

# Prévision de la température maximale sous abri en station de montagne en vue de la détermination des débits de fonte: application aux bassins de Zmutt et du Gorner

Autor(en): **Bellocq, André**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **102 (1976)**

Heft 21

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72957>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Prévision de la température maximale sous abri en station de montagne en vue de la détermination des débits de fonte

## Application aux bassins de Zmutt et du Gorner<sup>1</sup>

par ANDRÉ BELLOCQ, Lausanne

### Introduction

Les services météorologiques fournissent des renseignements et plus spécialement des prévisions à l'échelle synoptique (plusieurs centaines de kilomètres) et à l'échelle locale (aéroport, ville, région agricole, etc.).

Les prévisions sont élaborées à partir d'observations effectuées au sol (tous les 50 à 100 km dans les meilleurs des cas et toutes les 3 heures), de mesures obtenues par radiosondage (mesures en altitude toutes les 12 heures — toutes les demi-heures pour le vent — et jusqu'à 30 km d'altitude, mais avec un réseau dont la maille est, au mieux, 500 km) et de photos de satellites (1 ou 2 passages par jour) qui viennent heureusement compléter l'information sur les océans et les régions peu peuplées.

L'analyse primaire des données (élaboration de cartes d'isolignes) est faite par ordinateur alors que le prévisionniste intervient encore dans l'analyse, plus subtile, du « temps » proprement dit.

Les données de radiosondage sont introduites dans un modèle de prévision numérique déterministe qui fournit les champs de pression et de température prévus pour différents niveaux (en général une dizaine). C'est à partir de ces champs prévus et de sa propre analyse que le météorologiste compose sa prévision. Ce sera, par exemple, des bulletins spéciaux pour l'aéronautique, la marine, la montagne, dont on peut retrouver une synthèse dans la prévision fournie au grand public par la presse écrite, la radio ou la télévision.

### 1. La prévision de température

Nous utiliserons l'hypothèse simplificatrice de la permanence du champ d'écoulement et des trajectoires dans le temps.

En fait, il faudrait considérer un faisceau de trajectoires (rien ne peut mieux illustrer cela dans sa complexité que les volutes d'une fumée de cigarette).

Nous considérerons également que le maximum de température de la journée se produit vers 14 h., ce qui est le cas le plus fréquent.

Les dernières données utilisées seront celles de 0 h. Du fait de la proximité de l'échéance, l'erreur d'hypothèse reste acceptable.

### 2. L'évolution des masses d'air

Deux problèmes importants s'opposent à la description déterministe de l'évolution des masses d'air :

- le franchissement des montagnes et les ondes qui en résultent ;
- les transferts d'énergie entre le sol et l'atmosphère. Il semble très difficile, voire impossible, de prendre en compte, par exemple, le réchauffement à la base d'une masse d'air au cours de son déplacement et d'en déduire l'évolution du profil vertical.

<sup>1</sup> Recherche conduite avec le concours de la société Grande-Dixence S.A.

<sup>2</sup> TU = Temps universel.

Rappelons qu'il n'est actuellement de prévision sérieuse qu'à courte échéance, c'est-à-dire jusqu'à 48, voire 72 heures.

On voit que, objective au départ, la prévision devient subjective de par l'intervention obligatoire du prévisionniste qui, au travers de son expérience, traduit en termes de « temps » les modifications des champs caractérisant la dynamique de l'atmosphère.

La prévision à l'échelle locale fait encore davantage appel à l'expérience du météorologiste.

Aussi les vastes régions montagneuses ne bénéficient-elles pas de ces prévisions, à cause de leur faible peuplement et de la complexité des phénomènes météorologiques qui s'y déroulent.

Mais, en plus des stations d'hiver, de grandes sociétés d'exploitation d'énergie hydro-électrique sont intéressées par la prévision de paramètres tels que la température maximale journalière qui est directement liée au débit de fonte des glaciers.

Nous nous sommes attachés à objectiver d'une façon aussi simple que possible la prévision de la température maximale en un point : la station de Stafel (2359 m) située au pied du Cervin dans un cirque montagneux dont l'altitude des « murs » varie entre 3000 et 3500 m. L'air doit partout franchir ce mur, sauf dans la vallée de Zermatt. Cette vallée est très étroite et son influence est sans doute négligeable quant à la circulation atmosphérique (mais cela doit être vérifié) à grande échelle. C'est pour ce site que la société « Grande-Dixence » nous a demandé de lui fournir un modèle de prévision de température maximale journalière à la station de Stafel. Nous nous sommes fixés de fournir à 0700 TU<sup>2</sup> la prévision du maximum de la journée.

A ces deux problèmes vient se superposer celui de l'évolution des nuages, de la nébulosité, des précipitations, etc.

### 3. Le choix du modèle

La prévision à échelle locale, lorsqu'elle est objectivée, est souvent statistique ou empirique.

Actuellement, la mode est à l'analyse spectrale ou aux processus stochastiques. Mais ces méthodes « ignorent » un aspect important, sinon capital, de la prévision météorologique : le changement de régime.

En effet, le passage d'une masse d'air chaud à une masse d'air froid peut être brutal (moins d'une demi-heure) et il est souvent essentiel d'en tenir compte.

Par ailleurs, un modèle déterministe nous semble impuissant devant la complexité des phénomènes et seule la statistique parvient à enfouir cette complexité dans sa « boîte noire » et à livrer une information valable.

