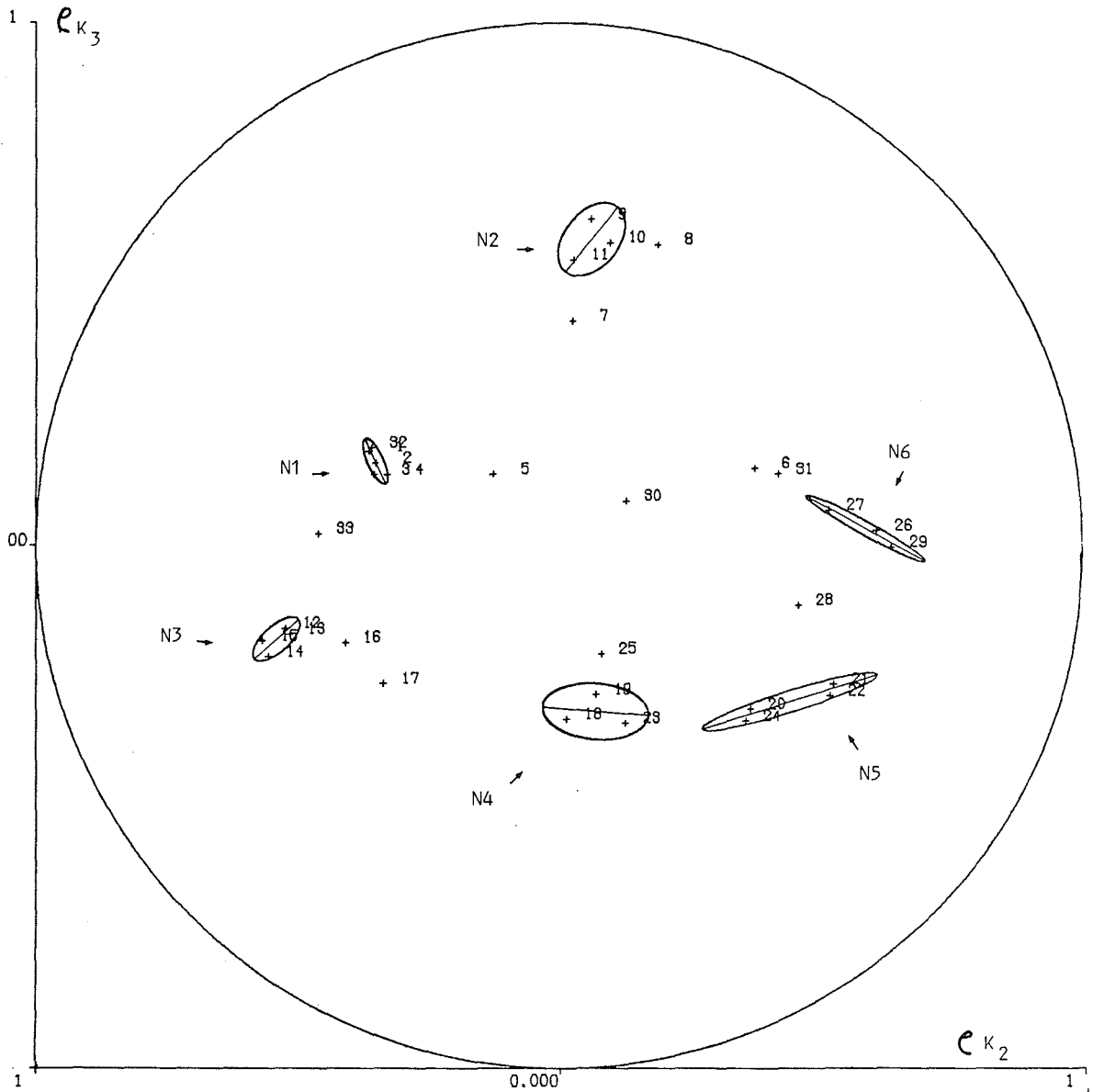


Figure 3 – Coefficients de corrélation entre les pluies journalières de chacun des 33 groupements et les composantes 2 et 3 – Définition des noyaux

24 heures
 épaisseur $X_{1,t+24} \dots X_{6,t+24}$
 surface 700 mbar $Y_{1,t+24} \dots Y_{6,t+24}$
 surface 1 000 mbar $Z_{1,t+24} \dots Z_{6,t+24}$ } prévues
 48 heures $X_{1,t+48} \dots X_{6,t+48}$

Application de la méthode (a)

Rechercher avec extraction dans un fichier provisoire, des situations analogues successivement à la situation à l'instant t , du lendemain à $t + 24$ h, du surlendemain à $t + 48$ h. Ces sélections s'effectuent en deux temps, par exemple pour l'instant t :

– par exploration séquentielle du fichier historique, on extrait les situation (i) pour lesquelles :

$$\sum_{j=1}^6 (Y_{i,j} - Y_{t,j})^2 = D_i^2 \leq D_t^2$$

le rayon de la boule de proximité est indexé à la distance à l'origine de la situation t :

$$D_t = \mathcal{G} \left(\sum_{j=1}^6 Y_{t,j}^2 \right)$$

en augmentant ce rayon si le nombre d'analogues est inférieur à 10 ou en le diminuant s'il est supérieur à 40.

3 2 81		Valeurs des composantes principales									
0	HEURE	0.77	0.16	0.35	-0.25	0.55	-2.73			EPAISSEURS	X
		1.41	-2.02	0.70	-0.62	1.05	-1.15	-0.71	-0.00	700 MB	Y
		1.23	-2.69	0.01	-0.57	0.34	0.61			1000MB	Z
24	HEURES	-0.17	-1.13	-0.35	-1.53	1.40	-0.51			EPAISSEURS	X
		-1.57	-1.83	1.23	-0.88	1.00	0.75	-0.93	-0.70	700 MB	Y
		-1.77	-2.03	1.29	-1.16	0.78	1.29			1000MB	Z
48	HEURES	-1.57	-1.12	0.35	1.64	0.25	-1.35			EPAISSEURS	X
		-2.94	0.34	2.02	-0.56	1.25	-0.40	-2.32	0.33	700 MB	Y
		-2.58	-0.66	3.11	0.41	0.40	0.19			1000MB	Z
4 2 81											
0	HEURE	0.03	-0.75	-0.33	-1.11	0.58	-0.94			EPAISSEURS	
		-1.05	-2.03	1.30	-0.75	0.76	0.48	-0.62	-0.43	700 MB	
		-1.27	-2.75	1.07	-0.65	0.76	1.54			1000MB	
24	HEURES	-1.26	-0.61	-0.54	0.73	1.41	-1.51			EPAISSEURS	
		-3.06	-0.96	2.23	-0.47	-0.32	-0.33	-0.17	1.61	700 MB	
		-2.23	-1.64	2.55	-0.24	-1.35	-0.43			1000MB	
48	HEURES	-1.07	0.35	-0.31	1.05	1.23	-1.31			EPAISSEURS	
		-3.02	-0.44	2.77	0.25	0.12	-1.39	-1.06	1.24	700 MB	
		-2.44	-1.36	2.53	0.52	-0.36	-0.39			1000MB	

