



**Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt**  
**Rapports de travail de l'Institut Suisse de Météorologie**  
**Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia**  
**Working Reports of the Swiss Meteorological Institute**

**Zürich**

PREVISION OBJECTIVE DES HAUTEURS DE PLUIE BASEE SUR UNE  
METHODE D'ANALYSE DISCRIMINANTE

par

J.D. Altherr            M. Dupanloup  
Y. Ganter             E. Junet

(Groupe "Prévisions objectives" du Centre Météorologique  
de Genève).

Novembre 1978

Prévisions

551.509.314

551.509.324.2

Résumé

Ce rapport de travail, complément des cahiers No.44 et 51 déjà publiés, présente une méthode statistique de prévision des hauteurs de pluie en fonction des valeurs du géopotential au niveau 500 mbar, prises sur 16 points de grille répartis sur l'Europe, méthode qui est directement applicable aux prévisions numériques fournies par les services météorologiques étrangers.

Zusammenfassung

In Ergänzung zu den Arbeitsberichten Nr.44 und 51 beschreibt diese Studie eine statistische Methode zur Vorhersage von Regensmengen in Funktion der 500 mbar-Fläche an 16 über Europa verteilten Gitterpunkten. Diese Methode lässt sich direkt auf die von ausländischen Wetterzentralen gelieferten numerischen Vorhersagekarten anwenden.

Riassunto

Questo lavoro, a complemento dei rapporti No.44 e 51, presenta un metodo statistico di previsione della quantità di precipitazioni in funzione dei valori del geopotenziale a 500 mbar, presi da una griglia di 16 punti distribuiti sull'Europa. Questo metodo è applicabile direttamente alle previsioni numeriche fornite dai servizi meteorologici esteri.

Summary

In continuation of the work described in reports No.44 and 51, this paper expounds a statistical method of forecasting precipitation amounts from the 500 mbar-geopotential at 16 gridpoints distributed over Europe. The input data may be taken from numerical predictions issued by foreign meteorological services.

PREVISION OBJECTIVE DES HAUTEURS DE PLUIE  
BASEE SUR UNE METHODE D'ANALYSE DISCRIMINANTE.

Ce rapport de travail fait suite aux cahiers No 44 et 51 déjà publiés par le groupe "Prévisions objectives" du Centre Météorologique de Genève-Cointrin.

DESCRIPTION DE LA METHODE.

Voir rapport de travail No 44, pages 4 à 10.

CHOIX DES PREDICTEURS.

Nous avons montré dans notre rapport de travail No 51 que, si un choix de prédicteurs pris en un seul point de la surface 500 mb. (point situé en l'occurrence à la verticale de Payerne) permettait de calculer la probabilité d'apparition des pluies avec un taux de réussite satisfaisant - et la pratique a confirmé ce fait - il n'en allait plus de même pour le calcul des quantités de précipitations: la discrimination entre les différentes classes d'intensité des pluies était trop floue.

Nous avons alors soumis au programme d'analyse discriminante utilisé pour cette étude un choix de 80 prédicteurs relevés sur les 16 points de grille des figures 1 à 6. Ces prédicteurs étaient tous pris au niveau 500 mb. de manière à pouvoir appliquer ensuite les résultats obtenus aux cartes en prévision fournies par les services météorologiques étrangers, et ils se répartissaient comme suit:

- valeurs du géopotentiel de la surface 500 mb. aux points de grille;
- différence de géopotentiel entre points voisins, prises dans les sens Nord-Sud, Ouest-Est et en diagonale (gradients);
- cyclonalités autour des points 6, 7, 11 et 12.\*)

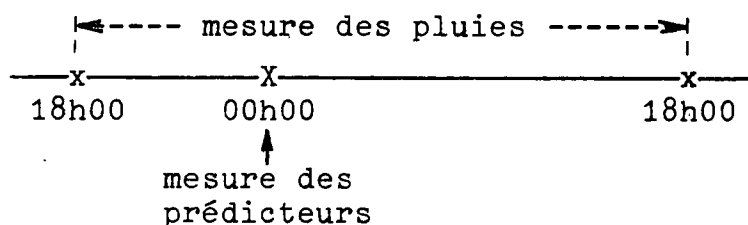
soit en tout 80 prédicteurs (en fait, le nombre des combinaisons possibles à partir d'une grille de 16 points est sensiblement plus élevé, mais le programme utilisé limite le nombre de variables à 80; des essais préliminaires nous ont permis d'éliminer les points ou les combinaisons de points qui n'étaient jamais choisis par l'analyse pour ne conserver que les 80 valeurs utilisées par la suite).

---

\*) définies par la valeur du géopotentiel en un point, soustraite de la moyenne des géopotentiels des quatre points périphériques.