Compte tenu de ces remarques, notre modèle présente deux aspects :

- déterministe : nous utilisons l'analyse météorologique objective et nous effectuons une prévision sur certains paramètres ;
- statistique : ces paramètres, prévus, et d'autres, passés, vont entrer dans une régression linéaire multiple.

Contrairement aux modèles purement statistiques et stochastiques reliés uniquement au passé et/ou générés de façon aléatoire, l'introduction de la prévision nous permet de tenir compte des changements de régime, de masses d'air, etc., et de l'aspect dynamique de l'atmosphère.

#### 4. Les données à disposition

- Enregistrements continus des températures à Stafel.
- Radio-sondages de Payerne (pression, température, humidité, vent, à 0000 et 1200 TU).
- Bulletin de l'Institut suisse de météorologie (carte au sol et à 500 mb à 0000 TU).
- Bulletin de la Météorologie française (cartes au sol à 0600 et 1800 TU, carte hémisphérique d'isobares à 0000 TU, carte 500 mb à 0000 TU, cartes de tendances, cartes des maxima et minima de température et de précipitations sur l'Europe occidentale).

#### Qualité des données

Nous pensons que les températures à Stafel sont données avec une précision meilleure que  $\pm 0,3^\circ\text{C}$ . Toutes les autres données sont celles des réseaux synoptiques pour lesquels il ne faut pas espérer une précision meilleure que  $1^\circ\text{C}$  pour la température ; 1 mb pour la pression ; 10 à 20 m pour l'altitude de la surface 500 mb ; 10 % pour l'humidité ;  $5\text{ kt}^1$  pour la vitesse du vent.

On conçoit aisément qu'il ne faut pas espérer prévoir la température de façon plus précise qu'à  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

#### 5. Les variables retenues a priori

Ces variables sont de deux types (cf. Annexe 1) :

##### 5.1 Les variables du passé proche

5.1.1 Le radiosondage de Payerne dont nous avons retenu :

- température, humidité, vitesse du vent au sol, à 1 km, 2, 3, 4, 5 km (à 0000 TU) ;
- différence de température entre le jour à 0000 TU et la veille à 1200 TU, au sol, 1 km, 2, 3, 4, 5 km.

5.1.2 Les données provenant des bulletins météorologiques :

- pour des raisons d'exploitation ultérieure, nous n'avons pas pu retenir les données à 1800 et 0600 TU du bulletin français.

Nous gardons à 0000 TU :

- pression au sol (rapportée au niveau de la mer) pour la région (imprécision des petites cartes) de la station ;
- tendance (variation de pression en 3 heures) : mêmes circonstances que pour la pression au sol ;
- géopotential à la station à 500 mb (altitude de la surface 500 mb) ;
- température maximale à Sion, la veille ;
- température minimale à Sion, le jour (la température est minimale en général au lever du soleil, donc avant 7 heures du matin, heure de l'élaboration de la prévision).

5.1.3 Les données de la station Stafel :

- température maximale du jour (variable à déterminer) ;
- température maximale du jour précédent ;
- température minimale du jour.

##### 5.2 Les variables prévues

5.2.1 Hauteur zénithale du soleil (c'est évidemment une prévision sûre).

<sup>1</sup> kt = nœud (1 kt = 1 mille nautique par heure = 1852 m/heure).

5.2.2 Température à 500 mb prévue pour 1400 TU à la station. Nos hypothèses de prévision de ce paramètre sont très restrictives et nous verrons ultérieurement comment nous espérons tourner ces difficultés en utilisant la prévision numérique.

Le principe est simple (fig. 1) :

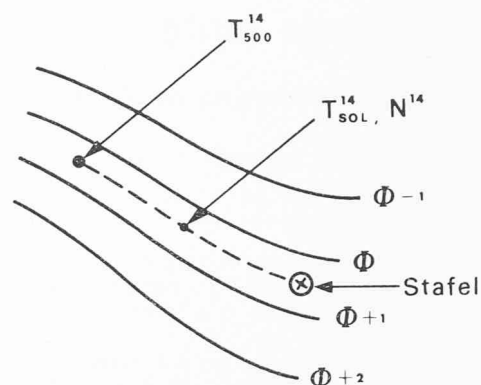


Fig. 1.

Nous « remontons » les isohypses de la surface 500 mb à 0000 TU durant 14 heures en fonction du vent moyen.

Le tableau et l'abaque (transparent si possible) suivants permettent d'effectuer rapidement ce travail (fig. 2) :

Vitesse du vent en nœuds	Distance en km	Vitesse du vent en nœuds	Distance en km
5	130	35	910
10	259	40	1036
15	390	45	1165
20	518	50	1300
25	650	55	1425
30	780	60	1550

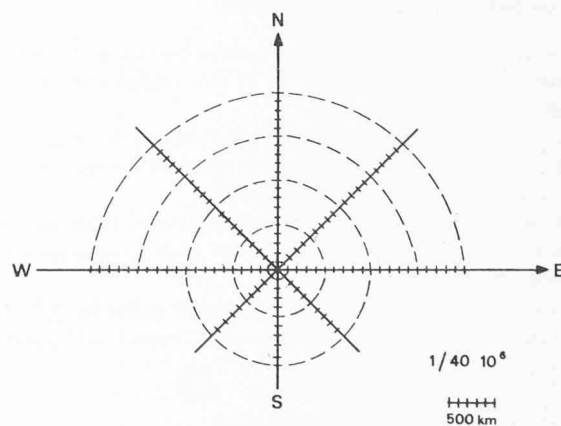


Fig. 2. — Schéma d'un transparent conforme à une carte en projection stéréographique au  $1/40.10^6$ . Après avoir déterminé la vitesse moyenne, on reporte la distance correspondante dans la direction appropriée et on localise la masse d'air qui arrivera à 500 mb à la station 14 heures plus tard.