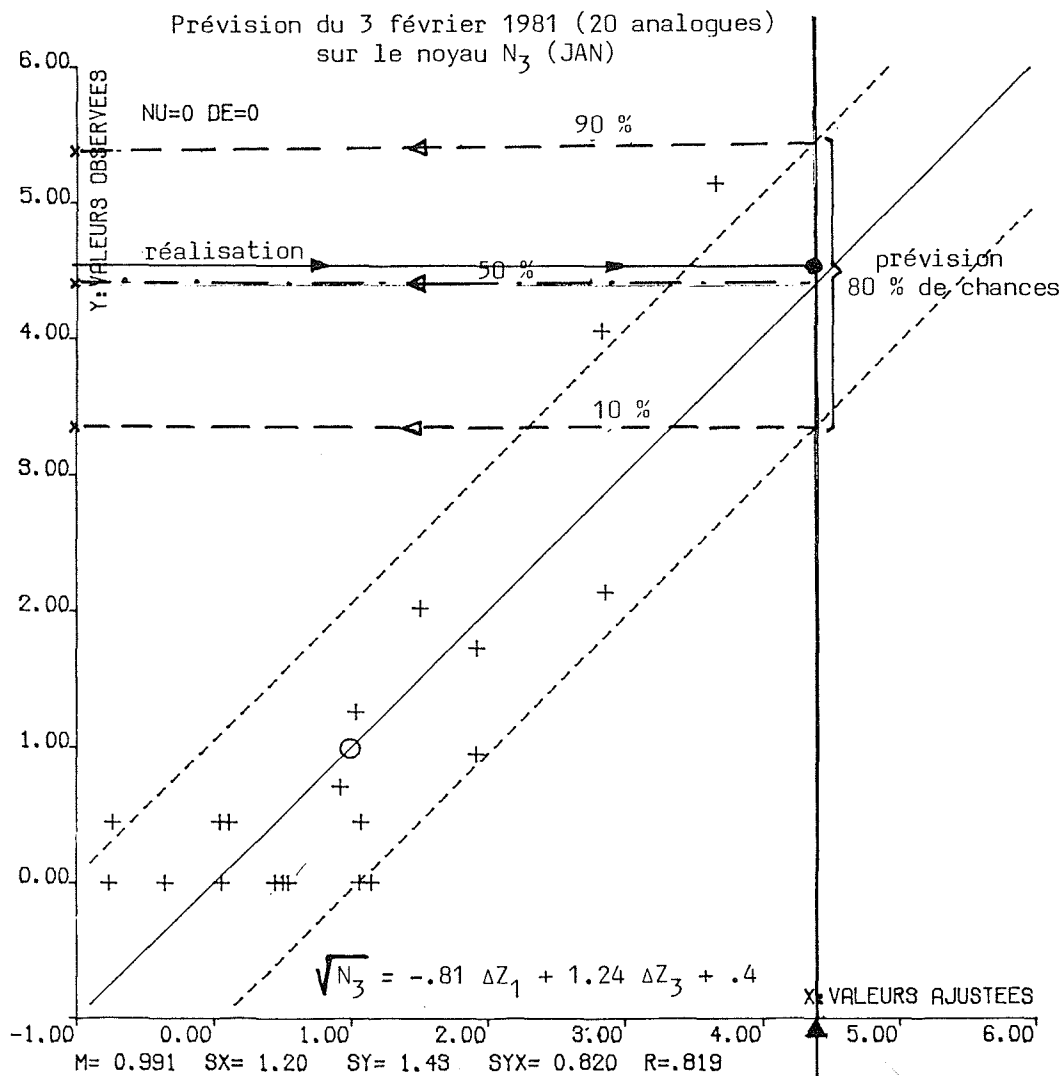


Figure 6 -

On impose alors une contrainte supplémentaire en ne retenant que les situations pour lesquelles $D_i^2/R_i^2 < S$ où S est un seuil et R_i le coefficient de corrélation entre les séries $Y_{1f}, \dots, Y_{6f}, X_{1f}, Z_{1f}, \dots, Z_{6f}$ et $Y_{1i}, \dots, Y_{6i}, X_{1i}, Z_{1i}, \dots, Z_{6i}$.

Dans ce fichier temporaire figurent les valeurs des 6 noyaux N_{1f}, \dots, N_{6f} ainsi que les variations en 24 h de la surface 1 000 mbar $\Delta Z_{1f}, \dots, \Delta Z_{6f}$ pour chaque analogue.

On calcule d'abord la moyenne et l'écart-type des pluies pour chaque noyau, ce qui fournit une prévision, puis, si le nombre d'analogues est supérieur à 16 et si la fréquence des pluies nulles est $< 50\%$, on calcule par moindres carrés, pour chaque noyau, l'équation de régression entre $(N)^{1/2}$ et les variations (ΔZ) en ne retenant que les variables explicatives dont le coefficient de corrélation partielle est supérieur à .4, lorsque le coefficient de corrélation multiple est supérieur à 7 (Fig. 6).

On applique ces équations aux données du jour (valeurs de ΔZ prévues) pour obtenir la valeur 50 % de la précipitation, et, en ajoutant ± 1.3 écart-type lié de la corrélation multiple, on obtient les valeurs 10 % et 90 % (Fig. 6). On peut alors répartir ces valeurs sur les 33 bassins versants, à l'aide des équations de régression préétablies entre noyaux et groupements.

Application de la méthode (b)

Le principe de cette approche a été proposé par Klein, il y a une vingtaine d'années : établir les meilleures équations de régressions entre une série de précipitations locales et les valeurs de paramètres météorologiques aux points de grille, en imposant une limite au nombre de prévisionneurs et en utilisant la régression ascendante "filtrée". Klein et ses disciples proposent actuellement la même approche mais avec le système MOS qui consiste à caler des équations de régression sur les sorties réelles d'un modèle dynamique et sur un petit nombre d'observations (2 ans au maximum et sans tenir compte de la saison). L'avantage d'une telle méthode serait de mieux tenir compte de la non-stationnarité des modèles numériques de prévision des champs de pression, températures, du fait de leur amélioration et, parallèlement, de prendre en compte des paramètres plus fins tels que les vitesses verticales, pour lesquelles on ne dispose pas de chroniques anciennes [2, 3, 4].

Pour notre part, nous avons étalonné les équations de régression multiple entre chaque noyau et la pluie de la veille, ainsi que les composantes principales du champ d'épaisseur, de la surface 1 000 mbar, et de la déformation en 24 h de cette surface, sur l'ensemble du fichier et par saison. Il semble préférable de réduire les effets d'échantillonnage probablement supérieurs à l'incidence de non-stationnarité des modèles ; de plus, les composantes principales de ces 2 champs météorologiques de leur évolution à 24 h nous semblent intégrer une part essentielle de l'information vitesses verticales et contraste de température des masses d'air.

L'inconvénient de cette méthode est de fournir un intervalle de confiance déterminé une fois pour toutes, alors que par la méthode (a) on calcule chaque jour un nouvel intervalle de confiance de la prévision par bassin.

Description du message de prévision quotidien

Le message de prévision, faisant la synthèse de ces traitements, se présente sous la forme suivante :

Méthode (a)

- Aujourd'hui,
 - Date des dix meilleures situations météorologiques analogues classées dans l'ordre décroissant du paramètre D^2/R^2 , valeur de la distance D et du coefficient de corrélation R , précipitation observée sur les six régions Massif Central (MC), Pyrénées (PYR), Jura-Alpes du Nord (JAN), Drac et Durance (DUD), Verdon et Alpes du Sud (VAS), haute Loire-Ardèche-Cévennes (LAC) ;
- Demain : idem ;
- Puis pour les 33 groupements pluviométriques, pour aujourd'hui et demain, les hauteurs de précipitation, en mm, correspondant aux probabilités 10 %, 50 %, 90 % (Tableau II, a) ;
- Après-demain : sortie des dix meilleures analogues avec précipitations observées sur les 6 noyaux, sans calcul des risques de précipitation pour les 33 groupements.