### CHOIX DES PERIODES DE PREVISION.

Ces essais préliminaires ont également montré que la meilleure discrimination entre les classes de précipitations était obtenue à partir du schéma suivant:



Quelques remarques à ce propos:

- dans le cas qui nous intéressait (prévision quantitative des pluies) il est apparu que le découpage en périodes de 24 heures était plus satisfaisant qu'un découpage en périodes de 12 heures; on peut émettre l'hypothèse qu'une période de 12 heures représente une durée trop restreinte par rapport aux dimensions temporelles du phénomène étudié: par exemple, dans le cas d'une situation de vents d'ouest où les passages de perturbations se succèdent alors que le champ du géopotentiel au niveau 500 mb. ne varie que fort peu, une période de 12 heures pourra se situer entre 2 perturbations - elle ne sera donc pas représentative du caractère général du temps - alors que ce risque est nettement moindre avec des périodes de 24 heures.
- ce découpage en tranches de 24 heures présente un autre avantage: il permet une mesure des prédicteurs uniformisée à 00h00 GMT, éliminant ainsi les variations diurnes qui ne sont pas négligeables au niveau 500 mb. surtout durant la saison estivale.

### CHOIX DES CLASSES DE PRECIPITATIONS.

Dans le cas d'une méthode statistique telle que celle que nous proposons et qui fournit les probabilités d'apparition de diverses classes de précipitations, plusieurs critères doivent être pris en considération lors du choix de ces classes:

- si les quantités de pluie sont divisées en un trop grand nombre de classes, les classes voisines apparaîtront toujours avec des probabilités très semblables, ce qui ne présente aucun intérêt pour la prévision.

- d'autre part, il s'agit de rester réalistes: on sait que dans une même situation météorologique, la mesure des précipitations accuse de notables différences d'un endroit à l'autre; il serait donc absurde de diviser les quantités de précipitations en classes qui se situeraient à l'intérieur de cette variabilité.
- enfin, si le seuil de la classe supérieure est trop élevé, le nombre de cas pris en compte dans ce groupe sera trop faible et, après pondération de sa probabilité d'apparition en fonction de l'effectif de chaque classe, ce groupe ne sera jamais prévu de façon significative. Comme le montre le tableau 1, le seuil choisi pour la classe III provoque des effectifs déjà faibles, au delà desquels il eut été inutile de former un nouveau groupe.

Nous avons donc choisi de grouper les quantités de pluie en trois classes:

- a) une classe I regroupant les périodes sèches et les pluies non significatives.
- b) une classe II s'étendant de 1 à 9 mm. en 24 heures.
- c) une classe III englobant les précipitations égales ou supérieures à 10 mm. en 24 heures.

#### CHOIX DES STATIONS.

Comme nous l'avons déjà mentionné, nos essais préliminaires ont montré que les meilleurs résultats étaient obtenus avec une mesure des précipitations s'étendant de 18h00 à 18h00. Or, les stations du réseau climatologique totalisent les pluies de 06h00 à 06h00; une prise de données par régions plutôt que par stations était donc exclue. On peut toutefois raisonnablement estimer que les 6 stations synoptiques choisies sont représentatives des zones au centre desquelles elles se situent.

Ces 6 stations sont:

Genève-Cointrin

Payerne

Zurich-Kloten

Sion

Le Gütsch

Locarno-Magadino

TABLEAU 1: NOMBRE DE CAS PAR CLASSE.

<u>MOIS</u>	<u>CLASSE</u>	<u>GENEVE</u>	<u>PAYERNE</u>	<u>ZURICH</u>	<u>SION</u>	<u>GUTSCH</u>	<u>MAGADINO</u>
I	I	193	197	191	223	149	247
	II	89	87	102	69	112	46
	III	28	26	17	18	49	17
II	I	173	176	164	208	136	213
	II	75	81	92	54	92	41
	III	34	25	26	20	54	28
III	I	204	189	190	229	158	239
	II	65	95	90	65	93	41
	III	41	26	30	16	59	30
IV	I	175	175	160	218	143	200
	II	100	95	109	70	105	49
	III	25	30	31	12	52	51
V	I	201	176	180	236	140	184
	II	85	108	89	66	120	76
	III	24	26	41	8	50	50
VI	I	202	185	185	223	147	187
	II	77	82	83	63	122	65
	III	21	33	32	14	31	48
VII	I	222	213	197	215	164	210
	II	66	65	77	80	115	52
	III	22	32	36	15	31	48
VIII	I	209	180	180	206	153	206
	II	64	89	76	83	110	52
	III	37	41	54	21	47	52
IX	I	206	202	204	225	194	211
	II	67	69	65	67	78	39
	III	27	29	31	8	28	50
X	I	235	234	253	259	250	234
	II	56	60	44	40	40	41
	III	19	16	13	11	20	35
XI	I	170	180	182	236	194	200
	II	88	91	95	48	72	49
	III	42	29	23	16	34	51
XII	I	194	196	190	217	166	253
	II	82	88	92	70	84	43
	III	34	26	28	23	60	14

ORDRE DE CHOIX DES PREDICTEURS.

