

Un nouvel indice de sécheresse pour les domaines méditerranéens. Application au bassin du Guadalquivir (sudest de l'Espagne).

En: "Un nouvel indice de sécheresse pour les domaines méditerranéens. Application au bassin du Guadalquivir (sudest de l'Espagne)", *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, vol. 13, Nice, pp. 225-234.

M. F. PITA

Departamento de Geografía Física . Universidad de Sevilla. C/ María de Padilla s.n.
41.002-SEVILLA (Espagne).
mfpita@cica.es

Résumé:

L'article propose un nouvel indice pour le suivi de la sécheresse dans les domaines méditerranéens. En plus de l'accessibilité des données de base (précipitations mensuelles) et la facilité des calculs, l'indice se veut capable de rendre bien compte de la durée réelle de la sécheresse et de l'intensité cumulée qui en découle, tout en améliorant les résultats obtenus jusqu'à présent avec ce type d'indices, dont le standardised precipitation index serait le meilleur exemple.

Abstract:

The paper proposes a new index for drought monitoring in Mediterranean climates. Based on monthly precipitation data and easy calculations, the index reflects for each moment the real duration and severity of drought and improves the results reached with other similar indexes like the Standardised Precipitation Index.

Mots clés: Indice, sécheresse, Méditerranée, Andalousie.

Key-words: Index, drought, Mediterranean, Andalusia.

Introduction.

Pendant les trois dernières décennies l'Andalousie a subi les sécheresses les plus sévères de notre siècle. Ce phénomène, auquel il faut ajouter l'augmentation continue des consommations en eau, a donné lieu à une crise profonde dans le système traditionnel de gestion des ressources hydriques et à sa remise en question. Dans ce contexte, la mise en place d'indicateurs capables d'évaluer et de suivre la sécheresse est devenu un défi très important pour la région. Un défi qui existe aussi, d'ailleurs, dans tout l'ensemble de la Communauté Européenne, où la fréquence croissante des sécheresses et leur sévérité ont mené à l'organisation de plusieurs *forums* de débat à propos de ce sujet (Space Applications Institute, 1999) et où l'on envisage même la création d'un Réseau Européen pour la Recherche et la Mitigation de la Sécheresse.

Notre étude se situe dans ce contexte et essaie de répondre à ce défi à partir de l'élaboration d'un nouvel indice de sécheresse, qui poursuit deux objectifs principaux: d'une part l'accessibilité aux données de base et la facilité des calculs, de façon à pouvoir être utilisé en routine pour le suivi de la sécheresse; d'autre part, une adaptation aussi bonne que possible aux climats méditerranéens. Cette dernière condition implique le besoin de tenir particulièrement compte des sécheresses à longue durée, les seules

capables d'ébranler des milieux parfaitement adaptés à de longues périodes de déficit hydrique et des sociétés avec de puissants systèmes de régulation de l'eau et des réservoirs hyperannuels permettant de faire face aux petites et moyennes sécheresses.

Notre indice se situe donc dans le domaine des indices météorologiques, sans aucune prétention de refléter la sécheresse édaphique ou agricole; parmi eux, dans le domaine des indices les plus simples et donc les plus directement utilisables en routine; enfin, parmi les indices à vocation de refléter de façon spéciale les sécheresses à longue durée (Tate et Gustard, 1997).

1. L'indice proposé.

Les objectifs poursuivis nous ont mené à l'élaboration d'un indice fondé sur la seule utilisation des précipitations mensuelles comme données de base et qui repose sur l'accumulation des anomalies successives pour essayer d'identifier les différentes séquences sèches et de préciser leur durée et leur intensité cumulée. Le choix de la précipitation pour l'expression des conditions hydriques répond à un critère d'ordre pratique: l'accessibilité aux données, mais il répond aussi aux conditions climatiques existantes dans les milieux méditerranéens, où la précipitation a un caractère tellement irrégulier qu'elle est sans doute la principale responsable de la variabilité temporelle des conditions hydriques (l'évapotranspiration potentielle étant beaucoup plus régulière et stable) et, donc, de la genèse des sécheresses. Pour sa part, l'échelle mensuelle répond au fait que l'absence de précipitations dans des échelles plus fines n'a aucune importance dans un milieu habitué à de longues périodes de déficit hydrique. Précisément, l'accumulation des anomalies répond au besoin, dans ces domaines, de refléter les sécheresses à longue durée, qui sont les plus importantes et les plus graves.