Méthode (b)

Le message ne comprend que les prévisions de hauteurs de précipitation (10 %, 50 %, 90 %) pour aujourd'hui et demain, et pour chacun des 33 groupements. Le programme de calcul de cette prévision est activé dès le calcul des composantes principales (X), (Y), (Z), après prise en compte des pluies de la veille (Tableau II, b).

Résultats et commentaires

Nous avons effectué les contrôles, comparaisons entre lames d'eau journalières prévues et observées pour chacun des six noyaux et sur deux hivers : 1979-80, 1980-81. Pour la prévision, on a relevé 3 séries de données : valeur obtenue en effectuant la moyenne arithmétique des précipitations des analogues (MAN), valeur obtenue à 50 % d'après l'équation de régression calculée sur l'échantillon d'analogues (RAN) et enfin valeur calculée d'après l'équation de régression fixe établie sur l'ensemble du fichier (NOYO).

Pour les noyaux N_1, N_2, N_3 , c'est-à-dire MC, PYR, JAN, la prévision à l'aide du programme NOYO est légèrement supérieure à la prévision MAN qui est équivalente à la prévision RAN (elles sont d'ailleurs identiques pour 70 % des journées). Par contre la prévision MAN est nettement supérieure à NOYO pour les noyaux N_5 et N_6 , mais à condition de se fier au décile supérieur 90 % lorsque de fortes pluies sont prévues, (Fig. 5 et 7).

On peut proposer une explication logique à ces résultats puisque pour les régimes d'ouest et nord-ouest qui sont à l'origine de l'essentiel des pluies sur le Massif Central, le Jura et les Pyrénées occidentales, les épisodes peuvent durer 3 à 5 jours avec des précipitations modérées et une forte extension spatiale. Il y a une continuité spatio-temporelle assez importante et probablement une pseudo-linéarité des relations paramètres météo — hauteurs de pluie, et la méthode (b) semble supérieure. Par contre pour les régimes de sud, sud-ouest

PRECIPITATION		DATE :		81					
AUJOURD'HUI		R	D2	M-C	PYR	JAN	DUO	VAS	LAC
ANAL	691100	0.27	1.9	0	0	0	0	0	0
	621209	0.89	1.2	16	1	26	3	0	2
	701127	0.84	1.2	0	0	0	0	0	0
	620120	0.97	1.7	0	0	0	0	0	0
	681031	0.72	1.0	0	0	0	0	0	0
	781019	0.74	1.2	12	1	17	1	0	2
	681114	0.68	1.5	0	0	0	0	0	0
	781117	0.90	1.9	0	0	0	0	0	0
	570106	0.94	2.1	3	0	4	0	0	0
	731121	0.89	2.0	0	0	0	0	0	0
DEMAIN									
ANAL	771116	0.91	0.2	0	10	9	3	1	2
	771115	0.69	0.6	12	23	11	4	1	1
	501230	0.96	0.7	10	19	11	3	1	1
	741126	0.91	0.7	0	0	15	4	0	1
	500117	0.90	0.9	33	13	27	17	5	7
	501176	0.93	1.1	2	2	7	1	0	1
	700210	0.94	1.6	26	1	24	11	5	2
	651121	0.91	1.6	1	16	3	0	0	0
	700319	0.89	1.6	0	17	5	2	0	0
	501116	0.90	1.7	16	25	14	13	2	10
GROUPEMENTS		AUJOURD'HUI						DEMAIN	
NO	NOM	.10	.50	Obs.	.90	.10	.50	Obs.	.90
1	CREUSE-CHER	11	15	7	21	5	10	10	20
2	VEZEPE-VIENNE-THAURION	16	24	12	34	6	17	10	33
3	DORDOGNE	17	25	9	33	8	16	10	31
4	CERE-MARDANE	24	33	15	46	11	22	12	44
5	TRUYERE-LOT INFERIEUR	11	16	6	23	5	11	7	22
6	HAUT TARN-HAUT LOT	4	6	3	9	1	4	5	9
7	AGOUT-TARN	4	5	10	9	4	11	24	35
8	PYRENEES EST	0	0	0	0	1	4	3	10
9	ARIEGE-VICOMTESSES	0	0	0	0	2	6	8	21
10	PIQUE-GARONNE-SALAT	0	0	0	0	2	8	8	23
11	GAVES	0	0	0	0	2	10	9	27
12	DOUZE	11	16	27	25	1	5	10	12
13	AIN-VALSERINE	16	24	22	36	2	7	14	18
14	ARVE-FIER	14	21	20	32	2	6	12	16
15	ISERE-DOPON	9	14	9	22	1	4	14	11
16	ISERE-MOYENNE	9	14	11	22	4	9	16	21
17	ROMANCHE-ARC INFERIEUR	5	6	14	13	4	9	12	13
18	DRAC	1	3	14	4	10	17	4	29
19	TUTCH-DRONE	1	2	8	3	7	13	8	22
20	VERDON	0	0	1	0	2	6	1	12
21	D.V.I.VERDON	0	0	0	0	1	2	0	3
22	VAR-TINEF-ROYA	0	0	0	0	2	5	0	10
23	HAUTE-DUPANCE	1	1	2	2	5	9	1	17
24	DUPANCE-MOYENNE	0	0	1	0	2	5	1	11
25	MONT-CENIS	1	2	1	3	2	5	3	11
26	CHASSEZAC	1	2	2	4	0	1	1	5
27	LOIRE SUPERIEURE	1	1	2	2	0	1	4	3
28	DOUX-LYRIEUX	1	2	1	3	1	4	2	9
29	SETE-GARD	1	2	1	3	0	1	0	4
30	LOIRE MOYENNE	2	4	2	6	0	1	8	4
31	ALLIER SUPERIEUR	3	4	2	6	1	2	6	6
32	SIGOLE	3	4	4	5	2	3	15	4
33	CURE	12	16	25	23	4	9	10	20
APRES-DEMAIN									
ANAL	641209	0.94	3.0	3	4	1	0	0	0
	671209	0.80	3.3	4	0	1	2	4	4
	651211	0.91	3.6	2	3	1	0	0	0
	661111	0.69	2.9	0	4	9	4	0	2
	641204	0.94	3.9	4	23	4	1	0	2
	601406	0.87	3.3	0	3	3	0	0	0
	691104	0.94	4.0	3	7	10	17	5	7
	620214	0.93	4.0	2	0	9	5	0	2
	661216	0.84	3.3	2	0	0	1	0	0
	700216	0.87	3.3	6	4	5	2	0	1

(a)

GENERAL LISTING (ARLP) 03/02/81

3 2 1981

(Noye)