Nous donnons ici, pour chaque station et pour chaque mois, l'ordre dans lequel l'analyse a choisi les prédicteurs retenus, ordre qui est fonction de leur importance quant à la séparation des différents groupes de précipitations.

Légende: 6-14 = valeur du géopotential 500 mb. au point  
6 - valeur du géopotential 500 mb. au point  
14, exprimée en dam.

6 = valeur du géopotential 500 mb au point 6 (dam)

C6 = cyclonalité au point 6.

TABLEAUX 2a à 2f.

STATION	MOIS	ORDRE DE CHOIX DES PREDICTEURS				
		1	2	3	4	5
GENEVE	I	6-14	9-14	14-15		
	II	2	6-14	13-14		
	III	6-14	C11	10-13	5	
	IV	6	10-11	7-13		
	V	6	C10			
	VI	10-13	4-8	13	2-3	
	VII	C6	C10	11-15	3-6	
	VIII	C6	10-11	10-15		
	IX	6	C10	13		
	X	6	C6	7-15		
	XI	6-11	7	9-13		
	XII	6-14	11-15	3-9		
PAYERNE	I	6-14	7-13	7-11		
	II	6-14	13-14	8-12		
	III	6-14	9-14	10-13	7-11	
	IV	10-13	6-11	7-15	2	5-6
	V	6	C6			
	VI	6	10-11	5-15	9-13	
	VII	C6	10-13	11-15		
	VIII	C6	10-11	7		
	IX	6	C6	6-9	11-16	
	X	6	9	3-4	11-15	12-16
	XI	6-14	1-2	6-7		
	XII	6-14	3-9	11-15	7-15	13-14

STATION	MOIS	ORDRE DE CHOIX DES PREDICTEURS				
		1	2	3	4	5
SION	I	6-14	3-9	8-12	4-10	
	II	6-10	7-13	10-14		
	III	6-14	3-9	7-11	8-12	
	IV	6-14	C10	2-5	11-15	
	V	6	5-15			
	VI	6	10-12	13-14		
	VII	C6	C10			
	VIII	C6	10-14			
	IX	C6	3-8	C10		
	X	6-9	10-15	2-5		
	XI	2-12	11-14			
	XII	6-14	3-9	9		
ZURICH	I	6-10	7-13	7-11	3-4	
	II	6-10	7-13	3-8		
	III	6-14	3-9	C11	11-16	
	IV	10-13	11-15	2-5		
	V	1-2	6	11-14	13	
	VI	10-13	1-2	6-16	11-14	3-9
	VII	C6	7-13	3-7	10-14	
	VIII	4-7	11-16	C6	6-14	
	IX	6-9	10-14	6-8	14-16	
	X	6-9	11-15	1-5	C10	
	XI	6-14	1-2	13-14	4-8	7-13
	XII	7-13	6-10	8-11	12-16	14-15
GUTSCH	I	7-12	4-10	C6	11-14	
	II	7-13	11-12	6-10	1-5	1-9
	III	7-13	5	3-4	13-14	6-10
	IV	6	13	8-14		
	V	5-6	11-12	7-13	2-5	
	VI	10-13	6	1-2		
	VII	1-6	7-8	10-13	11-16	2-4
	VIII	C6	9-10	11	3-4	10-14
	IX	C6	7-8	11-14	9-10	3
	X	10-13	6-16	5-9		
	XI	10-13	7-8	5-6	11	
	XII	7-13	13-15	5	6-14	C7
MAGADINO	I	6-16	8-14	2-6		
	II	6-8	14-15	12-16		
	III	10-12	10-14	3-7		
	IV	10-12	12-15	13-14		
	V	10-12	C10	6-16	10-11	
	VI	10-12	C6			
	VII	C10	6-11	12-15		
	VIII	C6	10-11	6-10		
	IX	10-12	C6	10-13	12-15	
	X	10-15	C7	10-13	1-9	2-3
	XI	10-12	3-6			
	XII	10-15	C6	13-14		



Remarques:

- sur un total de 254 prédicteurs retenus par l'analyse, on trouve 194 gradients, 30 cyclonalités et 30 valeurs du géopotentiel; ce résultat montre bien que, par rapport au niveau 500 mb., les précipitations dépendent essentiellement de la force et de la direction des vents, alors que les vitesses verticales - exprimées ici par les cyclonalités - et les niveaux de la surface-pression sont nettement moins représentatifs.
- on sait, par ailleurs, que les prévisions numériques auxquelles cette méthode est appliquée prévoient mieux les gradients que les valeurs absolues du géopotentiel: il est donc fort intéressant pour nous de constater que ces derniers ne représentent que le 12% du total des prédicteurs retenus.

CHOIX DU PREMIER PREDICTEUR.

Nous avons relevé ici, pour chaque station et pour chaque mois, le premier prédicteur retenu - qui est en fait celui qui exprime la plus grande part de la variabilité du phénomène étudié.