Compte tenu de l'hypothèse retenue en 2, nous trouvons ainsi la température prévue à 500 mb à la station à 1400 TU.

5.2.3 Température au sol et nébulosité : là encore, nous appliquons une règle simple, c'est celle du déplacement des fronts des perturbations météorologiques

$T_{sol}^{14}$  et  $N_{14}$  se situent à mi-chemin de  $T_{500}^{14}$  et de la station

Certes  $T_{\text{sol}}^{14}$  est « une température de surface prévue » plutôt valable pour la plaine mais non sans liaison avec celle de la station de montagne.

## 6. Le modèle

### 6.1 Les données

La collecte représente un gros travail particulièrement fastidieux. La vérification de ces données ne l'est pas moins, non plus que la perforation et la vérification des cartes pour l'ordinateur.

Nous avons retenu les mois de juin, juillet, août et septembre de 1973 et 1974, soit pour les 36 variables retenues initialement, 244 valeurs.

### 6.2 Le modèle proprement dit

Il s'agit d'effectuer une régression multiple linéaire du type :

$$Z = [A_i] \cdot [X_i] + C$$

où  $Z$  est la température à prévoir

$A_i$  sont les coefficients de régression

$X_i$  les variables explicatives

$C$  la constante

Compte tenu de la quantité de données, le programme est assez lourd et requiert 120 000 places octales en mémoire centrale de l'ordinateur CDC 6500 (Cyber 7326).

Nous ne décrivons pas le programme (que nous pouvons fournir aux personnes intéressées) mais seulement quelques-unes de ses particularités (cf. Annexe 2).

6.2.1 Test de Student. Pour chacune des variables, nous calculons la valeur de

$$t_{(j)} = \frac{R_{1j\dots}}{\sqrt{1 - R_{1j\dots}^2}} \cdot \sqrt{N - p - 2}$$

où  $N$  est le nombre de variantes,  $p$  le nombre de variables,  $R_{1j\dots}$  le coefficient de corrélation partielle correspondant à la variable  $j$  et défini comme :

$$R_{1j\dots} = - \frac{\Delta_{1j}}{\sqrt{\Delta_{11} \times \Delta_{jj}}}$$

où  $\Delta_{ab}$  est le mineur du déterminant de la matrice des coefficients de corrélation simple pour le rang  $a$  et la colonne  $b$ .

Pour que la variable  $j$  soit conservée,  $t_{(j)}$  doit être plus grand qu'une certaine valeur (ici 2 pour que la variable soit significative à 95 %).

Lorsque le test est effectué pour toutes les variables, l'ordinateur recommence le calcul de la régression avec les variables retenues et ainsi de suite jusqu'à ce que plus aucune variable ne soit rejetée.

6.2.2 Possibilité de choix arbitraire des variables. Une fois que l'ensemble des variables a été introduit, une seule instruction permet le choix des variables sur lesquelles on désire travailler. Ce choix (mais cela est sans intérêt ici) peut même porter sur la variable à expliquer.

6.2.3 Correction du biais sur le coefficient de corrélation multiple. Si  $R_{1,p}$  est le coefficient de corrélation multiple calculé à partir de l'échantillon de  $p$  variables et de taille  $N$ , le coefficient corrigé sera :

$$R_{1,p} = \sqrt{\frac{(N-1) R_{1,p}^2 + 1 - p}{N-p}}$$

## 7. Résultats : Maxima à Stafel

En définitive, le programme tel que nous l'avons conçu ne conserve que 10 variables explicatives dont toutes les variables de prévision.

### 7.1 Coefficient de corrélation multiple (corrige du biais)

$$R = 0,952$$

Bien que la taille de notre échantillon (244) nous rassure a priori, nous avons appliqué le test de Fisher-Snedecor, afin de déterminer si le coefficient de corrélation de la population est significativement différent de zéro. Plus précisément, nous regardons si la variance résiduelle provenant de la régression linéaire est significativement inférieure à la variance marginale.

En fait, nous consultons une table de Snedecor pour voir si  $F$ ,

$$F = \frac{N-p}{p-1} \cdot \frac{R_{1,p}^2}{1-R_{1,p}^2}, \text{ où } N \text{ est la taille de l'échantillon et } p \text{ le nombre de variables}$$

pour  $v_1 = p-1$  et  $v_2 = N-p$  (degrés de liberté) et pour une probabilité donnée (1 %), est supérieur à la valeur de la table (ici 2,66).

Nous constatons que nous avons 99 % de chances que notre coefficient soit significativement différent de zéro puisque :

$$F = \frac{244-11}{11-1} \cdot \frac{0,952^2}{1-0,952^2} = 215,67$$

### 7.2 Coefficients de corrélation partielle

Le test  $F$  n'est en fait qu'un autre aspect du test de Student, puisque  $F = t^2$ . A une tolérance près, les résultats sont donc les mêmes.