GROUPEMENTS		AUJOURD'HUI				DEMAIN	
NO	NOM	.10	.50	Obs.	.90	.10	.50
1	CREUSE-CHER	6	11	7	12	4	8
2	VEZEPE-VIENNE-THAURION	16	19	12	30	6	14
3	DORDOGNE	5	16	9	29	6	13
4	CERE-MARDANE	13	25	15	41	9	16
5	TRUYERE-LOT INFERIEUR	6	13	6	23	4	9
6	HAUT TARN-HAUT LOT	1	6	3	16	1	4
7	AGOUT-TARN	4	11	10	22	6	14
8	PYRENEES EST	1	3	0	7	3	7
9	ARIEGE-VICOMTESSES	1	6	0	14	7	15
10	PIQUE-GARONNE-SALAT	1	6	0	15	7	16
11	GAVES	0	7	0	17	2	19
12	DOUZE	7	15	27	25	8	15
13	AIN-VALSERINE	11	22	22	37	12	23
14	ARVE-FIER	9	19	20	32	10	20
15	ISERE-DOPON	6	13	9	21	7	13
16	ISERE-MOYENNE	7	16	11	29	7	16
17	ROMANCHE-ARC INFERIEUR	4	11	14	20	4	11
18	DRAC	2	6	14	18	2	7
19	TUTCH-DRONE	1	6	8	14	1	6
20	VERDON	0	4	1	11	0	3
21	D.V.I.VERDON	0	2	0	3	0	2
22	VAR-TINEF-ROYA	0	3	0	11	0	3
23	HAUTE-DUPANCE	1	5	2	11	1	4
24	DUPANCE-MOYENNE	0	3	1	9	0	3
25	MONT-CENIS	1	5	1	10	1	4
26	CHASSEZAC	0	5	2	19	0	2
27	LOIRE SUPERIEURE	0	3	2	10	0	1
28	DOUX-LYRIEUX	0	4	1	12	0	2
29	SETE-GARD	0	3	1	13	0	1
30	LOIRE MOYENNE	1	4	2	9	1	3
31	ALLIER SUPERIEUR	1	5	2	12	0	2
32	SIGOLE	2	3	4	4	2	3
33	CURE	7	14	25	23	6	12

(b)

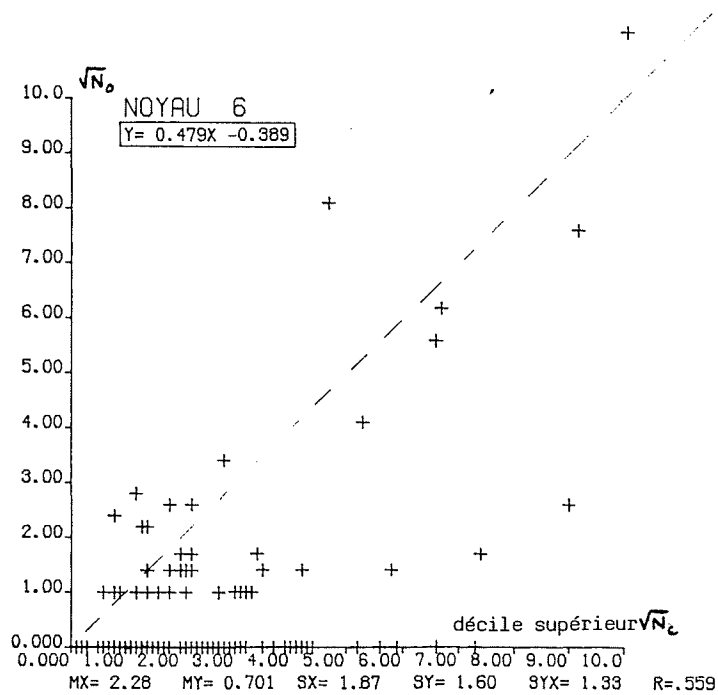
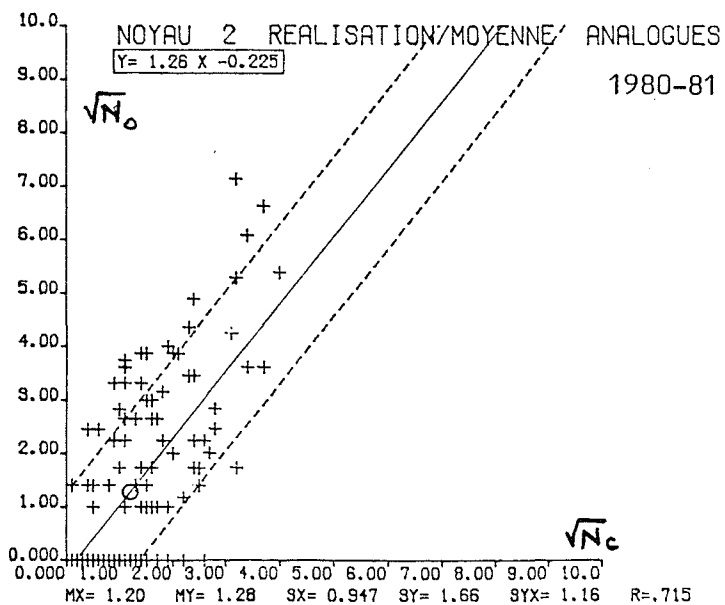


