

Étude de différentes possibilités de dépouillement de données climatologiques

Autor(en): **Primault, Bernard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal
= Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **146 (1995)**

Heft 3

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-766954>

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.

Etude de différentes possibilités de dépouillement de données climatologiques

De l'évolution de la température et des précipitations de 1864 à 1990 à cinq stations météorologiques de Suisse

Par Bernard Primault

Keywords: climatology, statistical data, Switzerland.

FDK 111: 902: (494): UDK 519.22

1. But de l'étude

Le principal, si ce n'est l'unique but de ceux qui, en Suisse, ont créé le premier réseau d'observations météorologiques était l'étude des climats locaux. Certes, ces savants pensaient avant tout à établir des comparaisons entre les différentes régions du pays, comparaisons basées principalement sur la répartition et les fluctuations de la pression atmosphérique. Cependant, l'intérêt s'est rapidement étendu à la température et aux précipitations. Vu le fait que ce dernier élément est très aléatoire, un réseau spécialisé, plus dense que le premier, a très vite été réalisé.

Les initiateurs de ces réseaux se recrutaient tous au sein de la Société Helvétique des Sciences Naturelles (SHSN). Pourtant, avec le développement de l'industrie, les ressources en énergie indigène et renouvelable, à cette époque l'électricité produite par voie hydraulique, ont pris de plus en plus d'importance et les planificateurs de barrages ont pu disposer très rapidement de données précises sur les quantités d'eau disponibles dans les divers bassins versants de nos Alpes.

A l'heure actuelle, le grand public est sensibilisé par les médias aux problèmes de la «pollution» atmosphérique et plus spécialement de l'augmentation du taux de «gaz à effet de serre» (gaz carbonique et méthane en particulier). De nombreuses études et spéculations montrent qu'une telle augmentation devrait conduire à un réchauffement notable de la température globale, c'est-à-dire de toute l'atmosphère recouvrant notre planète.

Un tel réchauffement pourrait affecter aussi les précipitations dans leur totalité, à certaines époques de l'année ou seulement sur certaines régions. On parle aussi souvent d'un déplacement ou plutôt d'une extension des régions arides et semi-arides des zones sub-tropicales tant en direction de l'équateur que des pôles (*Primault, 1988*).

Il était dès lors intéressant de voir si, sur la base de relevés suisses, une certaine tendance était décelable d'une part dans l'évolution à long terme de ces deux paramètres climatologiques, d'autre part dans la chaleur et les quantités d'eau disponibles pour la végétation pérenne.

2. Exigences posées aux stations d'observation

Afin de suivre l'évolution d'un paramètre météorologique, surtout si sa répartition est aussi aléatoire que dans le cas des précipitations, il est indispensable de pouvoir disposer de séries les plus longues possibles.

Le réseau suisse d'observations climatologiques a été mis en place durant l'année 1863 et a fonctionné dès le 1 janvier 1864. Il semblerait donc que le nombre de stations disponibles pour une étude telle que la nôtre soit important.

Certes, beaucoup de stations portent aujourd'hui encore la même dénomination qu'au jour de leur ouverture. Pourtant, l'endroit précis en a souvent été modifié plusieurs fois depuis lors.

Seul un très petit nombre d'entre elles n'a pas subi de déplacement durant toute cette période. Il s'agit de Neuchâtel, de Lugano et de Altstätten (SG). Dans ce dernier cas, elle a cessé de fonctionner comme station complète à la fin de 1982. Pour deux autres stations, les déplacements successifs ne doivent pas avoir eu de conséquences trop importantes sur les valeurs relevées, au moins en ce qui concerne les deux éléments retenus. Il s'agit de Bâle et de Davos. Dans ce dernier cas, les observations n'ont débuté qu'en 1876.

Pour les autres stations du réseau primitif, les déplacements ont certainement modifié les résultats des mesures de façon fondamentale, si bien que nous nous contenterons de ces cinq postes d'observation pour la suite de notre démarche.

Non seulement l'emplacement, mais aussi la nature des instruments de mesure et, pour les températures, l'abri météorologique ont des répercussions directes sur les relevés eux-mêmes. Dans les cinq cas retenus, on a passé de l'abri Wild à l'abri Stevenson, puis, sauf à Altstätten, aux relevés automatiques. Neuchâtel, Bâle, Davos et Lugano appartiennent aujourd'hui au réseau ANETZ (réseau automatique suisse de relevés météorologiques). Pour ces quatre stations d'observation, cette modification a nécessité l'usage d'instruments totalement différents pour la mesure tant de la température (y compris la protection du capteur contre le rayonnement) que des précipitations.

Notons pour terminer que les chiffres ayant servi à notre démarche sont directement issus des relevés et n'ont subi que des vérifications appelées à éliminer les erreurs grossières pouvant provenir de la lecture des instruments, de la transmission ou de la transcription des informations et du calcul (manuel au début) des moyennes. Il ne s'agit donc pas de séries ajustées. Cette remarque est surtout importante lors de modifications de l'abri et du passage des lectures à l'automatisation (passage au réseau ANETZ). L'Institut Suisse de Météorologie (ISM) réalise actuellement un programme complet d'homogénéisation des séries afin de pouvoir mettre directement en parallèle les informations provenant aussi bien du réseau classique que du réseau automatique.

Enfin, nous n'avons utilisé ici que des valeurs globales (moyennes de température et sommes de précipitations) mensuelles ou annuelles.

Un penseur (André Gide si ma mémoire ne me laisse pas en défaut) a dit: «Sur des observations mal faites ou insuffisantes, que de belles théories l'on échaffaude, qui ne résistent pas à l'examen!»

Malgré toutes ces restrictions qui inciteraient plutôt à l'abandon de notre démarche, nous la poursuivrons, rendant le lecteur attentif au fait que les résultats obtenus sont plus indicatifs que dotés d'une grande précision.

3. Le dépouillement classique en «périodes climatologiques»

3.1. Remarques générales

Selon les directives de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM, 1990), il faut pouvoir disposer d'au moins 30 années d'observations pour tirer des conclusions de valeur «climatologique». La première instance internationale de météorologie, l'Organisation Météorologique Internationale (OMI) avait même défini des «périodes climatologiques». La première de celles-ci s'étend du 1 janvier 1901 au 31 décembre 1930, la deuxième du 1 janvier 1931 au 31 décembre 1960 et ainsi de suite.

Dans notre cas, il est donc possible de comparer entre elles un certain nombre de ces périodes (4 pour Neuchâtel, Bâle et Lugano; 3 pour Altstätten et Davos) et en tirer des conclusions sur l'évolution du climat local, voire régional. Pour ce faire, nous renvoyons le lecteur aux publications de l'Institut Suisse de Météorologie, en particulier à *Maurer et al.* (1909) et aux divers fascicules de «Klimatologie der Schweiz».

3.2. La température

Ce faisant, on constate une lente hausse de la température annuelle. Si le mois de juillet est partout le plus chaud de l'année, sa température diminue assez régulièrement d'une période à l'autre. Il en va de même des mois de mars à juin et de celui d'août. Le réchauffement de l'année entière provient d'une hausse de température de septembre à décembre, mais surtout de janvier et février.

Une telle comparaison ne rend cependant pas exactement compte de l'évolution possible d'un paramètre météorologique particulier. En juxtaposant des valeurs concernant des périodes successives, on élimine *ipso facto* des variations se produisant à la fin de l'une des périodes et/ou au début de la suivante.

Pour parer à cet inconvénient, on peut faire se chevaucher les périodes, tout en maintenant leur longueur propre. Ainsi, on comparera par exemple les valeurs de 1871–1900 à celles de 1881–1910, 1891–1920, etc. Une telle manière de faire ne vient que confirmer ce que nous disons plus haut.