Avec ces données de base, l'indice - qui sera appelé indice standardisé de sécheresse pluviométrique (ISSP) - va identifier les différentes séquences sèches existantes dans les séries à partir de l'accumulation et ultérieure standardisation des anomalies pluviométriques mensuelles, ce qui comporte un processus en trois étapes. Dans la première étape on calcule les anomalies pluviométriques mensuelles de la série à partir de l'expression :

$$AP_i = P_i - P_{MED}$$

où:

AP_i = anomalie pluviométrique de chaque mois i .

P_i = valeur de la précipitation du mois i .

P_{MED} = précipitation médiane de la série correspondant à ce mois de l'année.

Dans la deuxième étape on accumule les anomalies pluviométriques mensuelles dès le premier mois de la série où l'on trouve une anomalie négative (c'est le début d'une séquence sèche) jusqu'au moment où l'on trouve une anomalie cumulée positive. À ce moment-là la séquence sèche serait terminée et l'on assisterait à la naissance d'une nouvelle séquence à caractère humide. Cette séquence humide se prolongerait jusqu'au moment où une nouvelle anomalie pluviométrique négative aurait lieu. À ce moment-là on assisterait à la naissance d'une nouvelle séquence sèche, qui serait évaluée dès le début (et sans établir de liaison avec la séquence humide précédente) avec la même méthode, et ainsi de suite. Le calcul dans cette étape serait:

$$APA_i = \sum AP_i$$

Depuis $i = AP$ négative jusqu'à $i = APA$ positive.

où:

APA_i = Anomalie pluviométrique cumulée du mois i .

Finalement dans la troisième étape on obtiendrait l'indice à partir de la standardisation des anomalies cumulées au moyen de leur conversion en valeurs z .

$$ISSP_i = ZAPA_i = (APA_i - \overline{APA}) / \sigma_{APA}$$

où:

$ISSP_i$ = indice standardisé de sécheresse pluviométrique du mois i ,

$ZAPA_i$ = Anomalie pluviométrique cumulée standardisée du mois i .

\overline{APA} = Moyenne des anomalies pluviométriques cumulées de tous les mois de la série.

σ_{APA} = Écart type des anomalies pluviométriques cumulées de tous les mois de la série.

Le processus de standardisation des anomalies pluviométriques cumulées au moyen de leur transformation en valeur z a un double avantage: d'une part l'obtention pour l'indice de valeurs valables universellement et comparables entre des stations différentes, et, d'autre part, l'expression de ces valeurs en termes de probabilité, étant donné que pour les courbes gaussiennes (c'est le cas, en général, des anomalies pluviométriques cumulées) chaque valeur z est associée à une certaine valeur de probabilité d'occurrence.

La figure 1 offre un exemple d'application de l'indice à la dernière grande séquence sèche existante au bassin du Guadalquivir (Décembre 1991- Avril 1996) et montre aussi la façon dont la méthode permet clairement la caractérisation de chaque séquence sèche à partir de tous les paramètres importants du point de vue climatique: *le début*, qui se situe au premier mois à anomalie pluviométrique négative, *la fin*, qui se situe au premier mois à anomalie pluviométrique cumulée positive après chaque sécheresse, *la durée*, qui serait le nombre de mois situés entre le début et la fin, et *l'intensité*, qui serait évaluée, soit à partir de l'indice moyen de tous les mois qui intègrent la sécheresse, soit à partir de l'indice maximum, soit de tous les deux.

2.- Application de l'indice au bassin du Guadalquivir.

On a calculé l'indice pour les précipitations tombées sur le bassin du Guadalquivir dès 1948 jusqu'à 1997 (figure 2). Les résultats montrent l'existence de nombreuses petites séquences sèches tout le long de la période analysée, mais il est important surtout de souligner l'existence de cinq séquences dont la durée dépasse une année et qui regroupent 198 mois, ce qui suppose l'existence d'une fréquence de sécheresse de 33% du temps. Étant donné que notre système de régulation est préparé pour faire face, au minimum, à des sécheresses d'une année de durée, on pourrait éliminer les 12 premiers mois de chaque séquence et l'on obtiendrait une fréquence de sécheresse (si l'on veut aller un peu plus loin, une probabilité d'occurrence de sécheresse) de 23% du temps, ce qui n'est pas du tout négligeable.