Figure 5 -

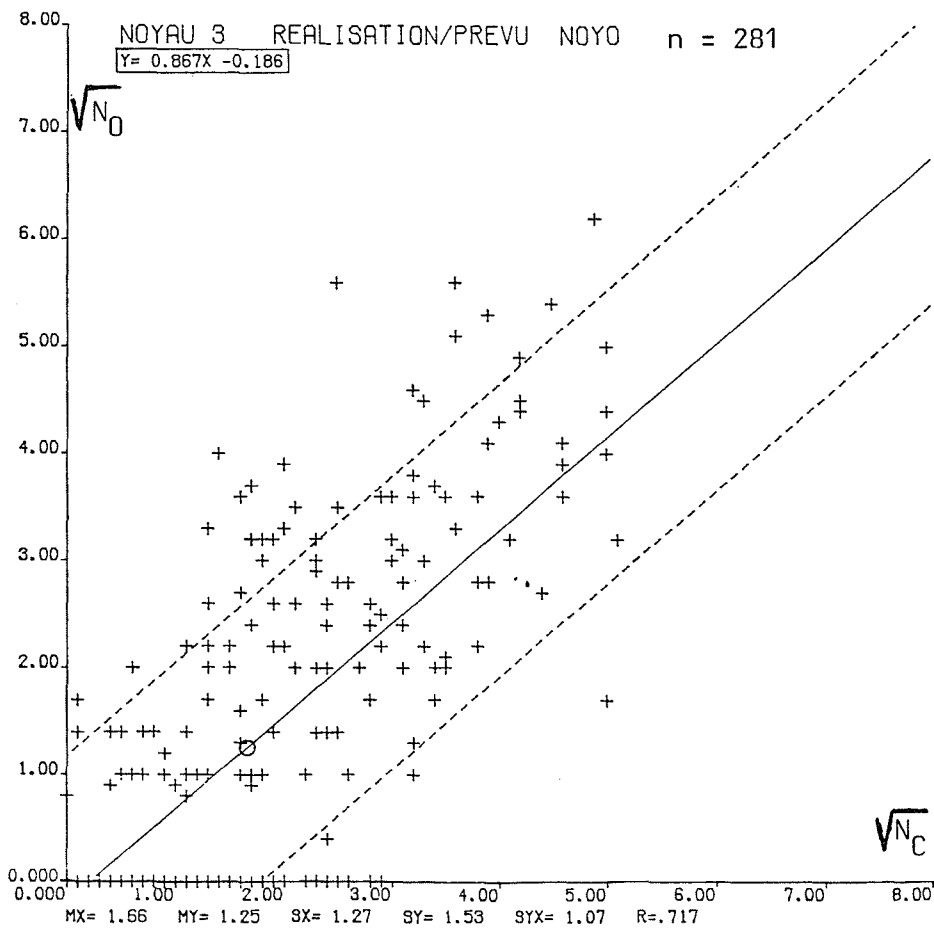
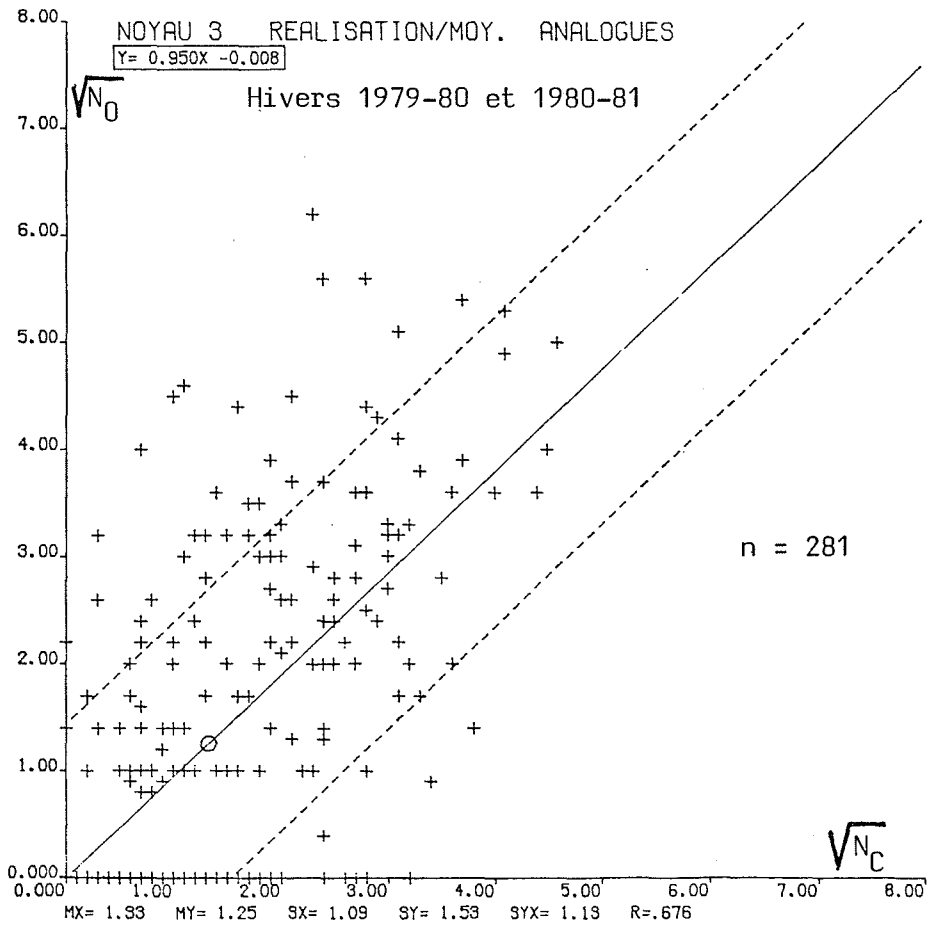


Figure 7 -

Tableau IV

Coefficients de corrélation entre valeurs des composantes principales prévues et observées, du 1 ^{er} novembre 1980 au 30 mars 1981 :												
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
à 24 heures	.94	.97	.95	.93	.88	.92	.95	.98	.96	.95	.94	.92
à 48 heures	.83	.93	.90	.80	.75	.73	.96	.94	.91	.86	.81	.80
La corrélation moyenne entre variations ΔZ prévues et observées à 24 heures est de .85.												
Coefficients de corrélation entrè pluies prévues et observées (racine carrée) pour chacun des noyaux :												
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆						
à 24 heures	.70	.75	.70	.60	.50	.60						
à 48 heures	.50	.65	.60	.30	.30	.60						
Pourcentage de prévisions médianes réussies (effectif) :												
	classe 0-1		classe 1-9				classes > 9					
Noyau 1	.74 (74)		.75 (51)				.10 (12)					
Noyau 2	.62 (81)		.70 (34)				.35 (23)					
Noyau 3	.70 (85)		.73 (30)				.50 (22)					
Noyau 4	.83 (102)		.71 (28)				.75 (8)					
Noyau 5	.84 (116)		.50 (16)				.30 (6)					
Noyau 6	.75 (110)		.50 (20)				.50 (8)					

et sud-est durant lesquels les épisodes sont plus courts, 1 à 3 jours, mais avec des précipitations très intenses localement, donc avec des discontinuités spatio-temporelles plus importantes ainsi que des non-linéarités accentuées entre paramètres météo et lames d'eau, la méthode (a), avec recherche des situations analogues, apparaît alors supérieure, en particulier les épisodes cévenols sont bien détectés avec deux jours d'anticipation et les hauteurs de précipitation relativement bien prévues, si l'on retient le quantile supérieur.

Il semble que, dans ce dernier cas, pour les épisodes cévenols et de Lombarde, il faudrait calculer la prévision directement pour chaque groupement pluviométrique des Cévennes et Alpes du Sud, et non par l'intermédiaire de noyaux.

Pour la prévision des pluies nulles, la méthode (b) a tendance à donner un excès de valeurs non nulles lorsqu'il ne pleut pas, alors que la méthode (a) reflète mieux la réalité. Il y a évidemment avantage à utiliser la méthode (b) lorsque le nombre de situations analogues sélectionnées dans le fichier historique est trop faible ou nul (Tableau IV).

Nous présentons 4 exemples de message de prévision quotidienne, établis d'après la méthode de sélection des analogues (MAN et RAN), ainsi qu'un exemple de calcul par la méthode des régressions fixes (NOYO) :

- le 28 novembre 1980 (flux de secteur nord) (Tableau III)
- le 18 janvier 1981 (flux perturbé atlantique) (Tableau III)
- le 3 février 1981 (flux instable de secteur nord-ouest) où l'évolution rapide a été très bien prévue par la MN ;

avec pour le noyau 3 l'exemple de l'amélioration apportée par RAN, (Fig. 6, Tableau II)

– le 28 mars 1981 (épisode de sud) (Tableau III).

Pour compléter ces prévisions, en hiver, un programme calcule les risques de précipitations neigeuses ou liquides par tranche d'altitude pour les massifs de Belledonne et l'Oisans (entre 200 et 2 000 mètres).

Il convient de souligner que l'amélioration des prévisions de hauteurs de précipitation, constatée à 24 h, est en partie due à la qualité actuelle des prévisions météorologiques établies par la Météorologie Nationale à courte échéance ; l'erreur de prévision à 48 h est maintenant du même ordre que celle qui affectait les prévisions à 24 h il y a 5 ans (Fig. 4).

Conclusion

Un travail important reste à faire quant à l'optimisation de la méthode de sélection des situations analogues. Cela nécessite du temps, des moyens et de la réflexion, mais dès à présent, les résultats obtenus sont réellement positifs et encourageants.

Les prévisions de hauteurs de précipitation effectuées par la méthode d'identification d'un échantillon de situations analogues, et celles calculées par des équations de régression multiples fixes et saisonnières se complètent utilement, cette dernière procédure convenant plus particulièrement à une circulation d'ouest, alors que la précédente serait mieux adaptée à des remontées méditerranéennes.

