

**VARIABILITÉ CLIMATIQUE : ANALYSE ET INCIDENCES
SUR L'ÉTABLISSEMENT ET L'UTILISATION DES BILANS HYDRIQUES
POUR LE ZONAGE AGRO-PÉDO-CLIMATIQUE**

**VARIABILIDAD CLIMÁTICA : ANÁLISIS E INCIDENCIAS
SOBRE LA ELABORACIÓN Y LA UTILIZACIÓN DE LOS BALANCES HÍDRICOS**

M. EL DIN

RESUMEN

Los factores climáticos determinan en gran parte las aportaciones de agua (precipitaciones) y las salidas de agua (evapotranspiración) en los sistemas suelo-planta.

Por consiguiente, el análisis de las relaciones entre el suelo y el agua se sitúa en un marco más amplio que es el de las relaciones entre el clima, el suelo y las plantas y que constituye un marco adecuado para estudiar el abastecimiento de agua en los cultivos. Ése puede ser realizado a dos niveles diferentes :

1) al nivel regional, con objeto de establecer una zonificación agroclimática basada en los riesgos de sequía y en las potencialidades climáticas de producción. Entonces, esa zonificación es útil para el diagnóstico y la ordenación regional, para evaluar la representatividad de un sitio y las posibilidades de extrapolación de los resultados interesantes obtenidos al nivel local.

2) al nivel parcelario con objeto de seguir en tiempo real el balance hídrico de los cultivos, lo que puede llegar al diagnóstico hídrico, a las perspectivas de rendimiento, a la información que debe ser suministrada a los agricultores y a las directivas relativas al riego.

El estudio del abastecimiento hídrico puede concernir a un cultivo o a una variedad particular o extenderse a un grupo de cultivos en su conjunto.

A esas finalidades diferentes corresponden unas técnicas de análisis diferentes. Sin embargo, en todos los casos, el análisis propuesto se fundamenta en cierto número de conceptos importantes.

1) Seguir el abastecimiento hídrico de un cultivo es comparar dos magnitudes homogéneas que, por una parte, indican las necesidades de agua del cultivo y por otra parte, la disponibilidad del agua para ese cultivo. Las necesidades de agua dependen de la presión climática ejercida sobre el cultivo que se expresa en la evapotranspiración potencial, del desarrollo del cultivo y de la estrategia agrícola selecta : las necesidades de agua que pueden garantizar una producción mínima dentro del marco de una estrategia de protección alimenticia no son, por supuesto, las mismas que las necesidades correspondientes a una tentativa de optimización de la producción. En el caso de un análisis macroscópico que quiere ser regional y no específico de un cultivo o de una variedad particular, se contenta con expresar esas necesidades de agua por una fracción de la evapotranspiración potencial.

La disponibilidad del agua para las plantas puede expresarse por la reserva de agua en el suelo utilizable por el cultivo. En el caso de una aproximación macroscópica regional y no específica, se considera que la lluvia es el término preponderante de ese balance y se asimila el estudio de las disponibilidades del agua al de las precipitaciones. Para hacer una aproximación más precisa al nivel de la parcela, es necesario evaluar los diferentes términos del balance hídrico del cultivo, lo que implica el conocimiento de cierto número de parámetros característicos del suelo y del cultivo considerado.

2) El paso de tiempo selecto para ese análisis debe ser relacionado con la importancia de la reserva hídrica del suelo, es decir con su capacidad para almacenar y luego restituir al cultivo cierta cantidad de agua durante el período correspondiente al paso de tiempo selecto. También debe ser relacionado con la precisión deseada para determinar las fechas del calendario agrícola (unos días).

Por consiguiente, parece que el mes y a fortiori el año es un paso de tiempo inadecuado y demasiado largo para ese tipo de análisis. Actualmente, los agroclimatólogos utilizan pasos de tiempo de 5 a 15 días como máximo conforme al objetivo del estudio realizado.

3) La variabilidad climática y particularmente la variabilidad de las precipitaciones es muy importante en la zona tropical. Es

absolutamente necesario tener en cuenta esa variabilidad para determinar las disponibilidades del agua.

- Al nivel regional, se debe tener en cuenta a la vez la variabilidad interanual y la variabilidad espacial de las precipitaciones. La expresión de las lluvias en términos de probabilidad de aparición de ciertas cantidades de agua correspondientes a necesidades hídricas perfectamente definidas permite realizar de manera satisfactoria el estudio de la variabilidad interanual, porque el análisis de frecuencia de las lluvias es muy experimentado. En cambio, no se sabe realizar de manera conveniente el estudio de la variabilidad espacial. Investigaciones están efectuándose para intentar comprender el determinismo de las precipitaciones con arreglo a la circulación y a la naturaleza de las masas de aire, a la topografía de la región, al tipo del suelo y de su cobertura,...