Nous procédons en calculant  $F = t^2$  et en prenant  $v_1$  et  $v_2 = N-p = 233$  et pour une probabilité donnée, cherchons la valeur limite inférieure de  $F$  dans une table de Snedecor. Ici environ 6,85.

#### Variables retenues

	$R_{\text{partiel}}$	$F = t^2$
Min Stafel	0,34	31,4
Hauteur du soleil	0,47	67,25
$T_{500}^{14}$	0,55	98,78
Min Sion	-0,36	34,56
Max Stafel $J-1$	0,18	7,52
$\Phi_{500}^{0000}$ (altitude du niveau de pression 500 mb)	0,28	20,0
$N_{\text{sol}}^{14}$	-0,31	24,1
$T_{\text{sol}}^{14}$	0,29	21,32
$U_5^{0000}$	-0,23	12,85
$\Delta T_5$	0,30	22,75

Remarque : la correction de biais sur les coefficients de corrélation partielle est, ici, négligeable.

### 7.3 La régression

On peut écrire :

$$Z = \sum_{i=1}^{10} A_i \cdot X_i + c$$

ou plus précisément :

$$Z = T_{\text{prévue}} = 0,378 \text{ Min Staf} + 0,1017 H_{\text{soleil}} + 4,7315 T_{500}^{14} - 2,6365 \text{ Min Sion} + 0,1227 \text{ Max Staf}_{j-1} + 1,1444 \Phi_{500}^{0000}$$

$$- 1,8741 N_{\text{sol}}^{14} + 2,0405 T_{\text{sol}}^{14} - 0,1361 U_5^{0000} + 0,2244 T_5$$

$$- 540,0361$$

avec Min Staf en 1/10 °C  $T_{\text{sol}}^{14}$  en °C

$H_{\text{soleil}}$  en 1/10 degré  $U_5^{0000}$  en %

$T_{500}^{14}$  en °C  $\Delta T_5^{0000}$  en 1/10 °C

Min Sion en °C

Max Staf<sub>j-1</sub> en 1/10 °C  $T_{\text{prévue}}$  en 1/10 °C

$\Phi_{500}^{0000}$  en dmgp (1 dmgp peut « s'assimiler » à 10 m)

$N_{500}^{14}$  en octas (8 octas représentent la totalité de la voûte céleste)

#### 7.4 Ecart-type — gain

7.4.1 L'écart type marginal du maximum de température mesurée est 4,87 °C. L'écart type résiduel corrigé du biais est

$$S_{1,p} = 1,45 \sqrt{\frac{N}{N-p}} = 1,45 \sqrt{\frac{244}{233}} = 1,48 \text{ °C}$$

Il peut sembler élevé mais il ne faut pas perdre de vue que les observations possèdent déjà en elles des erreurs du même ordre. L'intervalle de confiance, à 95 % vaut deux fois l'écart type (1,96 fois) ce qui veut dire que nous avons 95 % de chances de prévoir la température à moins de  $\pm 2,9$  °C près.

Nous verrons que l'écart type obtenu lors de la vérification est beaucoup moins élevé.

7.4.2 Gain = 
$$\frac{\text{écart type marginal} - \text{écart type résiduel}}{\text{écart type marginal}}$$

$$= \frac{4,87 - 1,48}{4,87} = 0,696$$

Cela représente une amélioration.

#### 7.5 Remarques

Il est intéressant, toutes choses restant égales par ailleurs (situation géographique, altitude, saison, etc.), d'examiner le choix opéré parmi les variables.

Notons tout d'abord que les variables de prévision sont gardées intégralement, y compris bien sûr la hauteur du soleil qui est une manière d'introduire, sur le plan local, l'énergie dispensée par le soleil.

C'est  $T_{500}^{14}$  qui s'avère la meilleure variable explicative ; cela ne nous étonne guère, puisque notre station est à 2400 m. Nous n'avons pas, faute de temps, testé notre modèle avec les températures prévues à différents niveaux par le modèle numérique. Ce travail sera réalisé dans les mois à venir.

La hauteur du soleil arrive en seconde position. C'est une valeur sûre quant à sa prédictibilité.

Quant aux variables du passé, notons qu'aucun des vents ni des températures du Payerne n'ont été retenus. Seules l'humidité à 5 km et l'advection thermique à 5 km apportent de l'information. On peut y voir les nuages et la tendance de la température en altitude. Au sol, le minimum à Stafel est conservé ; nous pouvons penser à une relation entre maximum et minimum, surtout que l'information est récente (elle ne se situe pas à 0000 TU mais entre 0400 et 0600).

Le maximum de la veille à Stafel n'est retenu que de justesse. En effet, s'il apporte de l'information en régime permanent, il en soustrait lors d'un changement de régime. Nous pourrions éventuellement envisager l'éviction de cette variable.

La pression au niveau de la mer et sa tendance n'ont pas été retenues. Une mesure de la pression à la station, sans réduction au niveau de la mer, fournirait une information plus sérieuse et on ne peut que recommander l'installation d'un barographe ou télébarographe.

## 8. La vérification

Elle porte sur les mois de juin, juillet et août 1972, soit 91 valeurs (nous n'avons pas de données pour le 28 juin et le mois de septembre).

Nous donnons ici la représentation graphique des valeurs prévues et des valeurs mesurées (cf. Annexe 3).