PRECIPITATIONS										LISTINGS PREVISIONS PRECIPITATIONS									
AUJOURD'HUI					DATE : 28 11 81					AUJOURD'HUI					DATE : 18 1 81				
ANAL	R	M-C	PYR	JAN	DUD	VAS	LAC	ANAL	R	M-C	PYR	JAN	JUD	VAS	LAC				
551225	0,04	0,0	2	1	1	0	0	523325	0,94	0,2	3	4	9	2	0				
601105	0,80	0,9	18	35	15	10	1	651204	0,90	0,4	13	18	14	6	0				
501150	0,87	0,9	1	2	1	0	0	712219	0,28	0,5	3	7	3	0	0				
601102	0,91	1,0	12	32	2	2	0	523406	0,79	0,6	2	5	7	1	0				
601206	0,83	0,9	5	52	0	0	0	501214	0,55	0,7	3	16	7	2	0				
611105	0,92	1,2	3	1	1	0	0	703224	0,89	0,8	3	2	16	2	0				
601205	0,93	1,3	3	4	1	0	0	523327	0,91	0,7	5	23	15	5	1				
601222	0,92	1,3	3	13	2	0	0	703131	0,89	1,0	3	0	0	0	0				
700215	0,86	1,2	0	0	1	0	2	612222	0,89	1,0	11	12	31	2	3				
700414	0,89	1,2	10	19	8	2	3	651216	0,93	1,1	1	4	10	3	0				

DEMAIN										DEMAIN									
ANAL					R					ANAL					R				
701022	0,87	0,7	1	2	3	0	1	0	0	512204	0,35	0,8	14	13	25	28	2	5	
601110	0,78	0,5	1	4	3	0	0	0	711121	0,20	1,0	29	32	47	23	14	7		
701050	0,82	1,0	10	16	3	0	0	753129	0,85	1,1	12	1	11	4	0	4			
500109	0,04	1,5	2	0	10	1	0	0	521221	0,55	1,1	3	10	18	6	0	3		
711124	0,89	1,3	1	5	0	0	0	551222	0,94	1,4	19	35	32	26	12	2			
601227	0,82	1,4	3	0	10	0	0	521219	0,88	1,4	7	2	9	4	0	3			
600114	0,87	1,7	7	6	2	10	13	591219	0,91	1,5	1	0	0	1	0	0			
500110	0,04	2,2	0	0	6	0	0	712219	0,66	1,5	3	7	3	1	0	0			
601226	0,90	2,0	0	14	2	0	0	512128	0,94	1,3	7	5	3	1	0	0			
700226	0,90	2,0	2	0	0	0	1	503124	0,91	1,7	13	12	5	1	0	2			

DEMAIN										DEMAIN									
ANAL					R					ANAL					R				
701022	0,87	0,7	1	2	3	0	1	0	0	512204	0,35	0,8	14	13	25	28	2	5	
601110	0,78	0,5	1	4	3	0	0	0	711121	0,20	1,0	29	32	47	23	14	7		
701050	0,82	1,0	10	16	3	0	0	753129	0,85	1,1	12	1	11	4	0	4			
500109	0,04	1,5	2	0	10	1	0	0	521221	0,55	1,1	3	10	18	6	0	3		
711124	0,89	1,3	1	5	0	0	0	551222	0,94	1,4	19	35	32	26	12	2			
601227	0,82	1,4	3	0	10	0	0	521219	0,88	1,4	7	2	9	4	0	3			
600114	0,87	1,7	7	6	2	10	13	591219	0,91	1,5	1	0	0	1	0	0			
500110	0,04	2,2	0	0	6	0	0	712219	0,66	1,5	3	7	3	1	0	0			
601226	0,90	2,0	0	14	2	0	0	512128	0,94	1,3	7	5	3	1	0	0			
700226	0,90	2,0	2	0	0	0	1	503124	0,91	1,7	13	12	5	1	0	2			

DEMAIN										DEMAIN									
ANAL					R					ANAL					R				
710228	0,87	0,8	0	17	0	0	1	0	733225	0,95	0,4	3	23	3	0	4			
700227	0,80	1,5	0	7	0	0	0	561125	0,91	0,5	13	0	5	0	2				
710301	0,81	1,4	0	0	0	0	0	593129	0,93	0,5	2	0	10	1	0				
601217	0,90	1,9	1	18	0	0	2	0	620426	0,57	0,9	2	5	7	1	0			
601108	0,89	2,0	13	0	5	0	1	0	733128	0,91	1,0	0	14	0	0	0			
721127	0,85	2,2	0	0	0	0	0	733226	0,93	1,4	1	25	0	0	1				
700227	0,85	2,1	1	2	0	0	0	733224	0,92	1,3	20	50	7	2	0				
701212	0,88	2,3	0	0	1	0	0	561225	0,35	1,5	24	11	38	11	0				
650216	0,88	2,3	2	0	1	0	1	561219	0,92	1,7	7	2	9	4	0				
621227	0,79	2,1	0	1	2	0	1	561124	0,74	1,9	18	12	5	1	0				

LISTINGS PREVISIONS PRECIPITATIONS

PRECIPITATIONS										LISTINGS PREVISIONS PRECIPITATIONS									
AUJOURD'HUI					DATE : 28 3 81					AUJOURD'HUI					DATE : 18 1 81				
ANAL	R	M-C	PYR	JAN	DUD	VAS	LAC	ANAL	R	M-C	PYR	JAN	JUD	VAS	LAC				
601207	0,80	0,7	2	2	4	10	1	523325	0,94	0,2	3	4	9	2	0				
720122	0,80	0,6	16	2	12	32	16	12L	651204	0,90	0,4	13	18	14	6	0			
600414	0,80	1,3	1	0	0	0	0	712219	0,28	0,5	3	7	3	0	0				
501105	0,91	1,2	1	0	2	0	0	523406	0,79	0,6	2	5	7	1	0				
501124	0,87	1,7	7	14	17	26	35	19	501214	0,55	0,7	3	16	7	2	0			
601206	0,91	1,3	7	13	5	17	14	6	703224	0,89	0,8	3	2	16	2	0			
501102	0,91	1,3	3	4	6	6	3	9	523327	0,91	0,7	5	23	15	5	1			
601226	0,95	1,5	3	7	2	6	15	43	703131	0,89	1,0	3	0	0	0	0			
601204	0,80	1,1	0	19	0	7	24	87	612222	0,89	1,0	11	12	31	2	3			
700101	0,88	1,5	2	5	5	10	13	16	651216	0,93	1,1	1	4	10	3	0			