<u>MOIS</u>	<u>GENEVE</u>	<u>PAYERNE</u>	<u>SION</u>	<u>ZURICH</u>	<u>GUTSCH</u>	<u>MAGADINO</u>
I	6-14	6-14	6-14	6-10	7-12	6-16
II	2	6-14	6-10	6-10	7-13	6-8
III	6-14	6-14	6-14	6-14	7-13	10-12
IV	6	10-13	6-14	10-13	6	10-12
V	6	6	6	1-2	5-6	10-12
VI	10-13	6	6	10-13	10-13	10-12
VII	C6	C6	C6	C6	1-6	C10
VIII	C6	C6	C6	4-7	C6	C6
IX	6	6	C6	6-9	C6	10-12
X	6	6	6-9	6-9	10-13	10-15
XI	6-11	6-14	2-12	6-14	10-13	10-12
XII	6-14	6-14	6-14	7-13	7-13	10-15

On constate que le premier prédicteur retenu est très souvent le même pour les trois stations de Suisse Romande. En revanche, ce n'est pas le cas pour Zurich, Le Gutsch et Magadino qui sont situés dans des régions assez différentes du point de vue climatique.

On remarquera d'autre part, pour les trois stations romandes, la prépondérance absolue de la cyclonalité au point 6 durant

les mois d'été (mesure de l'instabilité ?) et des gradients (mesure du vent) durant les mois d'hiver. Cette distinction s'observe également dans l'est et le sud de la Suisse, mais un peu moins nettement.

Il est également intéressant de situer géographiquement les gradients choisis en priorité et leur fréquence de choix (notée par le nombre de segments de droite reliant les points correspondants). Ce mode de représentation (figures 1 à 6) appelle les commentaires suivants:

Pour les stations de Suisse Romande, on remarque immédiatement l'importance du gradient Nord-Sud sur la pluviosité: le signe négatif dont ces gradients sont pourvus dans la fonction discriminante (voir exemple plus loin) confirme bien que, dans cette région du pays, les pluies se produisent par vents d'ouest - ou, plus exactement, du secteur SW-NW - et que l'effet de barrage provoqué par les Alpes n'y est guère sensible.

A Zurich, exception faite de ce bizarre gradient 1-2 qui apparaît au mois de mai, la répartition est moins systématique et l'influence des vents du NW sur la pluviosité se marque à égalité avec celle des vents d'ouest, confirmant ainsi la plus grande importance des situations de barrage sur l'est du Plateau Suisse.

Il est curieux de constater qu'au Gutsch, un gradient 5-6, étrangement proche de 1-2 apparaît également au mois de mai (coïncidence ?). Ceci dit, l'influence des vents du NW sur les précipitations de cette région est flagrante.

Enfin, en schématisant quelque peu, on pourrait affirmer que la figure 6 montre à l'évidence que, en ce qui concerne les pluies, le climat du Tessin peut se résumer à deux situations: le barrage du sud et le foehn du nord...

#### FONCTION DISCRIMINANTE.

Le programme d'analyse a donc déterminé 72 fonctions discriminantes (12 mois x 6 stations) permettant de calculer la probabilité d'apparition des trois classes de précipitations en fonction des données prises au niveau 500 mb.

En voici un exemple:

Station: Payerne.

Date: 15 mars 1978.

Prédicteurs retenus par l'analyse:

(6-14)      (9-14)      (10-13)      (7-11)

Valeurs des prédicteurs (dam):

-26      -02      -18      -10

Moyenne calculée sur l'échantillon de développement:

-10.70323    -3.13548    -6.79032    -4.50323

Coefficients:

-0.03423    -0.01698    -0.06385    -0.07376

Fonction discriminante:

