

Planche 4.1 Evaporation réelle annuelle moyenne 1973–1992

Introduction

On entend généralement par évaporation (évapotranspiration), le passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux. Ce changement de phase s'effectue aussi bien à partir de surfaces de matière vivante (végétation) que de surfaces de matière inanimée (plan d'eau, rocher, sol). Ce processus est activé par les conditions météorologiques et, le cas échéant, par la végétation. Ce transfert de vapeur d'eau vers l'atmosphère a pour effet de limiter les quantités d'eau disponibles sur terre et crée un poste «dépenses» dans le bilan hydrique. Mais avec le transfert de vapeur d'eau, des quantités considérables d'énergie sont également échangées, ce qui a une influence décisive sur le climat et contribue en fin de compte à une certaine égalisation des conditions thermiques à la surface de la terre. En ce sens, l'évaporation joue un rôle capital dans les études de productivité, tant en économie rurale que forestière. Ce rôle essentiel est particulièrement évident quand il s'agit d'évaluer les ressources en eau, d'analyser les étages et, plus généralement, d'étudier le climat.

La détermination précise de la quantité d'eau évaporée, exprimée en lame d'eau, est particulièrement difficile du fait que, en plus de mécanismes purement physiques, des processus biologiques interviennent également. Par ailleurs, l'évaporation est susceptible de varier considérablement, dans l'espace et dans le temps en raison, avant tout, des caractéristiques locales très changeantes: topographie, altitude, utilisation et propriétés des sols, sans oublier la variabilité du climat. Il faut tenir compte de toutes ces contraintes lors de la détermination de l'évaporation réelle alors que pour le calcul de l'évaporation potentielle on révisage que des surfaces idéalisées, tout en supposant disponibles des quantités d'eau illimitées.

Alors qu'il existe plusieurs études ponctuelles et limitées dans le temps sur l'évaporation en Suisse, on n'avait pas jusqu'à récemment une image très claire de la distribution spatiale du phénomène (évaporation régionale), tout particulièrement dans le domaine alpin. Dans le but de combler cette lacune, on met en oeuvre de plus en plus souvent des modèles de simulation permettant de déterminer les composantes du bilan hydrique, l'évaporation en particulier.

Modélisation de l'évaporation

Pour simuler l'évaporation réelle régionale, on dispose du modèle d'évaporation TRAIN, qui intègre les connaissances touchant à l'évaporation et à des processus associés, acquises sur le terrain [1,2]. Les différentes composantes de l'évaporation sont tout d'abord calculées séparément dans TRAIN puis, au cours d'une seconde étape, elles sont combinées de façon à obtenir l'évaporation réelle. Pour la régionalisation de l'évaporation, on introduit encore des constantes spécifiques du terrain (topographie, qualité et utilisation des sols) et des variables décrivant les conditions météorologiques, dans un schéma de calcul indépendant de l'échelle. Les composantes suivantes sont prises en compte:

- énergie disponible, compte tenu des conditions variables d'ensoleillement et des ombres portées
- variables relatives aux différentes utilisations des sols, comme par exemple hauteur de la végétation, surface du feuillage, albédo
- accumulation et fonte de la couche de neige, sublimation de la neige et de la glace
- interception et évaporation de l'eau interceptée
- évaporation à partir des plantes (transpiration), selon le stade de développement de la végétation, de l'humidité du sol et des conditions météorologiques, calculée d'après Penman-Monteith
- évaporation à partir des plans d'eau
- quantité d'eau effectivement disponible dans le sol.

Les données nécessaires aux calculs proviennent du réseau climatologique et pluviométrique de l'Institut suisse de météorologie (v. planche 2.1). Pour l'interpolation régionale des données climatiques, on a utilisé une combinaison de régression avec l'altitude et de pondération selon l'éloignement [3]. Les autres ensembles de données nécessaires pour TRAIN sont la Statistique de la superficie avec données sur l'utilisation du sol, un Modèle altimétrique digitale et informations dérivées (inclinaison, orientation et exposition des pentes), la carte numérique des aptitudes des sols, avec épaisseur et capacité de stockage de l'eau.