3.3. Les précipitations

Contrairement au précédent, cet élément ne présente pas d'évolution systématique dans le temps. Ses fluctuations sont toujours importantes d'une période à l'autre que celles-ci se succèdent ou se chevauchent, mais sans présenter de tendance («trend»).

4. Les moyennes glissantes

4.1. Définition

La comparaison de chiffres réunis dans des tableaux est un exercice fort rébarbatif pour des profanes. Même si on transcrit ces informations sous forme graphique, les conclusions que l'on en peut tirer ne se manifestent pas toujours de façon évidente.

Pour cela, il est indiqué que la forme retenue ne subisse si possible pas de solution de continuité. Pour ce faire, on aurait simplement pu réduire l'intervalle entre les périodes à une année seulement, ce qui n'aurait cependant pas apporté de remède aux difficultés d'interprétation signalées plus haut (lecture de tableaux).

On a recherché de longue date à présenter les séries sous une forme plus explicite. L'une de ces manières est celle que nous avons préconisée ailleurs (*Primault, 1978*). Pourtant, la représentation de répartitions fréquentielles ne serait ici d'aucune utilité. En effet, ce que nous cherchons c'est à cristalliser une

tendance («trend») dans le temps et non pas la fréquence selon laquelle certaines valeurs se présentent dans une série.

4.2. Modes de calcul

Tout en gardant l'idée énoncée ci-dessus, c'est-à-dire de réduire l'intervalle entre les périodes à une année, on a choisi la méthode graphique de représentation, ce qui est explicite pratiquement pour chaque utilisateur.

On obtient alors ce que l'on nomme des «moyennes glissantes». Il s'agit de moyennes couvrant chacune un certain nombre d'années (période), toujours le même. On décale ensuite chaque fois la période d'une année.

La diversification qui suit nous a été suggérée en 1991 par notre collègue Zbinden de la section de climatologie de l'ISM. Nous tenons à l'en remercier ici.

4.2.1. Toutes les valeurs ont le même poids (cf. figure 1A)

Dans la pratique courante, on attribue à chaque valeur un poids unité. De ce fait, chacune des valeurs de la période envisagée est prise également en considération par rapport aux autres et cela surtout aux deux extrémités (voir plus bas). Pourtant, un tel mode de faire peut, dans certains cas, déconcerter celui qui recherche soit une tendance générale, soit une périodicité.

En outre, si des valeurs importantes de même signe se trouvent aux deux extrémités d'une période, sa moyenne en sera affectée par rapport à la précédente et la suivante qui, elles, ne compteront chacune qu'une seule de ces valeurs particulières.

4.2.2. Poids croissant, puis décroissant

Pour parer à cet inconvénient, on a attribué un poids croissant régulièrement à la première moitié des valeurs de la période, décroissant à la seconde. On a alors une figure des poids en forme de toit à deux pans symétriques (voir figure 1B).

Afin d'obtenir des valeurs moyennes du même ordre de grandeur que celles obtenues par le premier procédé (poids unité) on a attribué un poids de 2 à la valeur médiane de la période.

Ce faisant, chaque année de la série de base a, à un moment donné, un poids maximum, à l'exception de la moitié du nombre d'années que compte la période tant au début qu'à la fin de la série. Ces années-là ne sont alors que partiellement comptabilisées.

4.2.3. Poids suivant une courbe sinusoïdale

Dans certaines applications, il serait utile d'attribuer un poids beaucoup plus important à plusieurs valeurs situées au centre de la période, puis, de part

et d'autre, à une diminution relativement rapide sur un certain laps de temps pour aboutir enfin à des plages assez plates aux deux extrémités.

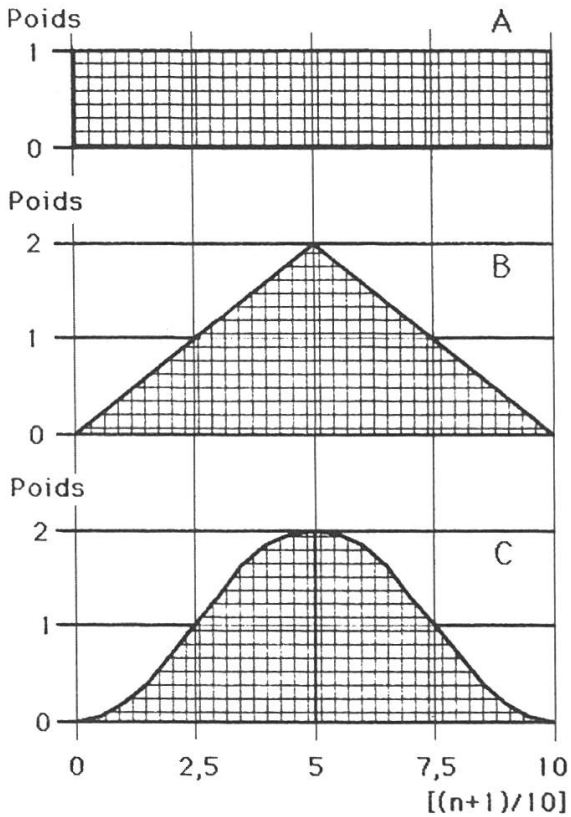


Figure 1. Représentation graphique des trois fonctions (à noter que les surfaces ombrées sont toutes trois égales).
 A = Poids égaux; B = Fonction en forme de toit symétrique; C = Fonction sinusoïdale.

La courbe mathématique qui se rapproche le plus d'une telle distribution est la sinusoïde, à condition de partir de -90° pour aboutir à $+270^\circ$ (figure 1C).

Afin de tenir compte des mêmes considérations que plus haut (valeurs moyennes se rapprochant de celles décrites sous 4.2.1.), on a calculé le poids de chaque année selon la formule:

$$x = 1 + \sin(-90 + ((360/(n+1)) * a))$$

où x = le poids recherché, n = le nombre d'années que compte la période et a = le numéro de l'année considérée.

4.3. Mise en valeur

4.3.1. Description et restrictions

Revenant aux «périodes climatologiques» (30 ans), nous avons voulu voir si l'application de moyennes glissantes établies selon les trois modes décrits au chapitre 4.2. éclairaient nos séries climatologiques d'un jour nouveau.

Dans l'examen des courbes qui suivent et qui se rapportent aux modes 4.2.2. et 4.2.3., il faut se souvenir de la restriction faite sous 4.2.2. *in fine*, restriction se

rapportant aux extrémités des séries. De ce fait, les quatorze $[(n/2)-1]$ premiers et les quatorze derniers points de ces courbes sont à considérer avec prudence.

4.3.2. Températures

A la *figure 2*, nous présentons pour nos cinq stations les moyennes glissantes des températures annuelles moyennes calculées selon les trois modes proposés. Les courbes ont été superposées pour mieux expliciter leurs différences réciproques (trait plein en dents de scie pour 4.2.1., pointillé pour 4.2.2. et plein arrondi pour 4.2.3.).

Si, pour chaque station, la tendance générale est la même, le détail des courbes est fort différent de l'une à l'autre. On note au début une stagnation ou une baisse de la température, puis une hausse progressive, enfin une nouvelle stagnation ou une baisse.

Celles calculées selon une fonction en forme de toit à deux pans symétriques (pointillée) ne se démarquent de celles calculées selon une fonction sinusoïdale que par des fluctuations moins marquées.

Les maximums et les minimums sont, dans ces deux cas, alternés par rapport aux courbes calculées en poids égaux. En outre, ces dernières sont beaucoup plus tourmentées (en dents de scie).