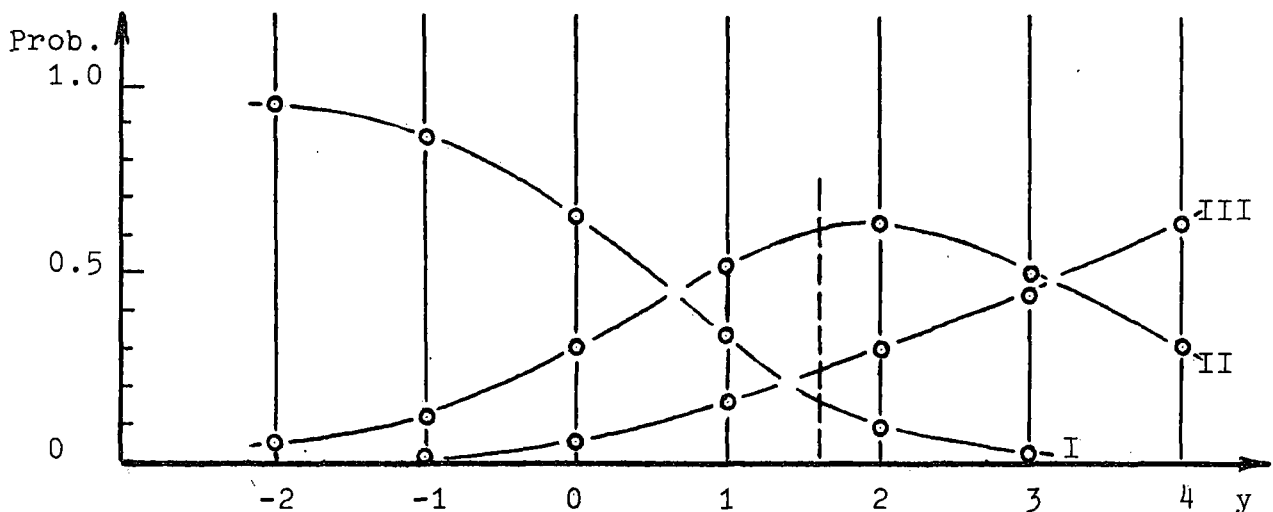
$$y = -0.03423(-26 + 10.70323) - 0.01698(-02 + 3.13548) - 0.06385(-18 + 6.79032) - 0.07376(-10 + 4.50323) = \underline{1.62551}$$

Or (voir rapport de travail No 44) les valeurs d'y pour chaque groupe se répartissent selon une distribution gaussienne. D'autre part, le programme utilisé standardise cette répartition autour des moyennes  $\bar{y}$  de chaque groupe. Dès lors, la probabilité  $P_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) qu'a un individu y d'appartenir au groupe I, II ou III se calcule immédiatement en fonction de la distance

$$D = |y - \bar{y}_i|$$

( $i = 1, 2, 3$ ) et de la population  $p_1, p_2, p_3$  de chaque groupe.

Dans cet exemple, les courbes de probabilité d'apparition des trois groupes en fonction d' y se présentent ainsi pour Payerne en mars:



$y = 1.62551$  correspond donc aux probabilités:

prob (y / norain)	= 0.18
prob (y / 1 à 9 mm.)	= 0.59
prob (y / 10 mm. et plus)	= 0.23

Or, durant la période de 24 heures considérée, soit du 14 mars à 18h00 au 15 mars à 18h00, on a enregistré 4 mm. de pluie à Payerne.

#### CONCLUSION.

Compte tenu des cartes en prévision actuellement disponibles, nous considérons l'étude du prédictande "précipitations" comme terminée, mais il est évident que lorsque d'autres prédicteurs seront fournis de manière satisfaisante (humidité ?) il sera possible - pour autant qu'un échantillon de développement puisse être constitué - de les introduire dans une nouvelle analyse.

GROUPE "PREVISIONS OBJECTIVES"  
DE GENEVE-COINTRIN.

JD. ALTHERR	M. DUPANLOUP
Y. GANTER	E. JUNET

Septembre 1978.

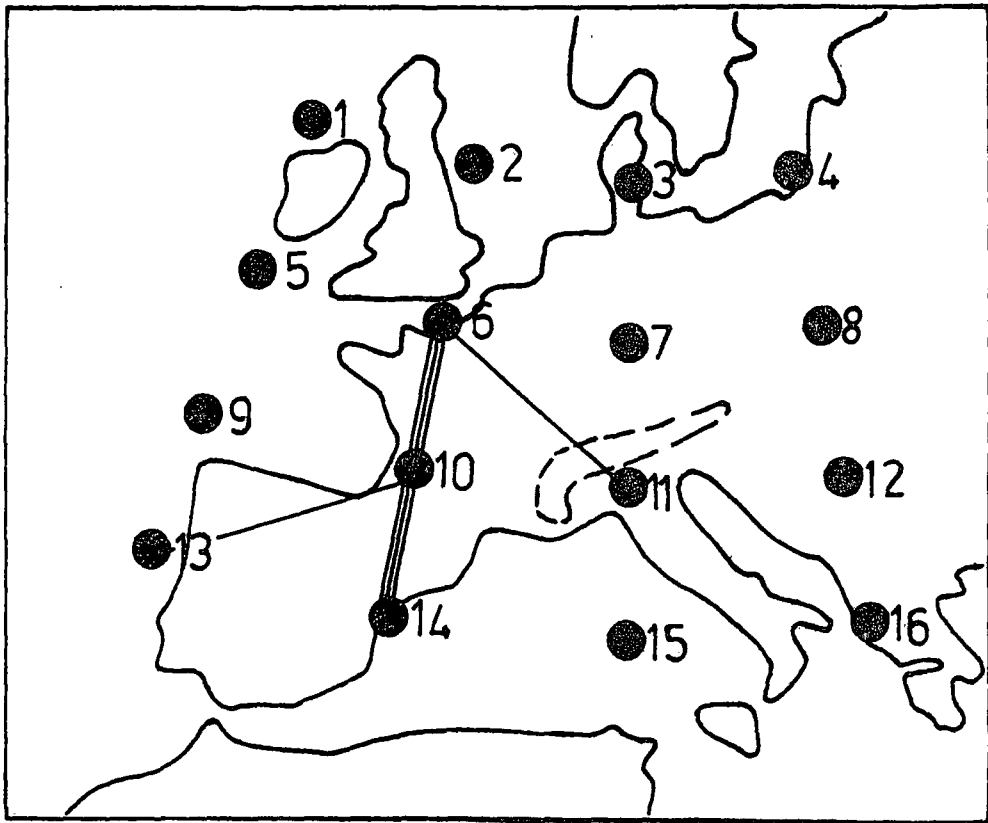


Fig.1: GENEVE.