Le coefficient de corrélation entre valeur observée et valeur calculée peut sembler élevé :

$$R = 0,97$$

Pour l'échantillon de 91 valeurs, ce coefficient peut varier (95 %) entre 0,96 et 0,98.

Mais l'écart type est cependant de 1 °C (exactement 1,05 avec la correction de biais), ce qui représente tout de même, avec 95 % de chances, une prévision à  $\pm 2$  °C.

### 8.1 Pourcentage de variance expliquée

On peut définir cette grandeur comme

$$100 \left( 1 - \frac{\sum (T-Z)^2}{\sum (N-T)^2} \right)$$

où  $T$  est la valeur observée

$Z$  la valeur prévue

$N$  la normale observée (ici sur 8 ans).

On trouve 94,7 %, ce qui signifie que nous expliquons près de 95 % de la variance du maximum de température.

### 8.2 Les erreurs du maximum prévu

Elles se répartissent assez bien selon une loi de Gauss (cf. Annexe 4). Les ajustements graphiques et numériques sont pratiquement confondus et on peut appliquer les lois sur les intervalles de confiance.

Probabilité pour que l'erreur soit inférieure à :

68 %	$\pm \sigma = \pm 1 \text{ °C}$
80 %	$\pm 1,28 \sigma \simeq \pm 1,3 \text{ °C}$
95,45 %	$\pm 2 \sigma = \pm 2 \text{ °C}$
99 %	$\pm 2,58 \sigma \simeq \pm 2,6 \text{ °C}$
99,73 %	$\pm 3 \sigma = 3 \text{ °C}$

### 8.3 Intérêt de la « fourchette » liée à une probabilité

Une telle présentation des prévisions offre un intérêt économique incontestable. Elle permet à l'utilisateur, que ce soit un chef d'entreprise, un cultivateur, etc., de prendre des risques calculés qui seront aussi fonctions des autres paramètres de gestion.

### 8.4 Comparaisons

S'il existe des méthodes purement statistiques de prévision de la température, nous n'avons pas connaissance à ce jour d'une méthode de prévision de la température locale, si



l'on excepte les méthodes traditionnelles et empiriques du prévisionniste généraliste et celle de M. Duban de l'EDF, à Grenoble, utilisant les données des radiosondages de 0000 TU et la méthode des composantes principales et des analogues. Jusqu'à ce jour, voici ce dont dispose la « Grande-Dixence » pour la prévision du maximum de température :

Heure d'émission de la prévision	Provenance	R (corrélacion valeur prévue, valeur réelle)
0500	MZA - Cointrin	0,800
0830	EDF - DTG Grenoble	0,836
0700	notre procédé	0,972

Les corrélations ont été calculées sur les mois d'été 1972.

On peut penser que l'année 1972 nous a été favorable. Mais, même si c'est le cas, l'écart entre nos résultats et ceux cités ci-dessus permet de penser que notre procédé reste meilleur, même pour les années les plus défavorables. La preuve reste évidemment à faire et nous devons vérifier notre modèle sur d'autres années.

*Remarque :* On peut s'étonner que nous n'ayons pas évoqué l'effet de fœhn dans une région au relief aussi tourmenté.

Au début de l'étude, nous avons pensé travailler par « régimes » : régime d'ouest, de sud, etc. Deux difficultés, entre autres, se sont présentées :

- si les régimes d'ouest, de sud-ouest, de nord-ouest ne manquent pas, nous avons trop peu de valeurs sur les régimes de sud-est ou d'est-nord-est par exemple,
- l'écoulement de l'air sur ce relief tourmenté n'a pas grand-chose à voir avec les cartes à l'échelle synoptique et la mise en évidence de l'effet de fœhn s'est révélée beaucoup plus difficile qu'il n'y semblait au départ.

En fait, nous pensons qu'il existe dans la majeure partie des cas, la station de Stafel étant entourée de barrières montagneuses à l'exception de la vallée qui y conduit.

## 9. Mise en œuvre du modèle

### 9.1 Matériel et données nécessaires

- le minimum de Stafel est directement disponible de même que le maximum de la veille et le minimum de Sion
- la hauteur du soleil est tabulée
- $U_5^{0000}$  et  $\Delta T_5^{0000}$  de Payerne sont facilement disponibles par liaison téléimprimeur ou téléphone
- pour  $\Phi_{500}^{0000}$ ,  $N_{sol}^{14}$ ,  $T_{sol}^{14}$  il est indispensable de recevoir les cartes « sol » et 500 mb de 0000 sur un fac-similé.

### 9.2 Le modèle

Il peut être en permanence en ordinateur et il suffit d'introduire les données dans la régression.

## 10. Conclusion et perspectives

Ainsi qu'il est courant de le dire : ce n'est là qu'une première étape. Nous devons, en effet :

- effectuer le même travail (prévision du maximum) pour Bricola ;
- mettre au point la prévision du minimum du lendemain matin pour les deux stations.

Nous pourrions envisager la généralisation de ce travail pour un grand nombre de stations (y compris de plaine) et pour tous les mois de l'année. Nous aurions alors une prévision générale de la température.

Mais outre l'énorme travail requis, le procédé ne nous semble pas encore assez objectif.

Nous préférons utiliser les produits de la prévision numérique, qui autorise l'accès à certains paramètres (comme le tourbillon) autrement inaccessibles.