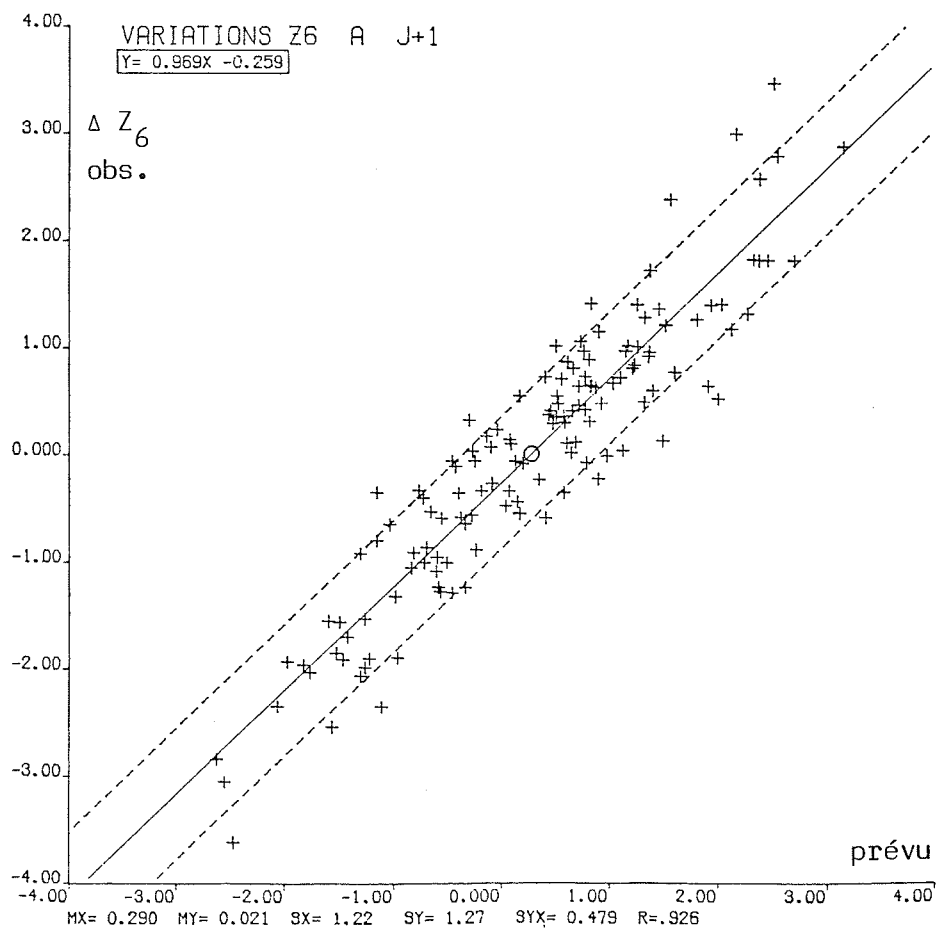
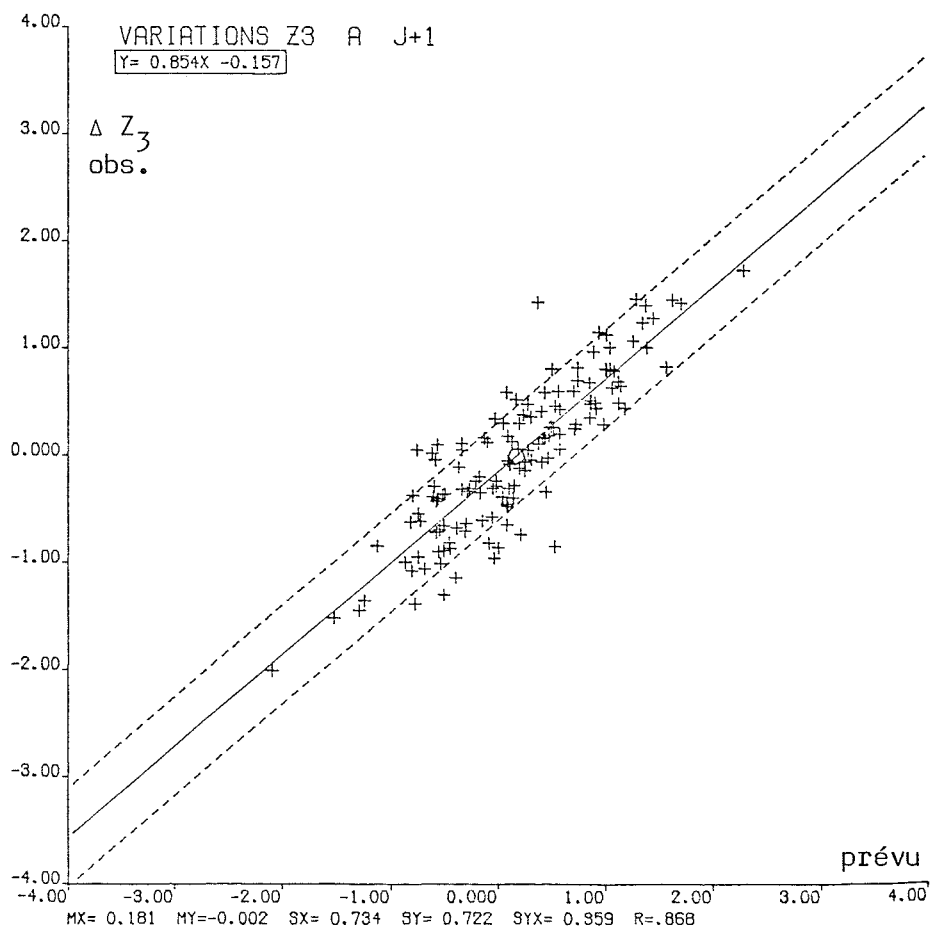


Figure 4 -

Nous sommes encore loin d'une solution suffisamment satisfaisante, mais c'est, semble-t-il, la voie recommandée par E.N. Lorenz lors du dernier Symposium de Nice (1980) : "Finally can we combine dynamics with some variant of the analogue method, or with some combination of analogues and linear regression ?", et vers laquelle semble s'orienter un certain nombre de météorologues confrontés à la prévision quotidienne. [5, 6, 7].

Références

[1] DUBAND D. – *Reconnaissance dynamique de la forme des situations météorologiques, application à la prévision numérique des précipitations journalières*, SHF, XIII^e journée de l'Hydraulique, Paris, 1974.

Dynamic selection of analogue flow patterns to produce quantitative precipitation forecast, WMO Symposium on probabilistic and statistical methods in weather forecasting, Nice, 8-12/9/80.

- [2] DUVERNET F. and ROUSSEAU D. – *Statistical interpretation of numerical weather prediction in the French meteorological service*, WMO Symposium, Nice, 1980.
- [3] KLEIN W.H. – *An objective method of predicting quantitative precipitation in Tennessee and Cumberland Valleys*, Proceedings of the 1st Statistical Meteorological Conference, Hartford, May 1968.
- [4] GLAHN H.R. and KLEIN W.H. – *Present status of statistical weather forecasting*, Fourth Conference on Probability and Statistics in atmospheric sciences, Tallahassee, November 1975.
- [5] LORENZ E.N. – *Nonlinear statistical weather prediction*, WMO Symposium on probabilistic and statistical methods in weather forecasting, Nice, 1980.
- [6] WILSON L.J. and YACOWAR N. – *Statistical weather element forecasting in the Canadian weather Service*, WMO Symposium, Nice, 1980.
- [7] WOODCOCK F. – *The use of analogues in statistical forecasts*, WMO Symposium, Nice, 1980.

Discussion

Président : M. J. JACQUET

Le Président. – Je remercie M. DUBAND qui nous a présenté une méthode à la fois physique et statistique permettant de passer de la prévision de champs de variables d'état atmosphérique à grande échelle : l'échelle synoptique, à la prévision de variables climatiques utiles à l'échelle locale. L'intérêt de cette communication réside en ce que M. DUBAND s'est astreint à exploiter systématiquement son modèle sur un mode opérationnel, et ne s'est pas borné à présenter un échantillonnage de quelques cas particuliers. La discussion est ouverte.

M. DER MEGREDITCHIAN. – Je voudrais apporter un tout petit commentaire sur la méthode que M. DUBAND appelle la méthode des analogues. En fait, c'est un pas en avant par rapport à ce qu'on appelle en général la méthode des analogues. C'est en fait la méthode dynamique des analogues par rapport à la méthode statistique des analogues. C'est assez astucieux : on se déplace dans le fichier pour avoir la situation du jour.