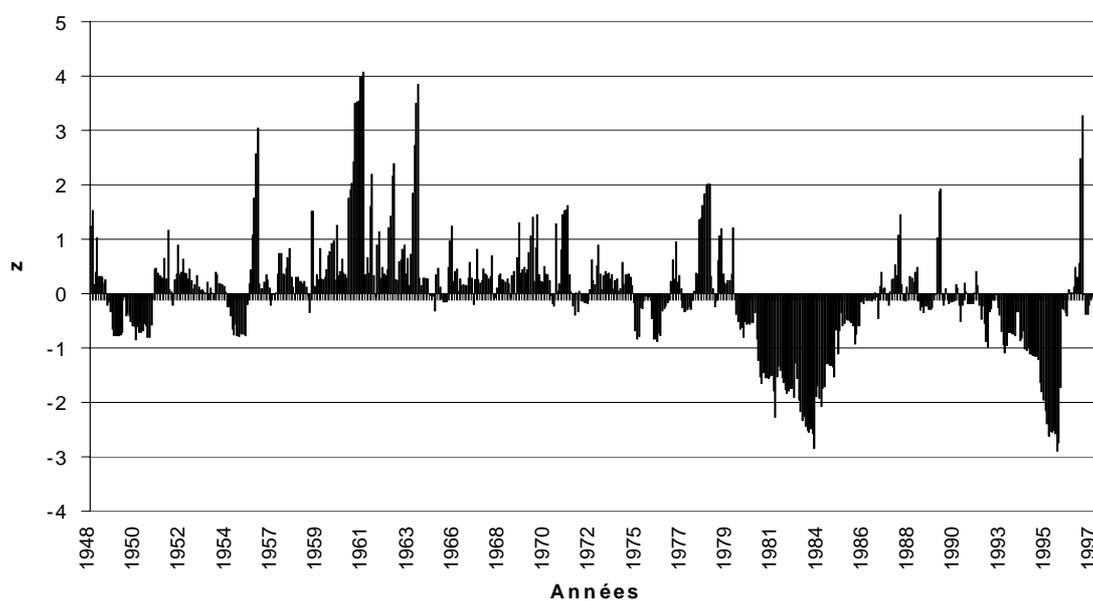


Figure 2: Indice standardisé de sécheresse pluviométrique dans le bassin du Guadalquivir (1948-1997).

Mais il faut souligner surtout l'importance des deux dernières séquences, qui sont sans doute les plus sévères du siècle, aussi bien par leur durée que par leur intensité, qui ont exigé un gros effort de la part de la société pour y faire face et qui apparaissent très bien sur la courbe de l'ISSP (figure 2 et tableau 1).

Tableau 1.- Séquences sèches dépassant l'année dans le bassin du Guadalquivir (1948-1997).

SÉQUENCES SÈCHES	DURÉE (mois)	INTENSITÉ MAXIMALE (z)
Novembre 1948-Février 1951	28	-0,85
Octobre 1954-Octobre 1955	13	-0,78
Novembre 1974-Août 1976	22	-0,87
Décembre 1979-Septembre 1986	70	-2,85
Décembre 1991-Avril 1996	65	-2,89

3.- Contribution de l'indice.

La principale contribution de l'indice serait l'établissement très précis de la durée de la sécheresse et de l'intensité cumulée qui en découle, deux aspects qui sont les plus difficiles à établir et les moins bien réussis dans le domaine des indices de sécheresse, en particulier les indices les plus simples et les moins exigeants en données.

Pour ce genre d'indices pluviométriques la méthode la plus utilisée pour cumuler les déficit successifs avec l'objectif d'identifier et de caractériser les séquences sèches est le calcul de la période de retour ou la probabilité d'occurrence de séquences à durée préalablement établie, la durée de 12 mois étant la plus utilisée (Pérez Cueva y Escrivá Ortega, 1983, Pita, 1995). C'est cette méthode qui est à la base du *Standardised Precipitation Index (SPI)*, très utilisé aux États Unis depuis quelques années et de plus

en plus répandu aussi en Europe (Szalai et Szinell, 1999, Vogt et al., 1999). Avec cet indice la sécheresse serait caractérisée à partir de la ponctuation z attribuable à chaque total pluviométrique de 6,12, 24... mois (Mac Kee et al., 1995).