Si, tenant compte des restrictions faites plus haut, on ne considère que la partie centrale des courbes calculées selon la fonction sinusoïdale, on est frappé de constater une variation rythmique de 24 ans et cela à nos cinq stations, ce qui n'apparaît nullement sur les courbes de poids unité.

Cette dernière constatation nous a incité à étudier plus à fond l'évolution de la température au cours de ces derniers 125 ans.

Il nous a paru opportun de voir tout d'abord si on retrouvait cette rythmicité en changeant la longueur des périodes de calcul. Pour ce faire, nous ne retiendrons ici que deux de nos cinq stations: Neuchâtel et Lugano. On a d'abord tracé les courbes des moyennes glissantes calculées sur 25, respectivement 35 ans et cela selon les trois modes décrits plus haut. Le même rythme de 24 ans se retrouve en effet (*figure 3. N° 1 et 2*).

Ensuite, on n'a considéré que certaines périodes de l'année, soient la petite et la grande période de végétation (voir définitions au chapitre 5.1.4.). Ici aussi, on peut constater un rythme de 24 ans (*figure 3. N° 3 et 4*).

4.3.3. Précipitations

A la *figure 4*, nous présentons des courbes analogues à celles de la *figure 2*, mais se rapportant aux précipitations.

On peut faire ici les mêmes remarques que pour les températures, à l'exception de celle concernant une variation rythmique de 24 ans. On y constate bien la présence de maximums alternant avec des minimums et cela dans nos cinq stations. Pourtant, l'intervalle qui les sépare n'est pas toujours le même et cela aussi bien à l'intérieur d'une station que d'une station à l'autre.

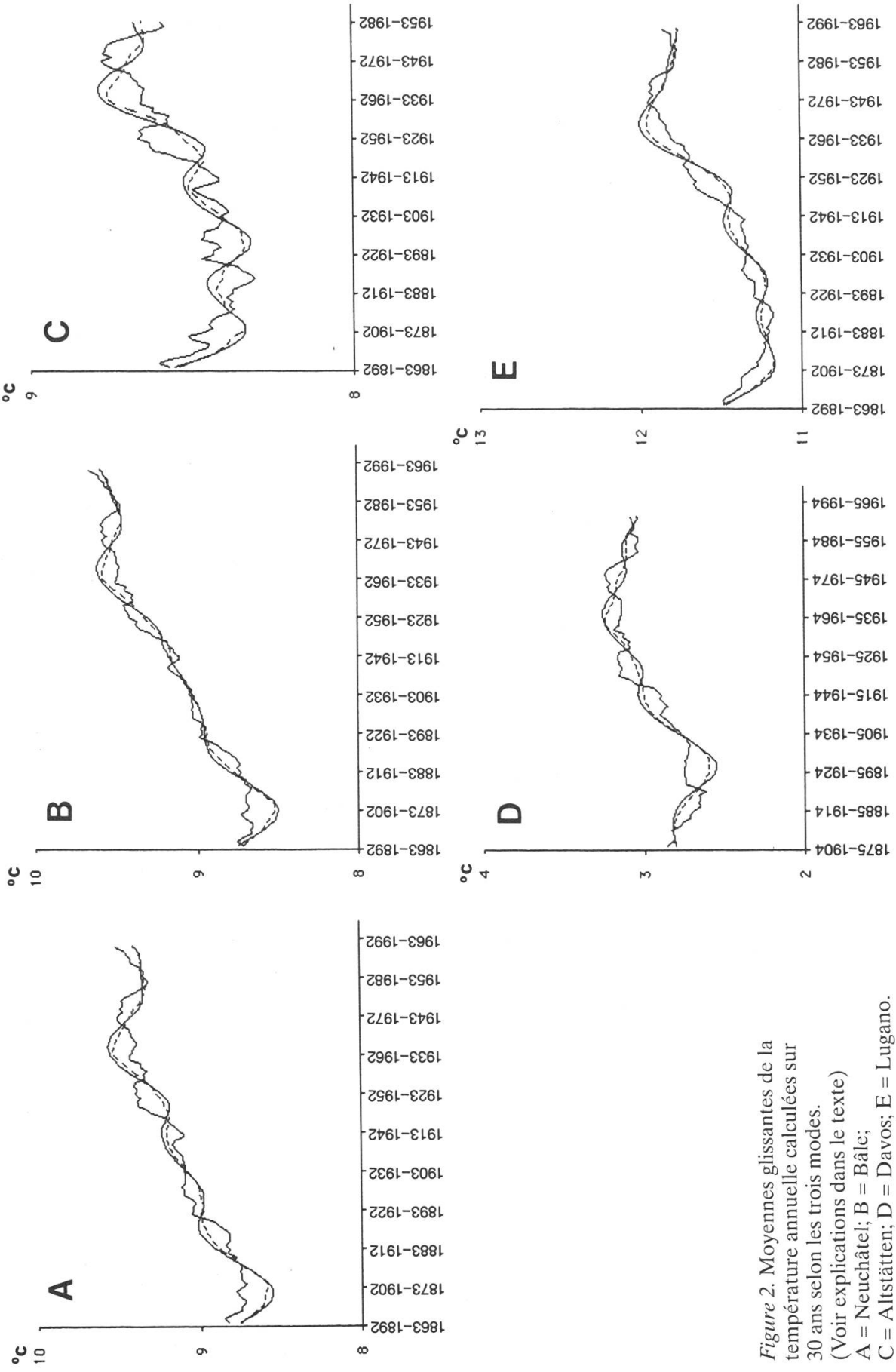


Figure 2. Moyennes glissantes de la température annuelle calculées sur 30 ans selon les trois modes. (Voir explications dans le texte)
A = Neuchâtel; B = Bâle; C = Altstätten; D = Davos; E = Lugano.

5. Utilisation des moyennes glissantes dans des buts spécifiques

5.1. Sommes de précipitations destinées à des études concernant la végétation

5.1.1. But poursuivi

Parmi les applications pratiques de données climatologiques, il faut ranger les études se rapportant au développement de la végétation. Il s'agit le plus souvent de définir, par le biais de données passées, les possibilités de développement soit des mas forestiers (*Primault, 1953*), soit de cultures pérennes telles que vergers ou vignes (*Primault, 1972*).

Pour ce faire, on s'est jusqu'ici généralement servi de valeurs météorologiques mises en rapport avec des données de rendement (accroissement forestier par exemple). Ceci a permis le développement de modèles plus ou moins mathématiques, qui, appliqués à des séries climatologiques, permettent certaines supputations de quantités récoltables ou de date de récolte (*Primault, 1969 et 1970*). Pourtant, de telles études ne donnent généralement pas d'information sur les tendances climatologiques générales ou le retour périodique éventuel d'événements particuliers (années de sécheresse par exemple).

La présente démarche est au contraire une approche dans ce sens particulier.

5.1.2. Utilisation de ce qui précède

Aux chapitres 3 et 4, nous nous sommes basés sur des périodes relativement longues (30 ans) pour notre démonstration. De tels laps de temps sont trop importants pour donner une idée de ce que perçoit la végétation pérenne des impacts reçus de son milieu ambiant.

Certes, un arbre ne réagit pas seulement à ce que la nature lui apporte au moment même (température, rayonnement, précipitations), mais réagit encore quelques années après avoir subi un «traumatisme» météorologique particulier. En effet, une feuille de hêtre est préparée plus de deux ans à l'avance par le développement de son bourgeon (*Roloff, 1986*). Elle est pratiquement déterminée au mois d'août de l'année précédant son déploiement et le temps du printemps n'influence que le moment du déclenchement des processus de débourrement et l'ampleur de ceux-ci (grandeur de la feuille par exemple).