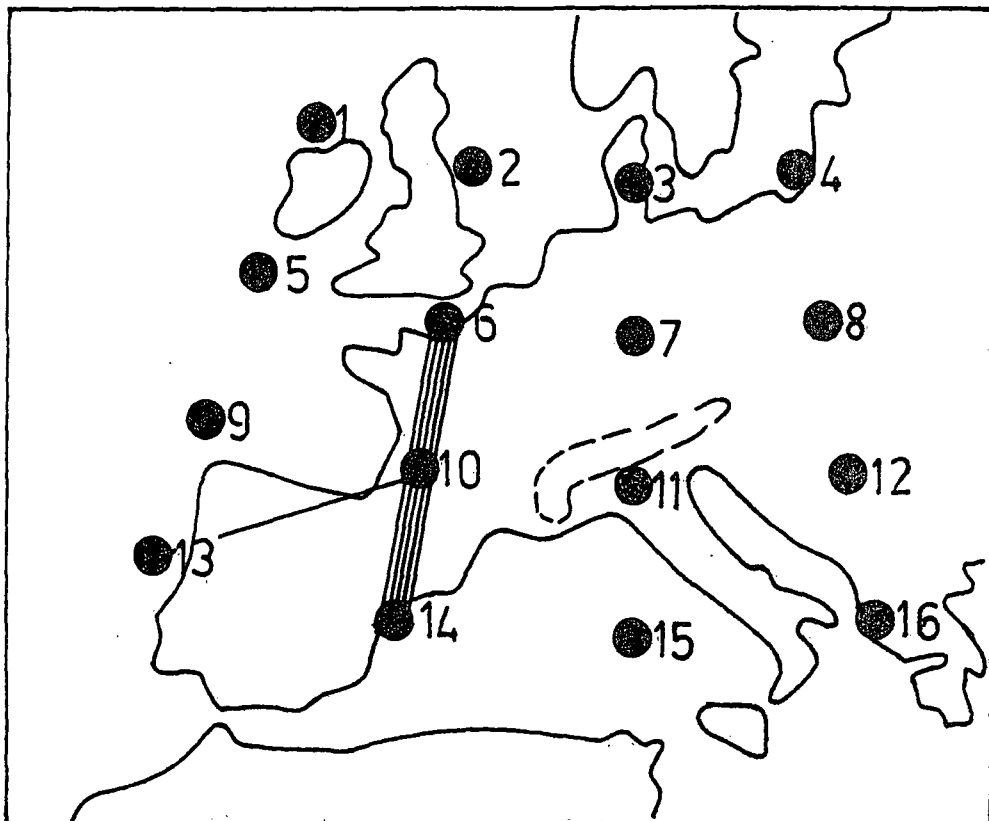


Fig.2: PAYERNE.

GRADIENTS CHOISIS EN PRIORITE (voir texte page 8)