La modélisation de l'évaporation régionale s'effectue à l'aide d'une grille à maille carrée de 1 km de côté, superposée au fond topographique de la Suisse. Les données météorologiques journalières sont alors interpolées en chaque maille de la grille. On peut ensuite calculer l'évaporation réelle de chaque maille, pour chaque jour de la période 1973–1992.

Résultats

Les isolignes de la carte au 1:500 000 représentent la moyenne annuelle de l'évaporation réelle pour la période de référence de 20 ans. On remarque au premier coup d'oeil la dépendance de l'évaporation par rapport à l'altitude, avec de fortes valeurs sur le Plateau, dans les vallées alpines et au Tessin, et de faibles valeurs dans les Alpes, les Préalpes et le Jura. La très nette diminution de l'évaporation avec l'augmentation de l'altitude est à attribuer surtout à la plus longue durée de la couverture neigeuse ainsi qu'aux températures généralement plus basses qui font plus que compenser l'augmentation du rayonnement solaire avec l'altitude qui, lui, favorise au contraire l'évaporation. A cela s'ajoute le fait que, souvent en montagne, les sols sont minces, ont une faible capacité de rétention, que la couverture végétale est peu épaisse et que la période de croissance est courte. De vastes régions des Alpes sont dépourvues de végétation; l'évaporation y est ainsi comparativement basse (fig. 4). Avec leur évaporation extrêmement basse, les grands glaciers ressortent bien sur la carte d'isolignes. Les surfaces construites (habitations, industries, voies de communication) se distinguent également par des valeurs d'évaporation relativement basses. Par contre, certaines lignes de crêtes du Plateau ressortent comme zones à forte évaporation, ce qui souligne l'importance de l'évaporation en forêt. Cependant, l'évaporation des lacs est de loin la plus forte.

L'influence combinée du climat, de l'altitude, de l'exposition, de l'utilisation et des caractéristiques des sols, donne finalement une image extrêmement fragmentée de l'évaporation, particulièrement bien visible sur la carte de pixels au 1:1'100'000. Mais cette extrême variabilité de l'évaporation à l'échelle fine n'est pas rendue sur la carte d'isolignes au 1:500'000, basée pourtant sur la précédente, en raison de l'opération de généralisation effectuée.

En regroupant toutes les mailles de la grille où l'occupation du sol est la même, on peut calculer différentes valeurs d'évaporation spécifique pour la Suisse. On trouve ainsi 901 mm pour les plans d'eau, 616 mm pour la forêt, 436 mm pour les cultures de plaine et de montagne, 434 mm pour les zones construites, 234 mm pour les affleurements rocheux, 199 mm pour les surfaces consacrées aux transports, 156 mm pour les glaciers et les névés. La moyenne générale, pour la Suisse, est de 484 mm.

La relation entre l'évaporation totale et l'altitude (fig. 2) montre, pour les altitudes basses (jusque vers 700 m), des valeurs annuelles moyennes allant jusqu'à environ 560 mm. Si les lacs, avec leur évaporation généralement très forte, sont inclus dans le calcul, il en résulte pour les altitudes les plus basses, une évaporation annuelle moyenne de plus de 700 mm. En raison de la proportion plus faible de surface occupée par des lacs, l'influence de ceux-ci sur l'évaporation totale devient faible au-dessus de 700 m environ. Jusque vers 3000 m d'altitude environ, l'évaporation diminue constamment, pour atteindre une valeur d'environ 230 mm. Plus haut, il n'y a plus de dépendance bien visible par rapport à l'altitude, ce qui pourrait s'expliquer, entre autres raisons, par le nombre très réduit de valeurs rencontrées dans ces classes-là d'altitudes. Les deux autres relations de dépendance avec l'altitude données dans la figure 2 correspondent aux deux classes principales d'affectation, la forêt et l'agriculture (de plaine et de montagne). Chacune d'elles reflète l'évolution moyenne de l'évaporation générale avec l'altitude, mais avec des valeurs absolues bien différentes.

On remarque la forte évaporation de la forêt, qui souligne l'importance de la contribution de l'évaporation liée à l'interception.