- Al nivel parcelario, cuando se trata del estudio del balance hídrico de un cultivo, en tiempo real, en áreas de cerca de unas hectáreas, casi no se plantea el problema de la variabilidad de las precipitaciones. Entonces, la mayor dificultad radica en el estudio de la variabilidad espacial de las propiedades hidrodinámicas del suelo, es decir en el análisis de la estructura espacial de la parcela estudiada.

Se ilustran los conceptos generales anteriormente mencionados por unos trabajos de zonificación realizados por la ORSTOM en América Central y en el Caribe. Se trata de una zonificación agroclimática general (no específica de un cultivo) de Jamaica y de una zonificación agro-pedo-climática de la caña de azúcar en Costa Rica.

Les relations sols-eau gouvernent directement l'alimentation hydrique et minérale des cultures et, indirectement, l'ensemble de leur métabolisme. C'est dire que ce sujet est au coeur des problèmes de production agricole végétale.

Suivre l'alimentation hydrique d'une culture, c'est comparer deux grandeurs homogènes (même unité) exprimant d'une part les besoins en eau de la culture, d'autre part la disponibilité de l'eau pour cette culture. Les besoins en eau dépendent de la contrainte climatique exercée sur la culture qui est correctement exprimée par l'évapotranspiration potentielle (ETP) , du stade de développement de la culture et de la stratégie agricole retenue : les besoins en eau susceptibles de garantir un minimum de production dans le cadre d'une stratégie de sécurité alimentaire ne sont bien sûrs pas les mêmes que les besoins correspondant à une tentative de maximisation de la production. Pour une analyse macroscopique qui se veut régionale et non spécifique d'une culture ou d'une variété particulière, on se contente d'exprimer ces besoins en eau par une fraction de l'ETP.

Quand à la disponibilité de l'eau pour les plantes, elle peut s'exprimer par l'état de la réserve en eau du sol, utilisable par la culture. L'expression de cette réserve résulte de l'écriture d'un bilan hydrique :

$$RH = RH_0 + P - ETR - r - d$$

Au cours d'une période donnée, la réserve hydrique en fin de période (RH) est égale à la réserve hydrique en début de période (RH_0) augmentée de la pluie (P) tombée durant la période et diminuée des pertes en eau dues à la consommation hydrique effective de la culture c'est à dire à son évapotranspiration réelle (ETR), au ruissellement (r) et au drainage (d). Pour une approche macroscopique, régionale, non spécifique, on considère que la pluie est le terme très nettement prépondérant de ce bilan et l'on assimile l'étude des disponibilités en eau à celle des précipitations. Pour une approche plus fine, conduite généralement à l'échelle de la parcelle, il est nécessaire d'évaluer RH. Cela suppose la connaissance d'un certain nombre de paramètres caractéristiques du sol et de la culture, nécessaires à la détermination des termes de ce bilan hydrique.

Le pas de temps choisi pour cette analyse doit être en rapport avec l'importance de la réserve hydrique du sol c'est à dire avec son aptitude à stocker puis à restituer à la culture une certaine quantité d'eau au cours de la période correspondant au pas de temps retenu. Il doit être également en rapport avec la précision désirée pour la détermination des dates du calendrier agricole - (quelques jours).

Il apparaît ainsi que le mois et a fortiori l'année, est un pas de temps inadéquat, beaucoup trop long, pour ce genre d'analyse. Les agroclimatologues utilisent actuellement des pas de temps de l'ordre de 5 à 15 jours maximum suivant le but de l'étude entreprise.

Pour chaque période élémentaire il est possible de définir un déficit hydrique (DH) égale à la différence entre le volume de la réserve utile (RU) et la valeur actuelle de la réserve hydrique (RH) :

$$DH = RU - RH$$

L'utilisation des valeurs du déficit hydrique pour la

réalisation des zonages agro-pédo-climatique, c'est à dire pour la caractérisation et la délimitation des aptitudes régionales à assurer une alimentation en eau satisfaisante aux cultures, se heurte à quatre difficultés principales :

- Le niveau de l'alimentation en eau souhaitée dépend des besoins en eau des diverses cultures étudiées et de leur stade de développement. On résoud ce problème en réalisant le zonage pour une culture déterminée ou pour un groupe de cultures relativement homogènes quant à leur exigences en eau.