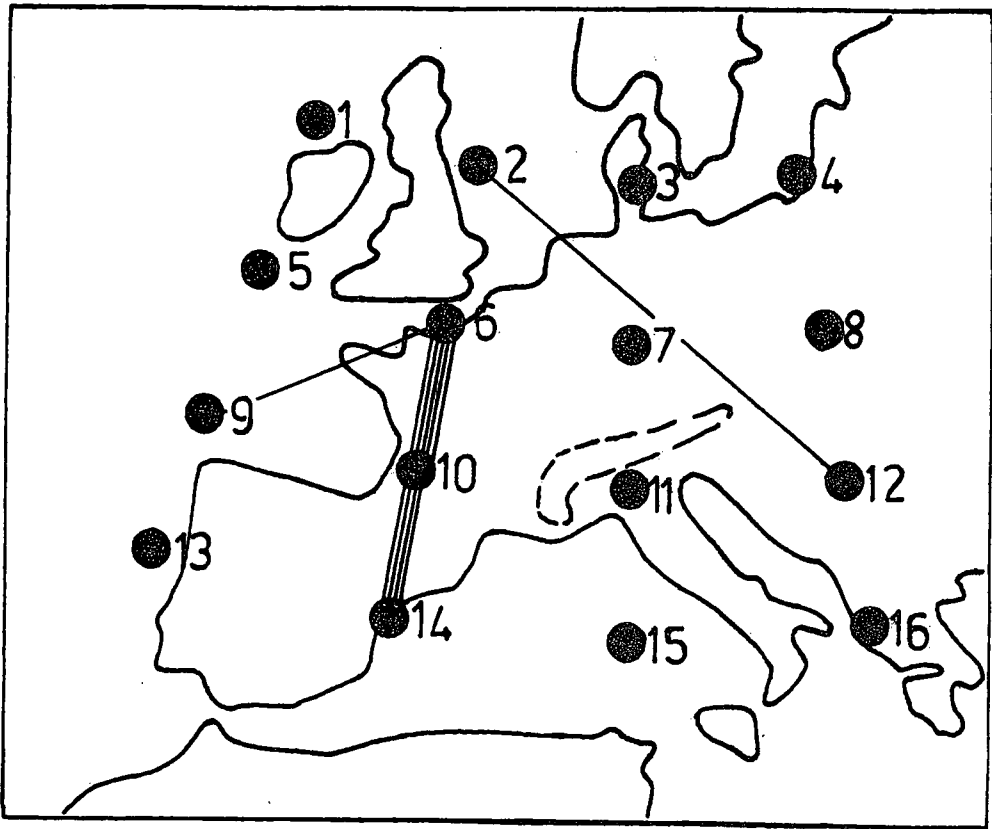


Fig.3: SION.

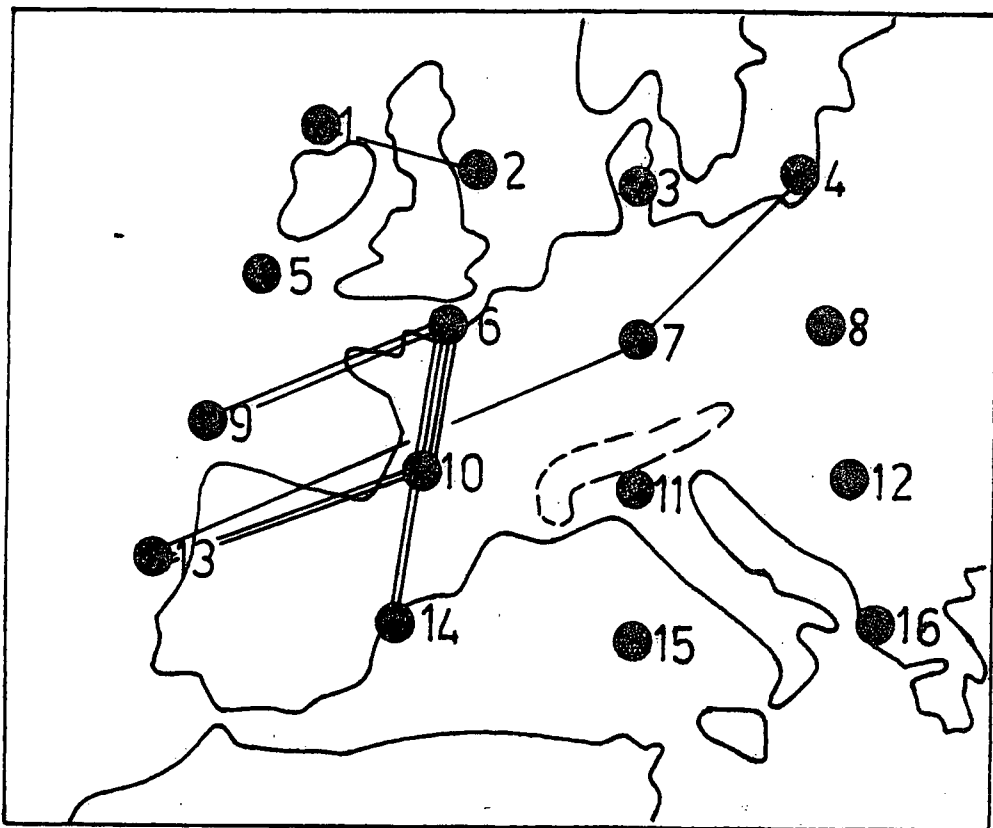


Fig.4: ZURICH.

GRADIENTS CHOISIS EN PRIORITE (voir texte page 8)