Dans les modes de calcul présentés plus haut, à l'exception de celui défini sous 4.2.1., la dernière année de la période a un poids très faible. Par contre, dans le cas qui nous occupe, c'est cette année-là qui devrait avoir le poids le plus important. Les poids concédés aux années précédentes devant aller en diminuant plus ou moins rapidement.

En outre, le laps de temps à prendre en considération (longueur de la période de calcul) ne saurait dépasser 5 ans, durée maximum d'impact d'accidents météorologiques sur le développement des arbres (alternance due au gel chez les arbres fruitiers par exemple).

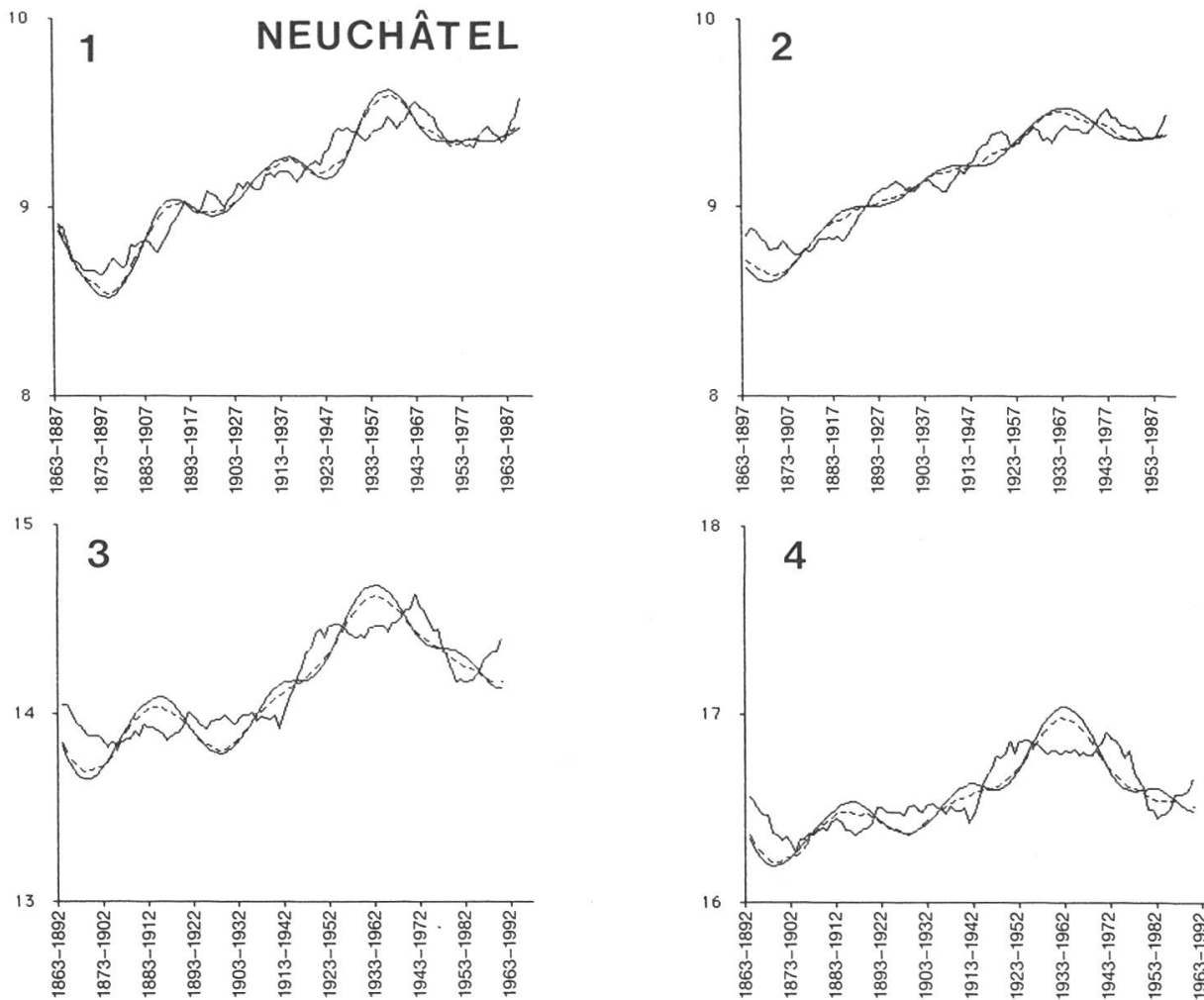


Figure 3. Comparaison des moyennes glissantes de la température calculées selon les trois modes. (Voir explications dans le texte)

1 = Pour l'année entière sur 25 ans; 2 = Pour l'année entière sur 35 ans; 3 = D'avril à octobre sur 30 ans; 4 = De mai à août sur 30 ans.

5.1.3. Applications possibles des modes de calcul présentés plus haut

Le premier mode de calcul (poids égaux pour toutes les valeurs) ne répond pas aux exigences énoncées plus haut. En effet, les impacts du milieu ambiant n'ont pas les mêmes répercussions sur le développement s'ils se produisent à un stade lointain ou proche du moment présent (dernière année de la période considérée). Nous l'avons tout de même retenu à titre comparatif.

Comme nous l'avons déjà relevé plus haut (chapitre 5.1.1.) les deux autres modes sont encore moins susceptibles de répondre à nos besoins. En conséquence, nous avons modifié ces deux modes de calcul en n'en retenant que la première moitié.

Ainsi, dans ce qui suit, les poids attribués à chaque année vont en augmentant pour atteindre la valeur de 2 à la fin de la période. On a ainsi d'une part utilisé une fonction linéaire d'augmentation des poids (demi-toit) et une fonc-

