



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

**Arbeitsberichte der MeteoSchweiz Nr. 103
(Vormals Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt)**

**Extension de la validité de la formule Suisse de calcul de
l'évapotranspiration**

Bernard Primault

Zürich 1981

Zweite, unveränderte Auflage 2008

No 103

EXTENSION DE LA VALIDITE DE LA FORMULE SUISSE DE CALCUL
DE L'EVAPOTRANSPIRATION

par

B. Primault, Zurich

Novembre 1981

Evapotranspiration

551.573

Résumé

Après avoir exposé les origines d'une formule empirique pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) en Suisse, l'auteur donne les raisons d'en étendre les possibilités d'utilisation. Il assortit son exposé de remarques concernant les précautions à prendre lors de l'utilisation de toute formule ou modèle empirique et celle-ci ne fait pas exception. La courbe de correction d'altitude (C) a été prolongée et le facteur saisonnier (j) a fait l'objet d'une adaptation pour trois zones distinctes. La validité des valeurs calculées a ainsi été étendue de 250 à 1800 m d'altitude environ.

Zusammenfassung

Der Autor erläutert die Gründe, warum eine Formel zur Errechnung der potentiellen Evapotranspiration (ETP) in der Schweiz entwickelt wurde. Die Anwendungsmöglichkeiten dieser empirischen Formel sollten nun erweitert werden. Vorsichtsmassregeln über die Verwendung von empirischen Formeln (oder Modellen) - diese bildet keine Ausnahme - werden erläutert. Die Höhenanpassungskurve (C) wurde verlängert und der jahreszeitliche Korrekturfaktor (j) für drei Höhenstufen angepasst. Die Verwendbarkeit der errechneten Werte erstreckt sich nun über einen Höhenbereich von 250 bis 1800 m.ü.M..

Riassunto

L'autore espone le origini di una formula empirica per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale (ETP) in Svizzera e spiega i motivi per estendere la sua possibilità d'utilizzazione. La relazione è dotata di osservazioni sulle precauzioni da prendere nell'utilizzazione di formule e modelli empirici in genere e che valgono naturalmente anche per la formula in questione. La curva di correzione d'altitudine (C) è stata estrapolata ed il fattore stagionale (j) è stato adattato per tre zone distinte. La validità dei valori così calcolati è stata estesa da circa 250 a 1800 metri di altitudine.

Summary

After he has exposed the origin of an empirical formula for the computation of the potential evapotranspiration (ETP) in Switzerland, the author gives arguments for an extension of its use. He assorts his text with remarks about the precautions that have to be taken when using any formula or model of that kind. The correction curve for height (C) has been prolonged and the seasonal factor (j) has been adapted to three distinct zones. The validity of the computed values has thus been extended from an altitude of 250 m to about 1800 m.

Extension de la validité de la formule suisse de calcul de l'évapotranspiration

1. Origine de la formule

Dans toutes les régions du globe, le bilan hydrique joue, en agriculture, un rôle très important, voire prépondérant. Dans les régions sèches, l'agriculture ne peut se développer que si des systèmes d'irrigation viennent combler les déficits; dans les régions plus arrosées, des systèmes de drainage s'imposent souvent.

La Suisse occupe une situation intermédiaire entre ces deux extrêmes. Il pourrait donc sembler superflu de s'occuper intensément de l'évolution du bilan hydrique du sol. Pourtant, l'expérience a montré que les précipitations naturelles ne suffisent pas toujours à un développement optimum des cultures. En outre, dans certaines régions (sur le flysch par exemple) des systèmes d'assainissement ou de drainage sont indispensables.

C'est la raison pour laquelle depuis de nombreuses années on a cherché à calculer l'évolution du bilan hydrique du sol au cours de l'année en partant de données météorologiques. Pour ce faire, de nombreuses formules étrangères étaient disponibles et furent testées.

Malheureusement, aucune d'elles ne donnait pleine satisfaction car, soit les facteurs de correction empiriques ne correspondaient pas aux conditions climatiques de notre pays, soit les grandeurs météorologiques nécessaires à l'application des formules nous manquaient.

Différents calculs statistiques et essais comparatifs ont conduit à l'établissement d'une formule strictement empirique, valable pour la Suisse d'abord, pour l'Europe centrale dans son sens restrictif ensuite. Cette formule permet de calculer l'évapotranspiration potentielle qui, déduite des précipitations, donne le bilan hydrique.

2. Nécessité d'adaptation

Comme toute formule d'origine empirique, celle qui fut élaborée a dû être adaptée au cours des ans. La forme elle-même a été simplifiée déjà des origines à l'utilisation actuelle (cf. Primault 1962 et Primault 1972).