La figure 1 montre les variations de l'évaporation, le long d'un profil Ajoie–Valais. Outre leur dépendance évidente par rapport à l'altitude, les variations de l'évaporation sont également déterminées par les différentes classes d'occupation du terrain, de propriétés du sol, d'expositions. Ainsi, l'évaporation relativement faible dans le Jura n'est pas seulement due à l'altitude, puisque cette région est surtout recouverte de forêt, dont l'évaporation est habituellement forte. En fait, dans le Jura, les caractéristiques relativement peu favorables des sols se font sentir (épaisseur réduite, faible pouvoir de rétention), ce qui limite la transpiration. L'évaporation atteint par contre des valeurs élevées dans les forêts de l'Ajoie car là les sols et les caractéristiques climatiques créent des conditions optimales pour la transpiration des plantes. La variation de l'évaporation est particulièrement frappante à proximité du flanc nord-ouest des Alpes. La forte évaporation sur le lac de Thoune contraste avec les valeurs inférieures à 200 mm que l'on rencontre un peu plus loin vers le sud, dans les zones à forte couverture de glace des Alpes bernoises.

Pour obtenir la représentation de la variabilité temporelle de l'évaporation de la figure 4, on a retenu sur le profil Ajoie–Valais, trois petites surfaces très différentes les unes des autres et reporté leurs moyennes journalières. La parcelle du Plateau, dédiée à l'agriculture, montre une évaporation pratiquement nulle pendant les mois d'hiver. Par contre, les valeurs journalières s'élèvent rapidement pendant les mois d'avril et mai, lors de la phase maximale de croissance de la végétation. La parcelle de forêt, située en Ajoie, évapore par moments nettement plus que la parcelle du Plateau. On reconnaît là l'effet de la contribution, élevée pendant l'hiver, de l'évaporation après interception. Comme le montre bien la parcelle rocheuse, située dans les Alpes valaisannes, l'évaporation à partir de surfaces dépourvues de végétation peut atteindre des valeurs non négligeables. Cela tient en partie à la sublimation de la neige, en hiver et au moment de la fonte, et d'autre part, en raison de l'évapo-interception, les pertes sur les surfaces mouillées jouent là un rôle important. Les fortes valeurs de l'évapo-interception pendant le court été signifient que les passages entre phases d'humidification (pluies) et ressuyages subséquents sont particulièrement nombreux.

Les exemples de la figure 4 concernent trois parcelles isolées, de chacune 1 km², qui ne peuvent donc pas être considérées comme caractéristiques de régions entières. Pour appréhender l'évaporation moyenne de régions à utilisation uniforme du sol, on a retenu à titre d'exemple les vastes surfaces forestières présentes dans toutes les parties du pays. Pour ménager des possibilités de comparaisons entre les différentes régions, la recherche s'est portée sur les altitudes entre 800 et 1000 m. Sur la figure 3, les résultats sont présentés sous forme de cycles annuels moyens de valeurs journalières d'évaporation. Certaines différences régionales dans l'évaporation forestière sont bien reconnaissables, en particulier les fortes valeurs estivales à l'est du Plateau ainsi que dans l'Oberland bernois et le canton de Vaud. Par contre, en été, la transpiration en forêt, dans le Jura et au Tessin, reste limitée, ce qui donne de nouveau là une indication sur les propriétés comparativement peu favorables du sol. Pendant le semestre d'hiver, l'évaporation forestière est relativement forte au Tessin, ce qui provient bien évidemment des conditions climatiques plus favorables.

Bibliographie

- [1] **Menzel, L. (1997):** Modellierung der Evapotranspiration im System Boden-Pflanze-Atmosphäre. Zürcher Geographische Schriften, Nr. 67, Zürich.
- [2] **Schlegel, T. et al. (1998):** Interzeptionsverdunstung im hochalpinen Raum. Berichte und Skripten, Nr. 62, Geographisches Institut ETH, Zürich.
- [3] **Schulla, J. (1997):** Hydrologische Modellierung von Flussgebieten zur Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen. Zürcher Geographische Schriften, Nr. 69, Zürich.