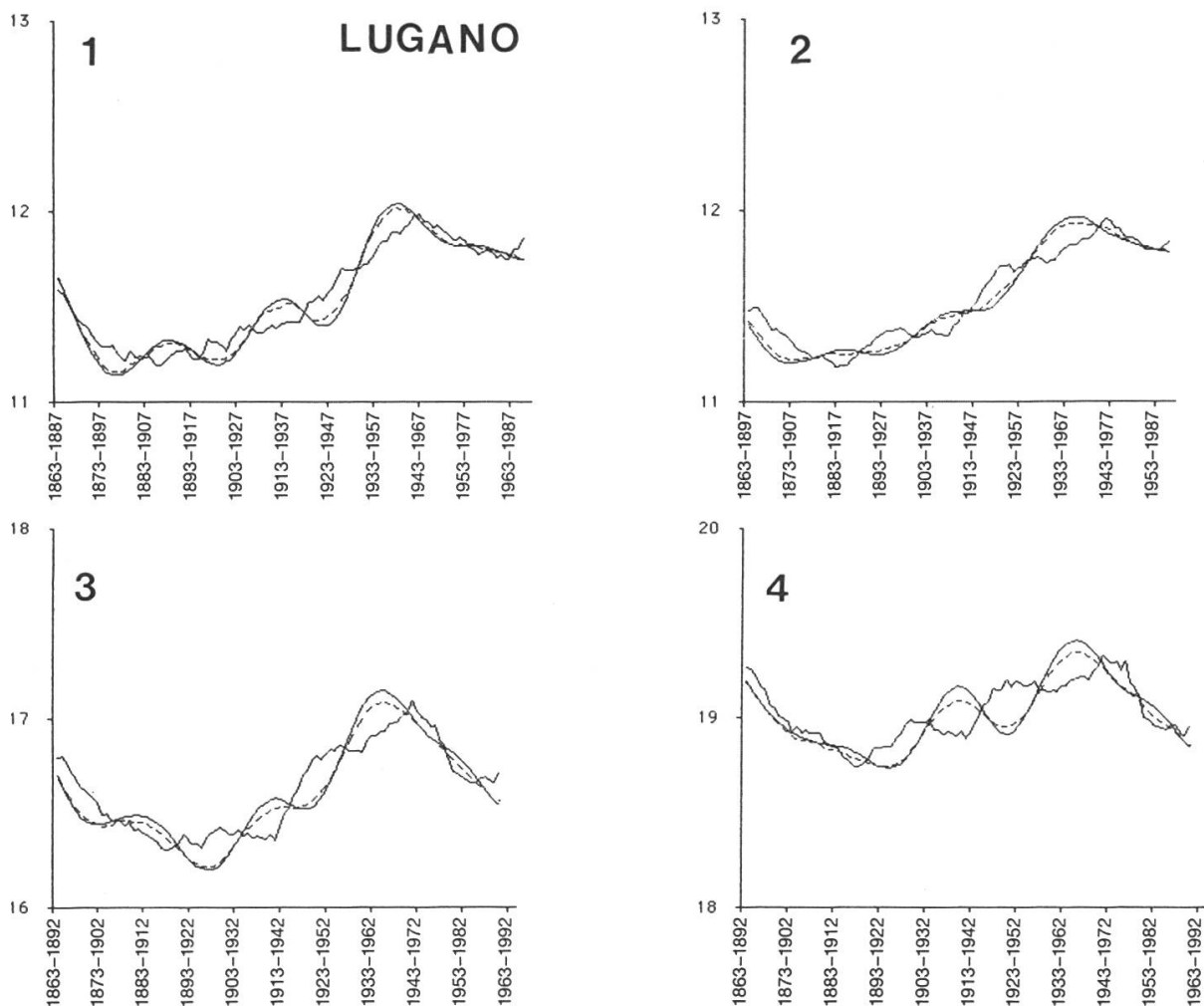


Figure 3. Légende voir page précédente.

tion sinusoïdale limitée à une fraction angulaire allant de -90° à $+90^\circ$. Ainsi, nous accordons à la dernière année de la période le poids maximum et une diminution progressive en rétrospective des années.

Enfin, et comme nous l'avons relevé déjà, l'impact des conditions météorologiques sur la végétation suit probablement une courbe encore plus accentuée que celles utilisées jusqu'ici. Aussi, avons-nous encore considéré un quatrième mode de calcul en utilisant une fonction du second degré (forme parabolique de la courbe). Par ce moyen, nous tenons compte du fait que l'impact des années précédant la dernière décroît très rapidement.

A la *figure 5*, nous donnons la forme générale des quatre fonctions retenues ici.

5.1.4. Divers laps de temps dans l'année

Jusqu'ici, nous avons en général considéré l'année dans son ensemble. Pourtant, la végétation ne répond pas, en toutes saisons, de façon identique aux influences extérieures. Elle se conforme aux impacts qu'elle reçoit de son

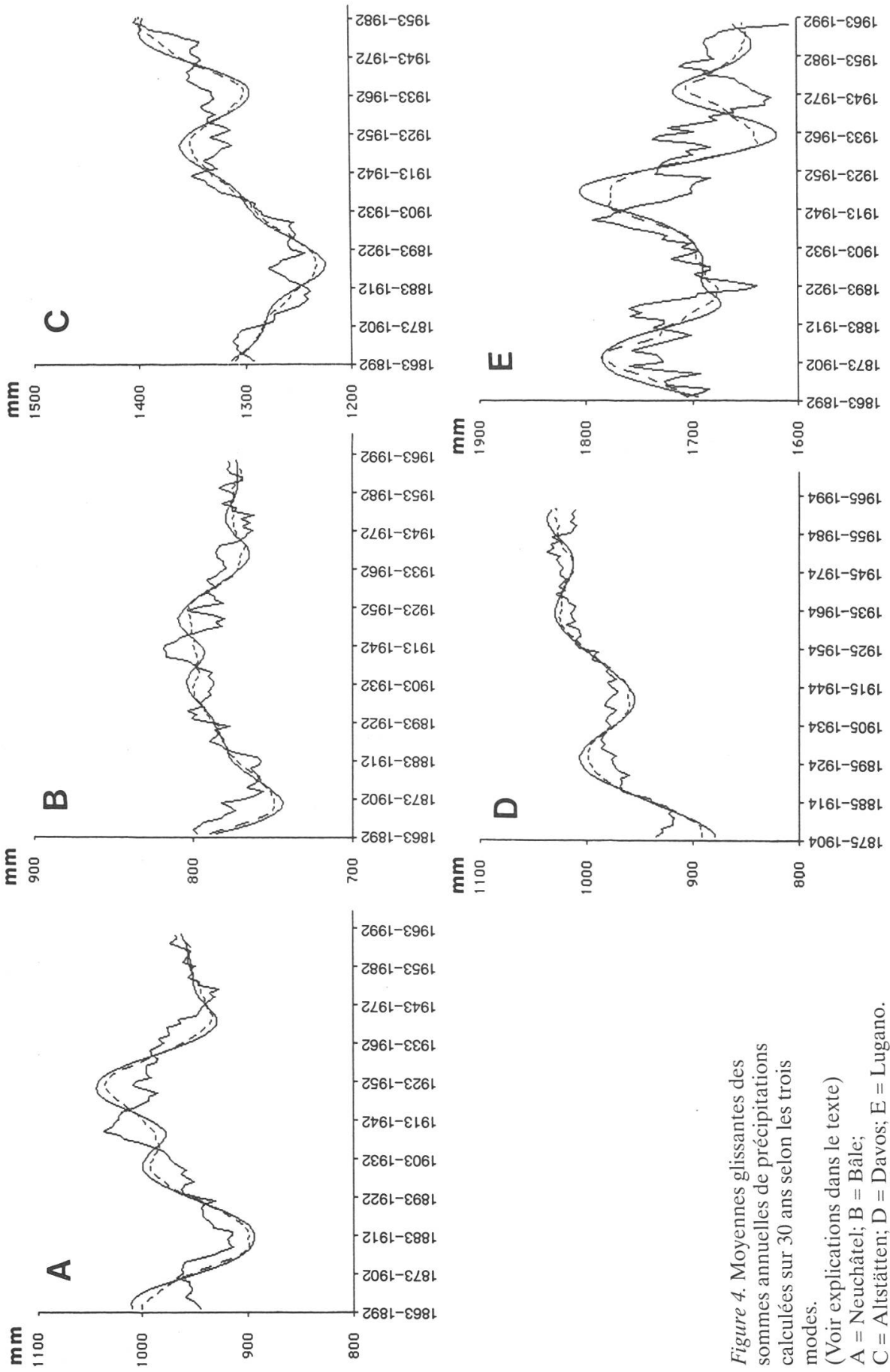


Figure 4. Moyennes glissantes des sommes annuelles de précipitations calculées sur 30 ans selon les trois modes.
 (Voir explications dans le texte)
 A = Neuchâtel; B = Bâle;
 C = Altstätten; D = Davos; E = Lugano.