Le principal défaut en était jusqu'ici d'une part que le facteur de correction d'altitude n'était valable que de 400 à 1400 mètres. En outre, on ne possédait qu'un seul facteur saisonnier j , calculé pour une altitude approximative de 500 mètres. Sa validité au-dessus de 750 mètres environ était donc fort aléatoire.

Ces deux considérations essentielles nous ont porté à revoir la formule et, surtout, à préparer l'extension de sa validité aussi bien pour des altitudes inférieures à 400 mètres que supérieures à 1400 mètres.

3. Avertissement aux utilisateurs

La formule de calcul de l'évaporation potentielle que nous avons présentée et que nous reprenons ici est basée uniquement sur une recherche statistique.

Elle est donc limitée aux conditions particulières des stations de base.

Toutefois, de nombreux essais ont montré qu'elle était également valable sur des espaces plus importants, mais ayant tous des caractéristiques climatologiques semblables à celles de la Suisse. A ce propos, il est apparu que, bien qu'élaborée principalement au nord et au sud des Alpes, sa validité pouvait être étendue sans autre aux vallées intérieures de la chaîne alpine et cela malgré le caractère beaucoup plus continental de leur climat (Valais central et Engadine par exemple). Elle ne saurait cependant être utilisée dans des conditions de climat aride ou semi-aride pas plus que dans des conditions typiquement maritimes.

Le fait qu'on n'y trouve que deux éléments météorologiques (humidité relative et durée d'insolation) peut nécessiter des corrections (en général vers le haut) en cas de régions fortement ventilées.

Un des défauts de la présente formule - et nous en sommes parfaitement conscient - est que la température n'y est pas prise en considération. Les travaux de Eugster (1964) et surtout de Luder (1981) ont souligné ce défaut. Les erreurs commises de ce fait dans les calculs sont en partie compensées par l'évolution saisonnière du facteur j .

La plupart des formules étrangères peuvent être appliquées pour tous les laps de temps. Elles donnent en général une valeur moyenne journalière de ETP. Dans notre cas, la durée est donnée par la variable n . Des comparaisons entre les quantités calculées et mesurées montrent que les meilleures relations se rencontrent pour des valeurs de n situées entre 5 et 12. Les différences entre quantités calculées et mesurées (elles peuvent être positives ou négatives) augmentent rapidement pour $n < 5$ et beaucoup plus lentement pour $n > 12$. Nous ne recommandons cependant pas l'usage de la formule pour des laps de temps dépassant 31 jours, si ce n'est en fractionnant la période.

4. La correction d'altitude C

Dès l'élaboration de la formule, nous avons été frappé par le fait que l'évaporation, c'est-à-dire les pertes d'une surface d'eau libre vers l'atmosphère, devait être fonction de l'altitude. En effet, par humidité constante (humidité absolue, point de rosée, déficit de saturation ou humidité relative) plus on s'élevait, plus la balance de Wild donnait des valeurs importantes.

Comme nous ne possédions pas de valeurs du rayonnement sur la balance elle-même et que nous utilisions la durée d'insolation comme corollaire de cette grandeur météorologique, le facteur C devait se substituer au "trouble atmosphérique".

C'est donc en partant d'une courbe de la variation du trouble en fonction de l'altitude que nous avons prolongé la courbe du facteur C, d'une part vers des altitudes basses, d'autre part, vers la haute altitude (cf. Valko 1961, Schönbächler et Valko 1965). A partir de 1600

mètres environ, nous pouvons, dans notre cas particulier, considérer que le trouble atmosphérique est constant.

5. Le facteur saisonnier j

C'est en étudiant systématiquement les résultats des mesures de l'évapotranspiration potentielle (évapotranspiromètre), aussi bien que de l'évapotranspiration réelle (lysimètre) (cf. entre autres Primault 1971) que l'on avait établi la première courbe d'adaptation saisonnière. Cette courbe s'est révélée valable entre 250 et 750 mètres environ. Au-dessus et en raison de la durée d'enneigement et de l'évolution plus lente de la végétation, cette dite courbe n'était plus utilisable.

Lors de la première utilisation de la formule en montagne (étude des besoins en eau des communes de Susch, Lavin, Guarda, en Basse-Engadine), nous n'avions retenu de cette courbe que les mois de mai, juin, juillet et août. Les résultats obtenus ont montré que ce choix était judicieux pour juillet et août, mais vraisemblablement pas pour mai et juin.