Cette importante étude est évidemment notre ambition.

La connaissance des températures futures en un lieu et leur répartition sur une région présente un intérêt économique (gestion de l'échelle nationale jusqu'à l'échelle de l'individu) qui est incontestable.

Nous ignorons si la qualité de notre procédé se confirmera dans sa généralisation ; mais nous pensons que l'on peut envisager des études de même nature pour d'autres paramètres dont les valeurs à prévoir sont inaccessibles à l'échelle synoptique.

On pourrait donc imaginer qu'à partir d'un service central disposant de gros moyens de calcul, on diffuse la prévision synoptique sous forme chiffrée vers des stations régionales qui, à l'aide d'une simple calculatrice de poche, pourraient calculer la prévision « locale » des paramètres intéressant leurs clients.

Cela constituerait un apport intéressant pour l'activité des météorologistes qui auraient sans doute envie d'effectuer d'autres études sur leur région.

## BIBLIOGRAPHIE

### Météorologie

- DADY : *Météorologie et prévision numérique* (1969) (Ecole de la météorologie, Paris).
- TRIPLET-ROCHE : *Météorologie générale* (1971) (Ecole de la météorologie, Paris).
- BOUËT : *Climat et météorologie de la Suisse romande* (1972) (Payot).
- BOUCHIÉ-BELLOCQ : *Météorologie appliquée* (1972) (Ecole de la météorologie, Paris).

### Statistique

- VIALAR : *Calcul des probabilités et statistique* (1968) (Ecole de la météorologie, Paris).
- MURRAY R. SPIEGEL : *Théorie et applications de la statistique* (Série Schaum, 1972, Mc Graw-Hill).
- TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY : *Régressions et corrélations multiples en hydrologie* (Cahiers de l'ORSTOM, Paris).
- MORLAT : *Les méthodes statistiques* (1952, Conférences EDF, Paris).

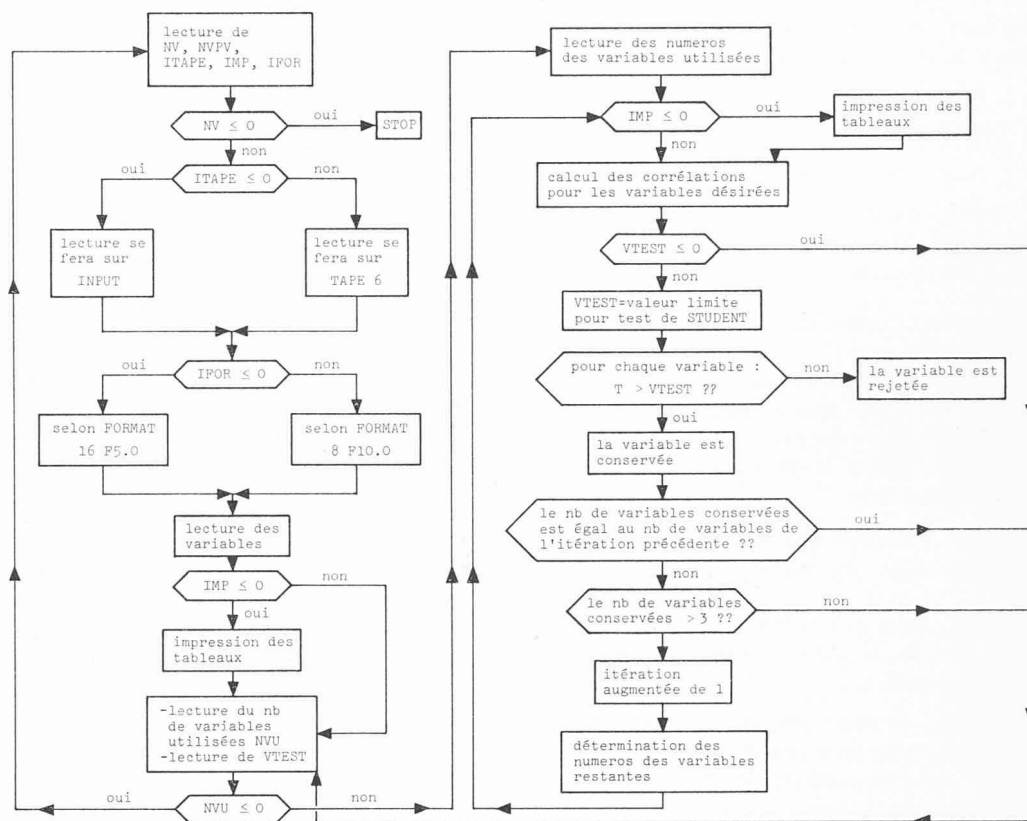
### Annexe 1 — Tableau des variables pour Stafel

- N°
1. Max Stafel ( $j$ ) — variable à expliquer. Température maximale prévue en 1/10 de °C
  2. Min Stafel ( $j$ ). Température minimale du jour de prévision en 1/10 de °C
  3. Hauteur max du soleil ( $j$ ) (variable de prévision) en 1/10 de °C
  4.  $T_{500}^{14}$  (variable de prévision). Température prévue à 14 h. à 500 mb en °C
  5. Min Sion ( $j$ ). Température minimale du jour de prévision en °C
  6. Max Stafel ( $j-1$ ). Température maximale en 1/10 de °C
  7. Max Sion ( $j-1$ ). Température maximale en °C
  8.  $P_{sol}$  (0000) pression niveau mer en mb
  9.  $\Phi_{500}^{0000}$  géopotential à 500 mb en damgéopotential
  10.  $pp_{mer}^{0000}$  variation de pression en 3 heures en 1/10 de mb