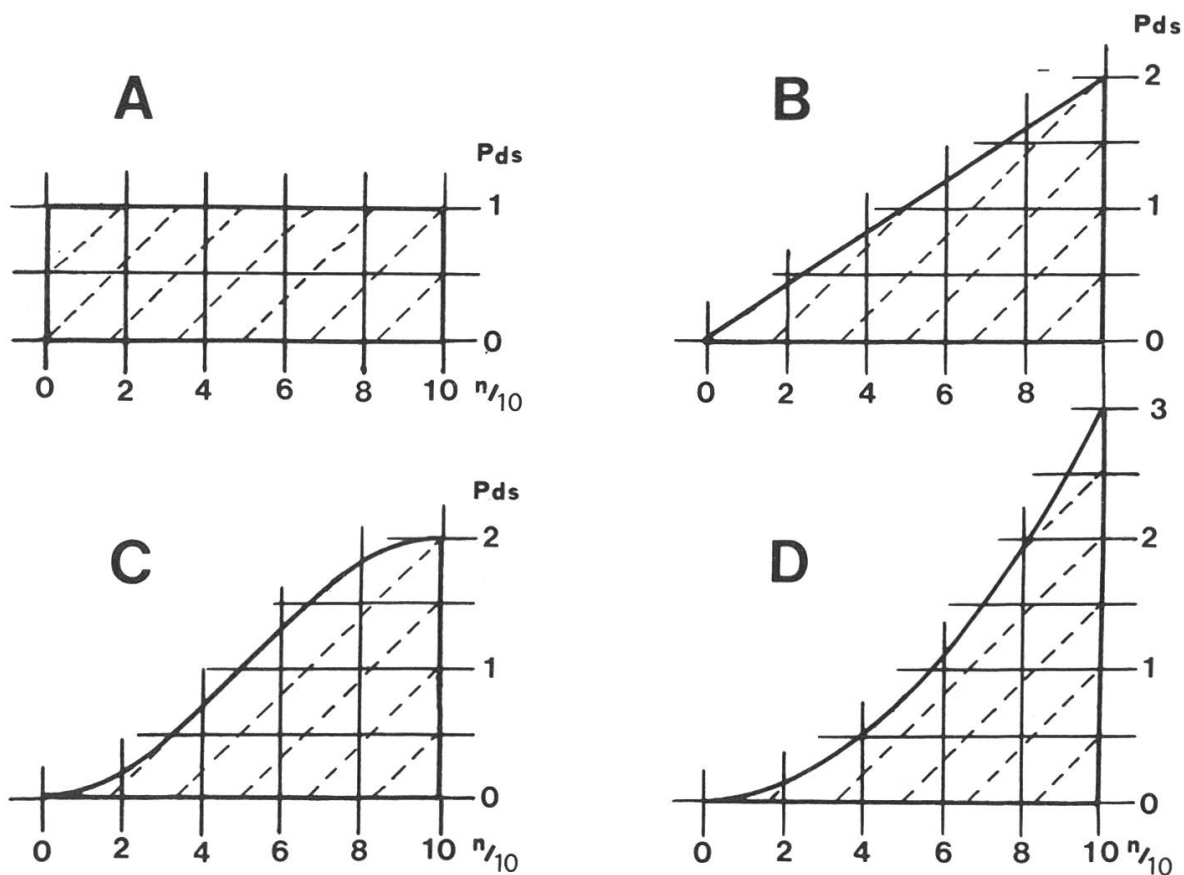


Figure 5. Représentation graphique des quatre fonctions décrites au chapitre 5.1.3.
 (Les surfaces hâchurées ont toute la même valeur)
 A = Poids égaux; B = Fonction linéaire; C = Fonction sinusoïdale; D = Fonction parabolique.

milieu ambiant, en particulier aux précipitations, mais à la condition que ces impacts soient adaptés à ses besoins physiologiques, c'est-à-dire que la température soit suffisante.

Afin de tenir compte de cet impératif, on rencontre souvent deux «périodes de végétation» basées sur des considérations pratiques et partant de la division du calendrier civil. Bien que ne répondant pas exactement à notre démarche, nous les avons retenues, car elles permettent certaines comparaisons avec des résultats publiés ailleurs (*Primault, 1972* par exemple).

La petite période de végétation est comprise entre le 1 mai et le 31 août de chaque année. Un tel laps de temps reflète, en gros, ce que ressent la végétation durant son plein développement. Il ne tient cependant pas compte de ce qui se passe au premier printemps, ni des influences de l'automne qui, elles, jouent un rôle non négligeable dans les phénomènes d'aoûtement et de préparation à la période de végétation suivante.

La grande période de végétation. Pour en tenir compte, on a défini une seconde «période de végétation» dite «grande» et couvrant les mois d'avril à octobre. Pourtant, en montagne surtout, une telle période ne répond pas direc-

tement à nos préoccupations. En effet, dans ces conditions, elle englobe des périodes où d'une part le sol est encore ou déjà recouvert de neige et d'autre part où la température ne permet pas un développement de la végétation.

Laps de temps utile. Afin de ne retenir que les périodes où l'impact extérieur, principalement celui de la température, permet un développement de la végétation, nous avons défini ailleurs (*Primault et Fankhauser, 1988*) une «période de végétation» basée uniquement sur des relevés de température effectués jour par jour sous abri (Début = 7^{ème} jour consécutif avec une température moyenne égale ou supérieure à 5 °C; fin = ou bien 5 jours consécutifs avec une température moyenne inférieure à 4 °C, ou bien 3 jours de gel consécutifs, ou bien 1 jour avec un minimum inférieur à -2,0 °C.)

L'application à ces trois subdivisions de l'année des quatre modes de calcul décrits ne permet pas de déceler de tendance cyclique. Ceci est très probablement dû au fait qu'une période de cinq ans seulement est trop affectée par les variations annuelles de nos deux paramètres. Nous renonçons donc à présenter ici le détail de ces investigations particulières.

5.1.5. Cas particulier

Examinons pour terminer ce chapitre un cas particulier de moyennes glissantes (Lugano, petite période de végétation). A la *figure 6*, nous donnons les différentes courbes de la température correspondant aux quatre modes de calcul et se rapportant à des périodes de cinq années.

Dans cette figure, les courbes sont très tourmentées. En effet, avec des périodes de cinq années seulement, l'effet d'égalisation ne se fait que modestement sentir.

Pourtant, en comparant de plus près ces courbes, on peut constater que les maximums et les minimums ne se rencontrent pas aux mêmes moments. Dans les courbes a et d, on a pratiquement toujours une synchronisation des extrêmes, alors que les courbes b et c sont légèrement décalées, mais pas toujours dans le même sens (avant et arrière).

A titre de comparaison, nous donnons à la *figure 7* les courbes des précipitations correspondantes. On peut alors formuler les mêmes remarques au sujet de ce second paramètre météorologique.

5.2. Etudes concernant des buts industriels ou architecturaux

Les planificateurs de l'agriculture et des forêts ne sont pas les seuls à utiliser des données concernant des tendances ou une périodicité des éléments météorologiques retenus dans la présente étude. Les architectes, les ingénieurs civils, voire des groupements industriels tels que les centrales hydro-électriques doivent disposer de telles indications afin de modifier, si besoin est, les informations découlant de l'étude des fréquences ou, mieux, des risques climatologiques.