Mais cette méthode présente à notre avis deux grands inconvénients: d'une part, l'établissement préalable d'une durée fixe (comment choisir à *priori* la durée à fixer?); d'autre part, le fait qu'il n'y ait aucune durée fixée préalablement qui reflète l'intensité de la sécheresse tout le long de sa durée réelle, en particulier, quand on fait face à de longues séquences sèches. L'origine de ce problème se doit au fait qu'une séquence sèche donnée n'a pas, en principe, une durée fixe; sa durée change au fur et à mesure qu'elle se développe, tout en passant par les stades de sécheresse courte, moyenne, longue ou très longue selon les cas, et cela devrait exiger une adaptation progressive de la durée fixée pour l'indice aux différentes étapes.

Les résultats de l'application du SPI reflètent ce phénomène et, en fait, dans les séquences longues les indices à durée courte (6, 12 mois) produisent de bons résultats pour le début de la sécheresse mais très mauvais pour la fin, tandis que les durées plus longues (24, 36, 48 mois) sont valables pour la fin mais pas pour le début. La figure 3 illustre cette affirmation à partir des résultats obtenus lors de l'application de l'ISSP et du SPI pour différentes périodes de référence à la sécheresse enregistrée entre 1979 et 1986 dans le bassin du Guadalquivir. On y voit bien que la SPI à 12 mois est très précise au début de la sécheresse et suit de très près le ISSP, mais sa capacité d'accumulation des déficits s'arrête à 12 mois, ce qui fait qu'il ne puisse pas capter la longueur complète de la sécheresse et, en fait, il l'interrompt au 35ème mois. Avec le SPI à 24 mois la capacité d'accumulation augmente et la sécheresse se prolonge un peu plus, mais sans arriver jusqu'à la fin. Les périodes de 36 et 48 mois, avec leur grande inertie, reflètent la sécheresse jusqu'à sa fin et avec un très bon accord par rapport à l'ISSP dans les derniers mois, mais les problèmes se posent ici au début de la sécheresse, qui n'est pas bien décrite à cause de cette même inertie.

La figure 4 illustre aussi très bien ce phénomène, dans ce cas-là à partir des différences absolues enregistrées entre le ISSP et le SPI pour des périodes de référence de 6, 12, 24, 36 et 48 mois. Trois faits importants peuvent y être soulignés:

- En général les différences sont d'autant plus petites que la période du SPI augmente, ce qui serait bien en accord avec la longue durée de la sécheresse analysée.
- Il n'y a aucun SPI qui soit valable pour toute la longueur de la sécheresse; ceux qui ont été calculés à des échelles courtes sont valables pour le début de la sécheresse mais pas pour la fin; ceux calculés à des échelles plus longues sont valables pour la fin mais pas pour le début.
- Mais surtout il faudrait souligner que les moindres différences entre le ISSP et le SPI se situent, en général, à la durée de la sécheresse correspondante à l'échelle du SPI respectif.

Tout cela constitue, à notre avis, un bon indicateur, aussi bien de l'inaptitude du SPI à refléter la durée réelle de la sécheresse et son intensité, que de l'aptitude du nouvel indice à le faire.

Conclusion.

La comparaison entre l'indice proposé et le *standardised precipitation index* met en évidence la capacité de celui-là à refléter la durée et l'intensité cumulée de la sécheresse pluviométrique, les deux aspects les plus difficiles et les moins bien réussis dans ce domaine. Cette capacité le rend spécialement apte à caractériser les sécheresses à longue durée, étant dans ce sens-là bien adapté aux climats méditerranéens où les longues sécheresses sont les plus importantes à suivre et à contrôler.

Bibliographie.

MAC KEE et al. (1995): Drought monitoring with multiple time scales, *Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology*, Dallas, X, 233-236.

PEREZ CUEVA et ESCRIVÁ ORTEGA (1982): Aspectos climáticos de las sequías en el ámbito mediterráneo, *Cuadernos de Geografía de Valencia*, 30, 112-120.

PITA, M. F. (1995): *Las sequías. Análisis y tratamiento*, Sevilla, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

SPACE APPLICATIONS INSTITUTE (1999): *Exploratory Workshop on Drought and Drought Mitigation in Europe*, Ispra (Varese), Italy, March 1-3 ,1999.

SZALI, S. et SZINELL, C. (1999): Comparison of two drought indices for drought monitoring in Hungary. Space Applications Institute: *Exploratory Workshop on Drought and Drought Mitigation in Europe*, Ispra (Varese), Italy, March 1-3 ,1999.

TATE, E. L. et GUSTARD, A. (1999): Drought definition: a hydrological perspective. Space Applications Institute: *Exploratory Workshop on Drought and Drought Mitigation in Europe*, Ispra (Varese), Italy, March 1-3 ,1999.