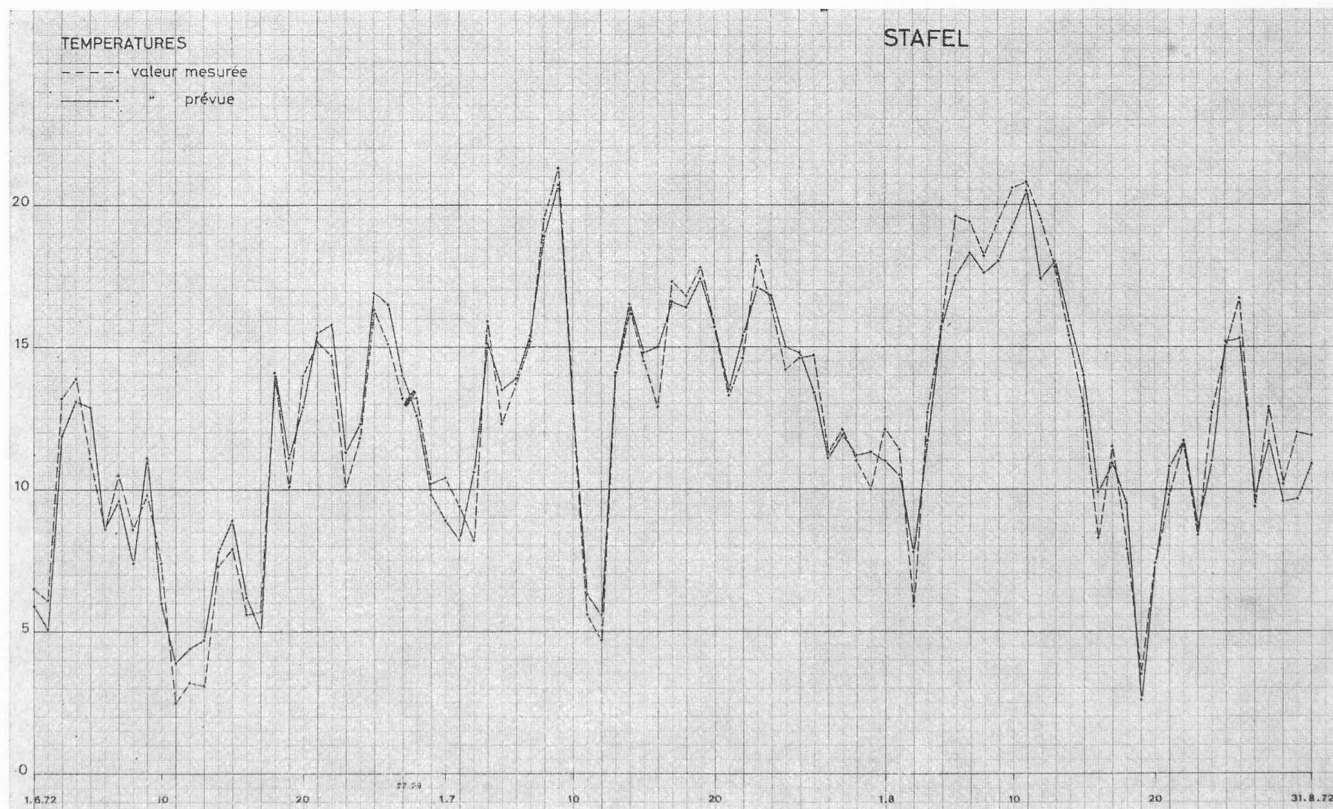
(Suite page 345)