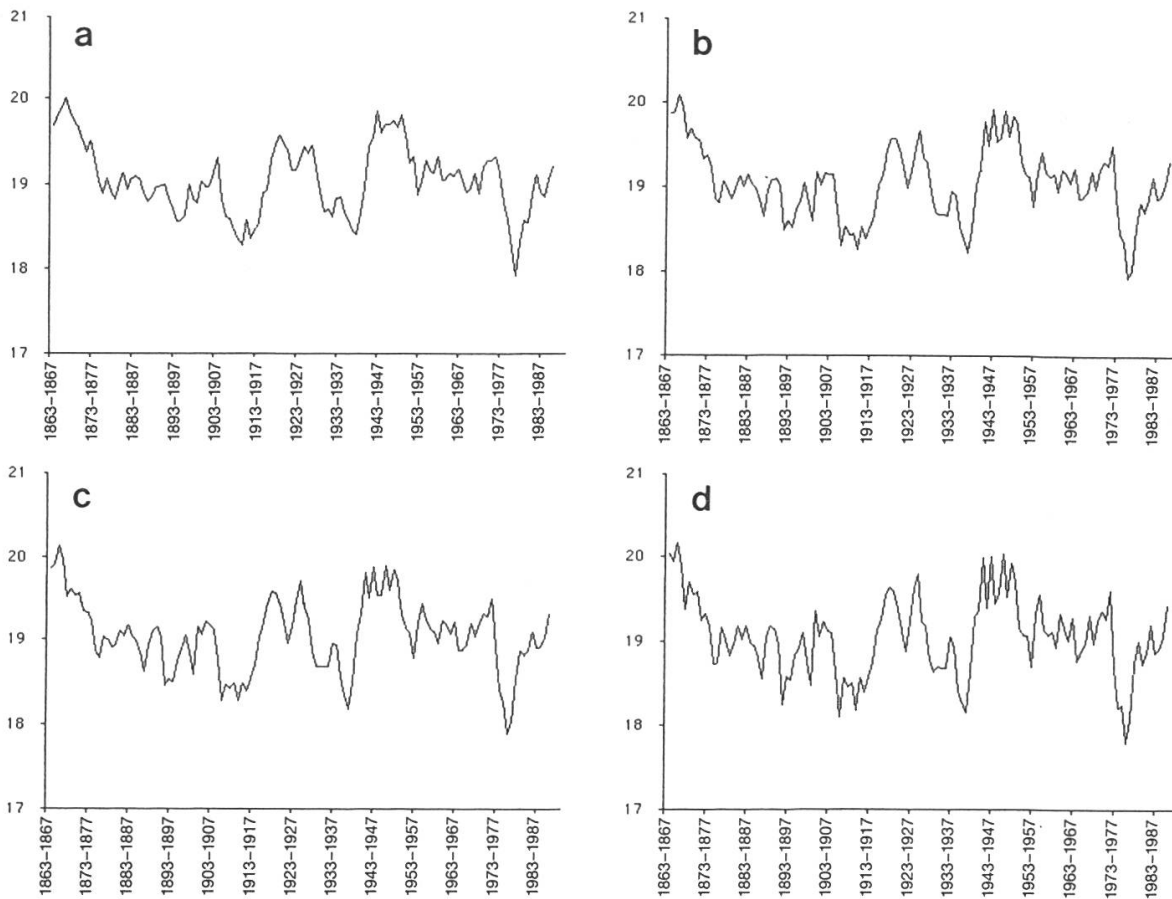


Figure 6. LUGANO. Moyennes glissantes de la température des mois de mai à août calculées sur 5 ans (en °C).

a = Les cinq années ont le même poids; b = Fonction linéaire croissante; c = Fonction sinusoïdale; d = Fonction parabolique.

Dans ces calculs, on a jusqu'ici utilisé soit la comparaison brute de périodes successives, soit des moyennes glissantes de poids unité.

Dans ce dernier cas, des années particulières n'apparaissent pas, si bien que nous proposons de se référer à l'avenir à des modes de calcul de poids variables. En effet, avec la méthode des moyennes glissantes pondérées, les diverses années viennent chacune à son tour prendre un accent particulier, à l'exception certes des premières et dernières de chaque série. Pourtant, comme on recherche ici une tendance générale à long terme, ce défaut n'a pas une importance surfaite, vu que les changements climatiques sont lents. On peut ainsi très bien ne pas considérer pleinement 7 années (1/4 de 30 ans) au début et 7 années à la fin d'une série de plus de 120 années.

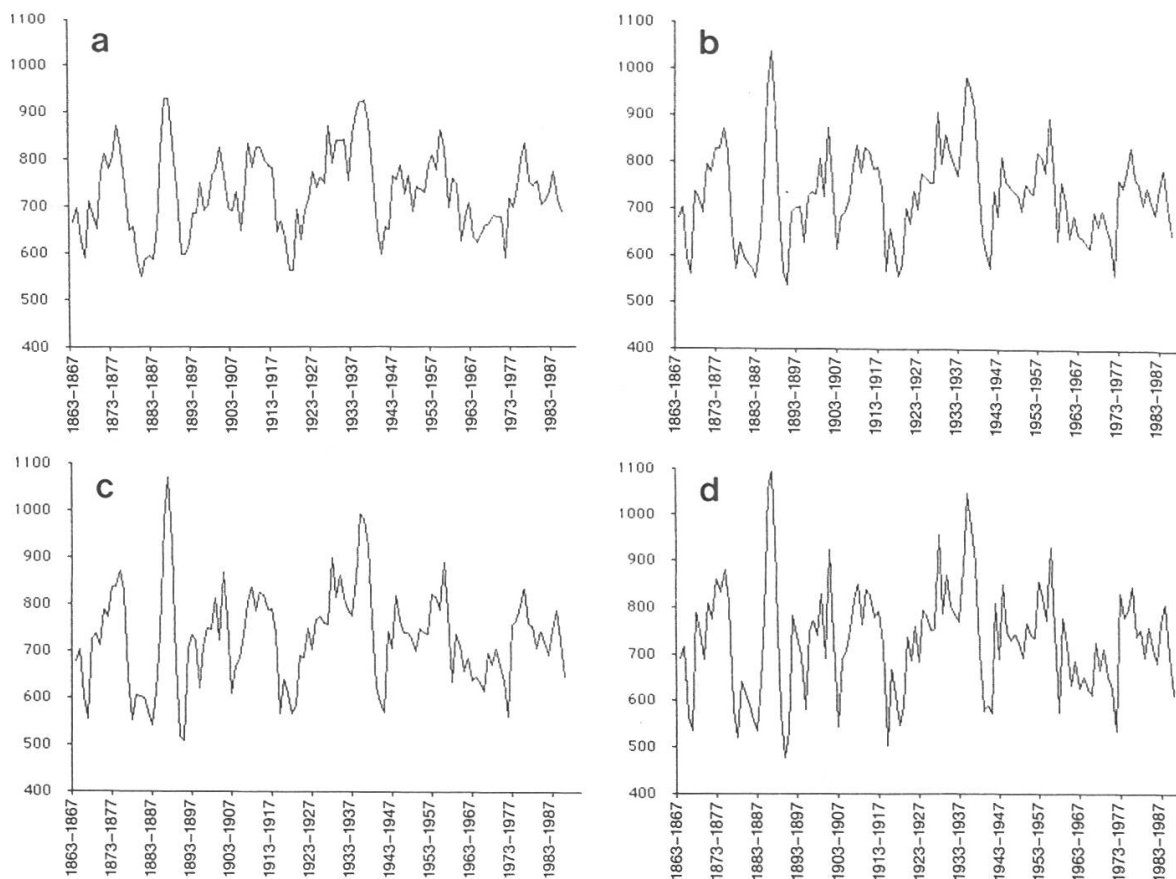


Figure 7. LUGANO. Moyennes glissantes des sommes de précipitations des mois de mai à août calculées sur 5 ans (en mm).

a = Les cinq années ont toutes le même poids; b = Fonction linéaire croissante; c = Fonction sinusoïdale; d = Fonction parabolique.

5.3. Etudes se rapportant à des catastrophes naturelles

Dans le cas de catastrophes naturelles, les données climatologiques de base à utiliser sont de très courte durée. Il s'agit d'événements strictement épisodiques. De ce fait, l'utilisation de valeurs mensuelles comme données de base ne se justifient pas, encore moins des moyennes établies sur des périodes de 30 ans.

Seuls des calculs de fréquence ou de périodes de retour (par exemple *Gumbel*, 1958) basées sur des relevés journaliers peuvent donner l'information requise.

Pourtant, comme les capacités d'absorption de l'eau par le sol dépendent en grande partie de la vitalité de la végétation, des forêts en particulier comme le démontrait *Landolt* en 1862 déjà, ce que nous avons dit au chapitre 5.1. de la présente étude prend une signification toute spéciale en la matière.