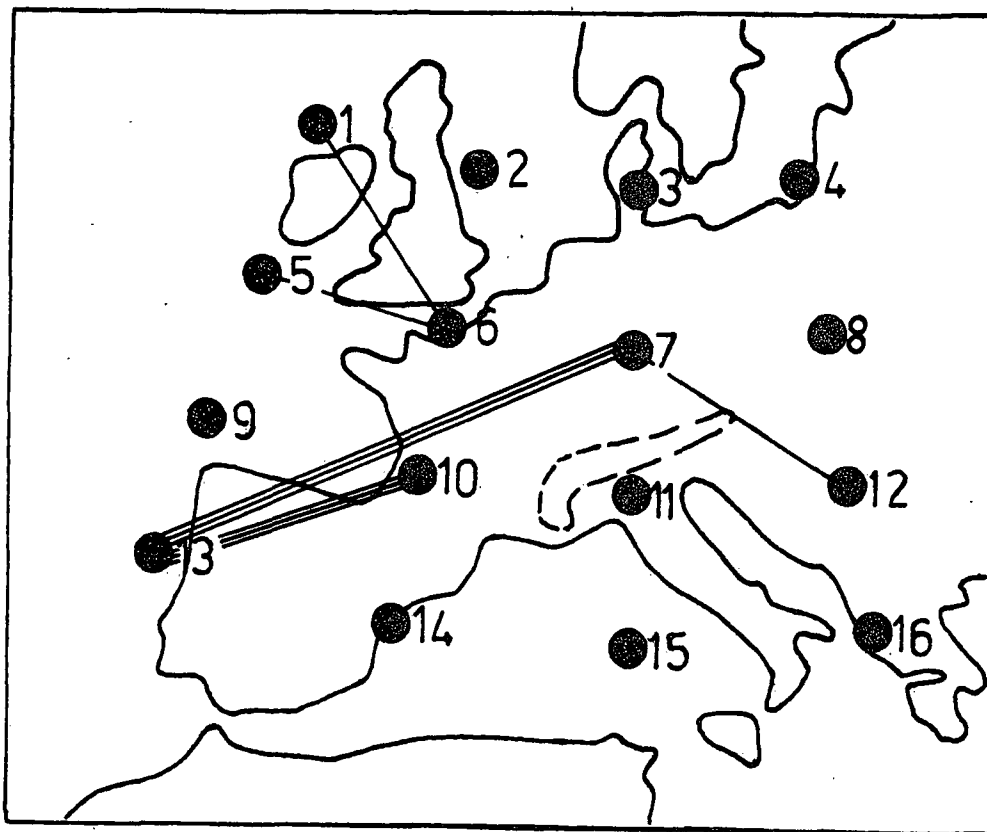


Fig. 5: GUTSCH.

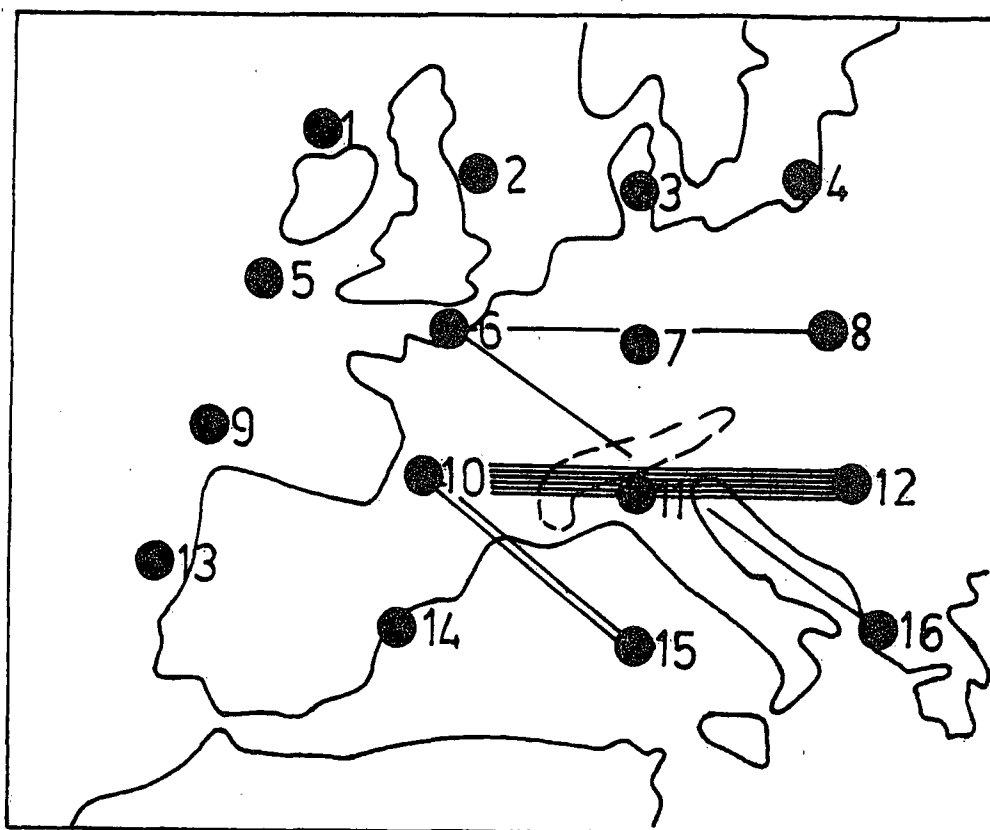


Fig. 6: MAGADINO.

GRADIENTS CHOISIS EN PRIORITE (voir texte page 8)