- La réserve en eau utile (RU) est limitée par la profondeur exploitable du sol, et elle dépend, à une date donnée, de la profondeur effectivement atteinte par le système racinaire de la culture considérée. Autrement dit, RU est une grandeur variable dans le temps, au cours du cycle de culture.

- Les précipitations sur lesquelles on peut compter à un moment donné de l'année varient considérablement d'une année à l'autre. La variabilité interannuelle des pluies est particulièrement forte en milieu tropical si bien que les moyennes n'ont que peu d'intérêt. Il est beaucoup plus intéressant de connaître la probabilité d'obtenir, grâce aux précipitations, une quantité d'eau donnée correspondant à un besoin bien identifié. L'analyse du risque de sécheresse est donc basée sur l'étude fréquentielle des événements qui la déterminent et, en particulier, sur l'étude fréquentielle des déficits hydriques.

- La sécheresse d'une zone ne se caractérise pas seulement par l'intensité d'un déficit hydrique mais aussi par sa durée. Pour pallier cette difficulté on utilise le concept de " période de culture " défini comme la succession des périodes élémentaires (10 jours, par exemple) pour lesquelles le déficit hydrique (DH) se maintient en dessous d'un seuil critique.

La prise en compte de ces difficultés nous a conduit

à procéder de la façon suivante :

. On utilise un modèle de bilan hydrique qui intègre de façon rationnelle les paramètres pédologiques et biologiques aux variables météorologiques pour la détermination du déficit hydrique atteint par le sol au cours de chacune des décades de l'année. Il s'agit en fait du déficit hydrique cumulé pour les dix jours de la décade.

. On fait porter l'analyse fréquentielle directement sur les déficits hydriques décadaires calculés par le modèle. Cela suppose de faire " tourner " le modèle de bilan hydrique sur l'ensemble des années pour lesquelles on dispose des données nécessaires. On remplace ainsi la matrice : n années x 36 décades des pluies décadaires par une matrice de même grandeur mais concernant les déficits hydriques décadaires. Il faut disposer d'au moins une quinzaine d'années de mesure des précipitations pour réaliser une analyse fréquentielle correcte.

L'exposé détaillé du modèle de bilan hydrique utilisé est donné dans la publication correspondant à la référence bibliographique n°5 donnée en fin d'article.

On peut se reporter aux références n°1 et 9 pour une description de la politique de l'analyse fréquentielle.

On trouvera en référence n°8 un exemple de zonage agro-pédo-climatique réalisé par cette méthode pour la région du Pacifique Nord du Costa Rica.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) ELDIN, M., 1983 - A system of agroclimatic zoning to evaluate climatic potential for crop production. In. Cusak, D.F. (Ed.). Agroclimatic information for development. Reviving the Green Revolution. Boulder, Colorado, Westview, 83-91.
- (2) LHOMME J.P. et M. ELDIN, 1983 - Agroclimatic study of Jamaica. IICA-ORSTOM. San José, Costa Rica, 51 p.
- (3) LHOMME J.P. et O. ROJAS, 1983 - Analisis de los riesgos climaticos para la agricultura en el Departamento de La Paz (Bolivia), metodologia y resultados. Costa Rica. IICA-ORSTOM. 43 p.
- (4) LHOMME J.P. et A. AZAEL, 1984 - Aspects méthodologiques d'une étude agroclimatologique d'Haïti. IICA, Haïti. Poligrafiado. 4p.
- (5) LHOMME J.P. et M. ELDIN, 1985 - Un modèle agroclimatologique de simulation du bilan hydrique des cultures. In : Conference internationale de la CIID : " Besoins en eau des cultures ". INRA, Paris. 841-852.
- (6) ROJAS O. et M. ELDIN, 1983 - Determinacion del potencial agroclimatico para la produccion de cana azucar (*Saccharum officinarum*, L.) en Costa Rica. Turrialba 33 (1) 1-10.

- (7) ROJAS O. et M. ELDIN, 1983 - Zonification agroecologica para el cultivo de cana de azucar (Saccharum spp.) en Costa Rica. Turrialba 33 (2) 151-160.
- (8) ROJAS, O., 1985 - Estudio de las condiciones hidricas del Pacifico Norte de Costa Rica. IICA, Série Publicaciones Miscelaneas n°546. San José, Costa Rica, 73 p.
- (9) ELDIN M., 1985 - Le risque climatique, élément des risques encourus pour la production agricole. In : " A travers champs. Agronomes et Géographes ". Collection " Colloques et Séminaires ". Paris. 231-238.
- (10) ELDIN M., 1986 - Risques et potentialités climatiques pour la production agricole. In : "Climat et développement ". ORSTOM.Collection " Colloques et Séminaires ". Paris. 179-187.