# RÉGRESSION LINÉAIRE MULTIPLE

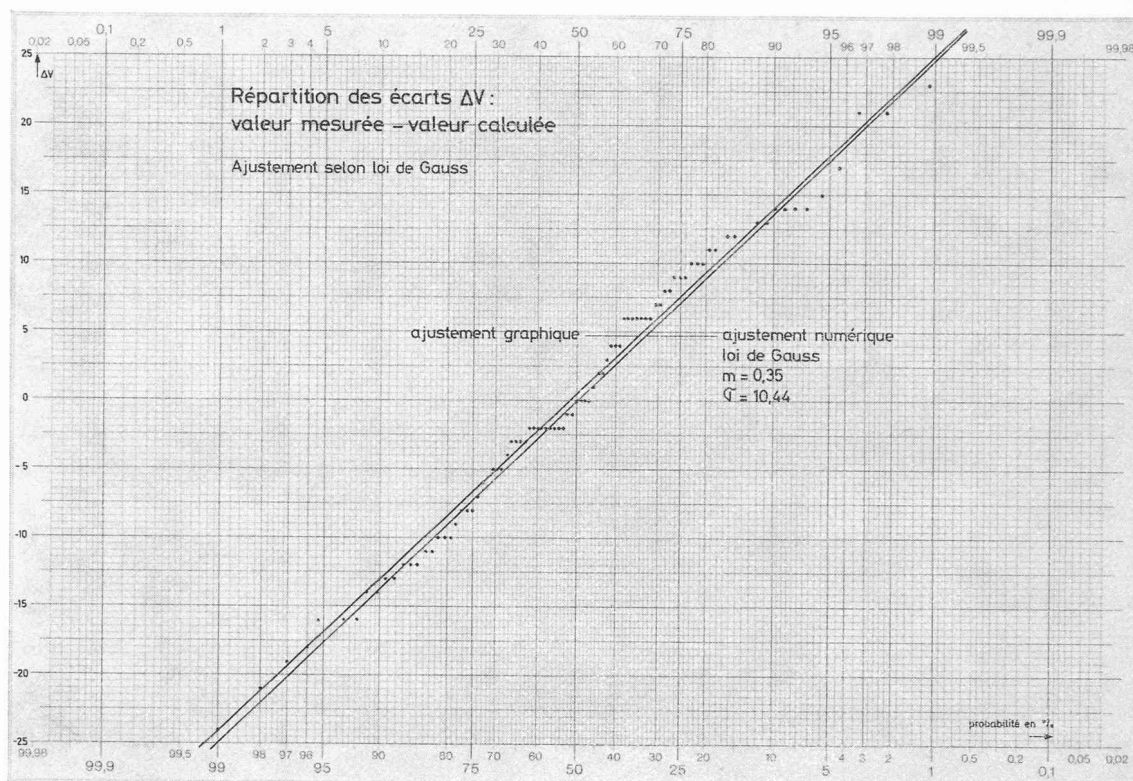
## Organigramme général



Annexe 2



Annexe 3



Annexe 4

Annexe 1 (suite)

- |  |  |
|--|--|
| 11. $N_{14}^{sol}(j)$ (variable de prévision) nébulosité en octas                                      | 27. $\Delta T_3$ différence de température à 3 km à Payerne entre 0000 et 1200 ( $j-1$ ) |
| 12. $T_{14}^{sol}(j)$ (variable de prévision) en °C  | 28. $\Delta T_2$ différence de température à 2 km à Payerne entre 0000 et 1200 ( $j-1$ ) |
| 13. $F_5$ vent à 5 km à 0000 à Payerne en kts  | 29. $\Delta T_1$ différence de température à 1 km à Payerne entre 0000 et 1200 ( $j-1$ ) |
| 14. $F_4$ » 4 »  | 30. $\Delta T_s$ différence de température au sol à Payerne entre 0000 et 1200 ( $j-1$ ) |
| 15. $F_3$ » 3 »  | 31. $T_5$ température à 5 km à Payerne à 0000 en 1/10 de °C                              |
| 16. $F_2$ » 2 »  | 32. $T_4$ » 4 »  |
| 17. $F_1$ » 1 »  | 33. $T_3$ » 3 »  |
| 18. $F_s$ » au sol »   | 34. $T_2$ » 2 »  |
| 19. $U_5$ humidité relative en % à 5 km à 0000 à Payerne   | 35. $T_1$ » 1 »  |
| 20. $U_4$ » 4 »  | 36. $T_s$ » au sol »   |
| 21. $U_3$ » 3 »  |  |
| 22. $U_2$ » 2 »  |  |
| 23. $U_1$ » 1 »  |  |
| 24. $U_s$ humidité relative en % au sol  |  |
| 25. $\Delta T_5$ différence de température à 5 km à Payerne entre 0000 et 1200 ( $j-1$ ) en 1/10 de °C |  |
| 26. $\Delta T_4$ différence de température à 4 km à Payerne entre 0000 et 1200 ( $j-1$ )               |  |

Adresse de l'auteur :

A. Bellocq  
 Ingénieur météo Institut de Génie rural EPFL  
 En Bassenges  
 1024 Ecublens-Lausanne

## Bibliographie

### Evolution prospective de la construction de logements en Suisse

par Angelini Terenzio, collaborateur scientifique à l'Institut suisse pour l'étude des relations économiques internationales, des structures et des marchés, privat-docent à l'Ecole des études économiques et sociales de Saint-Gall. Editeurs : Commission de recherche pour la construction de logements, le délégué à la construction de logements, le groupe de travail d'études prospectives sous la direction du professeur Dr F. Kneschaurek et l'Institut suisse pour l'étude des relations économiques internationales, des structures et des marchés, Saint-Gall. — Un volume de 230 pages, en vente à l'Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne, et au Centre suisse pour la rationalisation de la construction, Sumatrastrasse 15, 8006 Zurich. Prix : Fr. 28.—

Il s'agit d'une élucidation de l'évolution probable du nombre et de la production de logements en Suisse jusqu'en

l'an 2000. Un résumé de 29 pages sera publié avant le rapport principal et permettra au lecteur pressé de se faire rapidement une idée sommaire des résultats.

La première partie du rapport principal définit les notions nécessaires à la compréhension de l'enquête et esquisse la structure du travail.

La deuxième partie montre et explique l'évolution à ce jour du nombre des logements. Les tendances futures sont estimées sur cette base. A ce sujet il conviendra de distinguer entre logements primaires, résidences secondaires ou logements de vacances, car pour ces catégories l'évolution du nombre de logements n'est pas uniforme.

La troisième partie du rapport s'occupe de l'estimation de la production de logements. Il distingue entre les deux composantes « besoin d'extension » et « besoin de remplacement ».

La quatrième partie du travail est la critique des résultats susmentionnés. Un appendice contenant les données statistiques et les méthodes de calcul clôt cette enquête.