6. Conclusion

Il résulte de ce qui précède que des comparaisons de périodes climatologiques ne peuvent conduire à des conclusions pertinentes quant aux variations du climat. Seules des études systématiques basées sur un certain continu, moyennes glissantes par exemple, peuvent apporter la preuve de telles tendances. Cela est valable aussi bien pour les températures que pour les précipitations, seuls éléments examinés ici. Pourtant, les autres variables climatologiques ne sauraient se comporter de façon si différentes qu'elles nécessiteraient d'autres considérations.

Dans la majorité des cas, lorsqu'on utilise des moyennes glissantes, on attribue à chaque élément de la série un poids unité. Or, en appliquant d'autres fonctions pour le calcul, il apparaît que le comportement des courbes s'en trouve modifié de façon fondamentale, ce qui peut conduire à de nouvelles interprétations. Ainsi, en utilisant une fonction trigonométrique (sinusoïde), on peut déceler une périodicité dans les températures, périodicité qui ne se rencontre nullement si l'on attribue un poids unitaire à chaque élément des séries.

Les tableaux climatologiques classiques devraient donc être accompagnés de courbes de moyennes glissantes établies d'une part sur plusieurs périodes différentes et d'autre part calculées selon diverses fonctions.

Dès que l'on aborde l'utilisation pratique de séries climatologiques dans des buts précis (sylviculture, agriculture, bâtiment, etc.), les fonctions utilisées doivent être adaptées au but poursuivi. Des valeurs générales ne peuvent servir sans autres.

Résumé

L'attention du public est actuellement attirée par les médias sur les problèmes d'environnement. En outre, la question de modifications éventuelles de notre climat est très discutée dans les milieux scientifiques. Afin de montrer de telles variations, on utilise des séries d'observations. Dans la présente étude on ne s'attache qu'à deux éléments: la température et les précipitations. Seules des séries d'observations répondant à des critères de continuité très sévères peuvent être utilisées dans de telles études. En Suisse, et bien que le réseau d'observations climatologiques ait été établi en 1864 déjà, seules cinq stations répondent à ces critères. On établit tout d'abord une comparaison entre des périodes fixes de 30 années se succédant, puis se chevauchant. Une telle pratique est toutefois peu explicite pour des profanes. Aussi, on aborde le problème en utilisant des moyennes glissantes fondées sur trois modes de calcul: poids unique, fonction linéaire simple, fonction sinusoïdale. En se basant sur les deux dernières fonctions décrites, on découvre non seulement une tendance à la hausse de la température annuelle, mais encore un mouvement cyclique de 24 ans. Ce mouvement ne se retrouve

cependant pas dans les précipitations. Dans l'application pratique, il est nécessaire d'adapter les fonctions au but poursuivi. Ainsi, en sylviculture par exemple, la dernière année considérée doit avoir un poids maximum, les précédentes un poids diminuant rétrospectivement. En outre, la période servant de base aux calculs de moyennes doit être beaucoup plus courte. On recherche ainsi les variations survenues en utilisant, outre les trois fonctions déjà mentionnées, une fonction parabolique. On conclut par diverses considérations sur la nécessité de compléter la documentation lors des études climatologiques courantes.

Zusammenfassung

Studie über verschiedene Auswertungsmöglichkeiten von klimatologischen Daten

Durch die Medien dargestellte Umweltprobleme ziehen im Moment die Aufmerksamkeit der Bevölkerung auf sich. Die Frage über mögliche Klimaänderungen wird ausserdem in wissenschaftlichen Kreisen heftig diskutiert. Um solche Schwankungen aufzeigen zu können, benötigt man Beobachtungsreihen. In der vorliegenden Studie werden nur zwei Klimaelemente betrachtet: die Temperatur und der Niederschlag. Für solche Studien können nur Beobachtungsreihen verwendet werden, welche strengen Kontinuitätskriterien genügen. In der Schweiz entsprechen nur fünf Stationen diesen Kriterien, obwohl hier das klimatologische Beobachtungsnetz bereits 1864 eingeführt wurde. Bei der Auswertung führt man zuerst einen Vergleich zwischen fixen Perioden von dreissig aufeinander folgenden Jahren durch, dann eine solche sich überlagernder Perioden. Ein solches Vorgehen ist für den Laien ungewohnt. Des weiteren versucht man auch, den Trend mit Hilfe gleitender Mittelwerte aus drei Berechnungsarten zu erfassen: Einzelgewicht, einfache lineare Funktion, Sinus-Funktion. Mit den zwei letzten Funktionen kann man nicht nur eine zunehmende Tendenz der Jahrestemperatur feststellen, sondern eine zyklische Bewegung mit einer Zeitdauer von 24 Jahren. Diese Bewegung findet sich dagegen nicht in den Niederschlagsdaten. In der praktischen Anwendung ist es notwendig, die Funktionen an das angestrebte Ziel anzupassen. So muss, zum Beispiel im Waldbau, das letzte Betrachtungsjahr ein maximales Gewicht bekommen, die vorangehenden Jahre ein retrospektiv abnehmendes Gewicht. Ausserdem muss die Periode, welche als Grundlage für die Berechnung von Mittelwerten dient, viel kürzer sein. Man sucht solchermassen aufgetretene Veränderungen, indem man zusätzlich zu den drei obenerwähnten Funktionen eine parabolische Funktion verwendet. Den Abschluss bilden verschiedene Gedanken über die Notwendigkeit, die Dokumentation von laufenden klimatologischen Studien zu ergänzen.

Übersetzung: *Ph. Duc*

Bibliographie

- Gumbel, E.J.*: Statistics of Extremes. Columbia University Press, New York. 1958.
- Landolt, E.*: Bericht an den Hohen Schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der Schweiz. Hochgebirgswaldungen, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859 und 1860. Weingarth. Bern. 1862: 367 + Tabelle + 1 Falttafel.
- Maurer, J., Billwiler, R., Hess, C.*: Das Klima der Schweiz auf Grundlage der 37jährigen Beobachtungsperiode 1864–1900. Band 1: Text. Band 2: Tabellen. Preisschrift Frauenfeld. 1909.
- OMM*: Guide des Pratiques Climatologiques. OMM. N° 100. Deuxième édition. 1990.
- Primault, B.*: Contribution à l'étude de l'influence des éléments météorologiques sur l'accroissement des forêts. Geofisica pura e applicata. 1953; 24: 149–206.
- Primault, B.*: D'une application pratique des indices bio-météorologiques. Agricultural Meteorology. 1969; 6 (2): 71–96.
- Primault, B.*: Essai de prévision de la date de maturité des abricots en Valais. La Recherche Agronomique en Suisse. 1970; 9 (3–4): 288–306.
- Primault, B.*: Etude méso-climatique du Canton de Vaud en vue de son aménagement régional. Cahier de l'Aménagement. Lausanne, Office Cantonal Vaudois de l'Urbanisme. 1972; 14: 186 + 35 planches hors texte.
- Primault, B.*: De la représentation des limites des séries climatologiques. Rapports de Travail de l'ISM. 1978; 78: 7 + 2 tab. + 5 fig.
- Primault, B.*: Considérations sur la famine dans le monde. Journal des Associations Patronales Suisses. 1988; 83 (47): 996–998.
- Primault, B., Fankhauser, A.*: Les trois années de mesures intensives effectuées dans le cadre du programme national de recherche «Dépérissement des forêts et pollution de l'air en Suisse» (PNR 14+) sont-elles climatologiquement représentatives? Si non, pourquoi? Rapports de Travail de l'ISM. 1988; 151: 60 + annexe.
- Roloff, A.*: Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben. 1986; 18: 177.