En tenant compte aussi bien de valeurs climatologiques (non seulement des moyennes, mais surtout de calculs fréquentiels), de la durée d'enneigement que du développement de plantes vivaces, c'est-à-dire de données phénologiques, on a cherché à différencier le facteur j en fonction de l'altitude. Il en est résulté deux courbes supplémentaires: l'une valable entre 750 et 1300 mètres environ, l'autre au-dessus de 1300 mètres.

Ne possédant pas d'évapotranspiromètre à ces altitudes, il ne nous a pas été possible de vérifier les courbes in situ. D'après certains essais suisses, l'ordre de grandeur en paraît cependant judicieux.

6. L'élément de base S - durée d'ensoleillement

Lors des travaux de vérification de la formule et en utilisant des valeurs de l'évaporation de la balance de Wild provenant de certaines stations du Valais (de Visp en particulier), on a été frappé des écarts considérables que l'on obtenait entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées, les secondes étant généralement bien supérieures aux premières.

Nous avons tout d'abord attribué ces écarts au vent. Des calculs comparatifs ont cependant montré que cet élément ne devait pas jouer le rôle que nous lui avons attribué au début.

En cherchant à cerner le problème de plus près, nous avons dû constater que, dans les cas des stations météorologiques de Visp et Martigny, la durée d'ensoleillement maximum possible était fortement réduite par l'horizon naturel. Il en résultait nécessairement que la durée effective (mesurée) était trop faible par rapport au rayonnement reçu. C'est la raison pour laquelle nous avons recherché à adapter le facteur S à des conditions locales extrêmes. Il en est résulté la formule suivante:

$$S^* = S \frac{S_A}{S_M} \quad [1]$$

où S* est la valeur à utiliser dans les calculs, S la durée effective d'insolation, S_A la durée d'insolation astronomique et S_M la durée d'insolation maximum possible.

Cette formule de substitution est à utiliser partout où l'insolation maximum possible est inférieure à 80% de l'insolation astronomique (valeurs mensuelles).

7. Feuille de résumé

Afin de faciliter l'usage de notre formule aux utilisateurs nous avons repris la formule elle-même plus les deux genres de courbes de correction (correction d'altitude C et facteurs saisonniers j) sur une seule feuille (voir appendice). Ainsi, l'utilisateur de la formule aura sous la main toutes les bases nécessaires à ses calculs.

8. Bibliographie

- Eugster C. Landarbeitszeitspannen und Verfahrenstage innerhalb der einzelnen Zeitspannen in verschiedenen Regionen der Schweiz. Thèse de doctorat No 3440 à l'EPFZ. 1964. Juris-Verlag Zurich. 102 S + 8 Karten.
- Luder W. Communication personnelle 1981.

- Primault B. Du calcul de l'évapotranspiration.
Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bio-
klimatologie.
Serie B. Band 12. Heft 1. 1962. SS 124-150.
- Primault B. Premiers résultats de la mesure de l'évapo-
transpiration réelle.
Rapports de travail de l'Institut suisse de
météorologie.
No 16. 1971. 3 pp + 1 table.
- Primault B. Etude mésoclimatique du canton de Vaud.
Cahiers de l'Aménagement régional.
No 14. Lausanne 1972. 186 pp + 35 planches
hors-texte.
- Schönbächler M. und Trübungsmessungen in der Stadt Locarno und
Valko P. ihrer Umgebung sowie auf einer Alpenfahrt.
Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bio-
klimatologie.
Serie B. Band 14. Heft 1. 1965. SS 81-93.
- Valko P. Untersuchung über die vertikale Trübungs-
schichtung der Atmosphäre.
Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bio-
klimatologie.
Serie B. Band 11. Heft 2. 1961. SS 143-210.

Adresse de l'auteur: B. Primault, Dr Ing.
Institut suisse de météorologie
Section de météorologie agricole et
de biométéorologie humaine
Case postale
CH-8044 Z u r i c h

E V A P O T R A N S P I R A T I O N

(Formule de Primault)

$$ETP = (1,03 - H) (S + 2n) C j$$

- ETP = Evapotranspiration potentielle
- H = Humidité relative moyenne (en % / 100)
- S = Durée d'insolation effective en heures *)
- n = Nombre de jours de la période considérée
- C = Correction d'altitude
- j = Facteur de correction saisonnier

) Si l'insolation maximum possible S_M est inférieure à 80 % de l'insolation astronomique S_A à la latitude du lieu, on utilisera la valeur de S^ au lieu de S

$$S^* = S \frac{S_A}{S_M}$$

Correction d'altitude C.