Je voudrais aussi poser deux questions :

– Pourquoi avoir retenu 16 situations dans la boule de proximité ;

– Pourquoi avoir fait l'analyse en composantes principales (ACP) sur les corrélations plutôt que sur les covariances ? Est-ce un "a priori" ?

Autre question : Le coefficient de corrélation a été choisi comme caractéristique pour retenir les analogues. Avez-vous essayé d'autres coefficients ou est-ce aussi un "a priori" ?

M. DUBAND. – Le nombre quotidien d'analogues sur 2 ans d'exploitation a une moyenne de 20 avec un écart-type de 8. Le nombre 16 a été retenu a priori.

M. DER MEGREDITCHIAN. – Combien y-a-t-il de situations dans le fichier ?

M. DUBAND. – Le fichier hiver représente environ 5 000 situations. Le nombre 16 est semi-arbitraire. Des essais de simu-

lation faits avec des seuils différents montrent qu'il y a peu de différence entre 16 et 25 situations, mais on n'a pas intérêt à descendre en dessous de 16, ni à sélectionner trop d'analogues, au-delà de 30 on s'aperçoit que les corrélations diminuent en efficacité.

L'analyse en composantes principales a été faite sur les corrélations pour travailler sur des variables sans dimension. Le seuil minimal pour retenir une analogue est la valeur 0.25 du carré du coefficient de corrélation R^2 . Mais le seuil de sélection définitif est la valeur du rapport : distance euclidienne sur carré du coefficient de corrélation. Par simulation on a trouvé une borne supérieure de 4 à ce rapport pour obtenir des résultats optimaux au sens de la prévision, sur un hiver. Mais le test de différentes hypothèses possibles représente un travail énorme, même avec un ordinateur puissant. Aussi n'a-t-on pas exploré toutes les possibilités d'optimisation de cette technique de prévision.

Le Président. – Pour ma part, je voudrais vous demander comment sont utilisées vos prévisions dans la pratique ?

M. DUBAND. – Les prévisions sont transmises aux météorologues qui choisissent une hypothèse parmi les 3 qui leur sont proposées, ceci en fonction de leur information météorologique locale plus récente, puisqu'ils reçoivent le message entre 7 h 30 et 8 h, tandis que le modèle a utilisé l'information de 0 h. Mais effectivement, il y a un côté subjectif dans la décision de choisir une valeur dans l'éventail de scénarios probabilisés.

Par ailleurs, la valeur 50 % rentre dans un modèle de prévision des débits à 24 h et 48 h.

Le Président. – Je retiens particulièrement de votre exposé la façon dont vous avez cherché à introduire le maximum de rationalité dans l'art, car il est bien évident que la prévision reste encore du domaine de l'art.

M. J.Y. GROSSE. — Il y a un élément qui m'a semblé un peu surprenant dans la démarche suivie : c'est que la prévision est faite par noyau, puis redistribuée ensuite sur les groupements de façon figée, quelle que soit la situation météorologique.

Pourquoi ne tenez-vous plus compte de la situation ?

M. DUBAND. — C'est une question d'économie. Je pense que pour des noyaux comme le Massif Central ou les Alpes du Nord, on a intérêt à travailler sur une prévision agrégée, puis à désagréger ensuite, pour des questions d'économie de fichier et parce que la corrélation spatiale des précipitations est élevée. Par contre, j'ai l'impression que pour les épisodes cévenols, il faudrait revenir à la notion de groupement et non pas passer par l'intermédiaire de noyaux.

M. OBLED. — Pourquoi avez-vous choisi de ne considérer que le seul champ de pression à 2 niveaux (1 000 et 700 mbar) alors que dans une autre étude du même recueil, on a choisi, sur des considérations météorologiques, de prendre comme prédicteurs 20 champs à 10 niveaux ?

M. DUBAND. — Au début de la conception du modèle, on pensait retenir le niveau 500 mbar. On a pris finalement 700 mbar comme étant un niveau pas trop influencé par le relief mais en même temps suffisamment sensible. Cependant l'expérimentation de plusieurs niveaux n'a pas été faite. L'altitude du niveau 700 mbar semble être une bonne altitude, en moyenne et haute montagne, se situant habituellement entre 2 800 et 3 300 m. Il semble que l'information utile se situe dans la tranche (sol - 3 000 m) pour une prévision à 24 h sur des cibles relativement réduites. Il y a par ailleurs une redondance importante entre les niveaux des surfaces de pression.

Les composantes 700 et 1 000 mbar intègrent d'autres informations comme les températures, les vents et leur direction. Toute une information météorologique est condensée dans ces composantes, mais là encore on ne sait pas si c'est un optimum.

Le Président. — On pourra peut-être discuter ce point après l'exposé de M. ROUSSEAU. Il faut bien voir que la prévision des précipitations dont il s'agit dans le modèle présenté par M. DUBAND est faite à une échelle inférieure à la maille du modèle que la météorologie Nationale utilise pour la prévision synoptique. Cette maille est de l'ordre de 150 km en distance linéaire alors que l'on s'intéresse à des bassins versants de l'ordre de 1 000 km² pour les prévisions hydrométéorologiques.

Ce problème d'échelle est maintenant à l'ordre du jour du grand programme décennal de recherches météorologiques et climatologiques qui se met actuellement en place : comment passer — à propos des variables utiles telles que les températures de l'air et les précipitations — de l'information à grande échelle à une information plus localisée et argumentée de manière à accroître la fiabilité de la prévision pour l'utilisateur.

M. DUBAND. — En ce qui concerne les champs de géopotentiels à 24 heures, les prévisions du modèle de la météo sont très bonnes. Il y a une amélioration considérable depuis deux ans. En ce qui concerne les variations des composantes du champ : sol, la corrélation entre variation prévue et variation observée se situe entre 0,85 et 0,90. En valeur absolue les corrélations se situent entre 0,93 et 0,98, ce qui est une très bonne performance.

Malheureusement la qualité se dégrade à 48 heures, quant à 72 heures... Mais il y a eu un très gros progrès qui intervient pour une part non négligeable dans la qualité de la prévision des pluies à court terme.

Le Président. — Merci M. DUBAND. Nous allons voir maintenant comment l'introduction du cycle de l'eau dans des modèles dynamiques de circulation de l'atmosphère permet une nouvelle approche de prévision des précipitations.

Abstract

A spatial forecast of daily rainfall heights

A numerical forecasting method has been devised and improved on over more than ten years. It allows daily rainfall height in a 24 h interval to be forecast covering 33 catchment basins of approximately 1 000 km², located in mountainous regions of France. A 30 year historical file has been established for daily levels (at 0 h) of areas at 1 000 and 700 mbar over the West of Europe and refined by an analysis of the main parameters associated with daily rainfall observed over six mountainous regions in France. The most analogous meteorological conditions within a circle of small radius, whose centre and size vary every day, are selected in operation at 6.30 a.m. on the basis of the atmospheric conditions observed at 0 h and forecast 24 and 48 h ahead by the Department of Meteorology using inter-computer telephone links.

The calculation of the multiple regression equations associated with the analogous conditions for each of the six regions, and the distortion of the area at 1 000 mbar within 24 h, allows a probability forecast to be made of rainfall height for the day and the morrow for 33 pilot basins. The results obtained using this dynamic method over two recent years are compared with the results obtained for each working day from forecasts made by applying fixed regression equations run earlier from the historical file as a whole transmitted from Paris to Grenoble between, on the one hand, daily rainfall and, on the other, atmospheric conditions at 0 h (700-1 000 mbar) and distortion within 24 h.