

Indices calculés avec CDO(Climate Data Operator)^{1 2}

1- Consecutive dry days index per time period-cdd

Définition : Soit P_{ij} , la quantité de précipitations quotidiennes le jour i de la période j , cet indice sera utilisé pour compter le nombre maximal de jours consécutifs avec $P_{ij} < 1$ mm.

ifile est le fichier d'entrée avec une série chronologique de la précipitation quotidienne et **ofile** est le fichier de sortie.

Synopsis: eca_cdd[,R] ifile ofile

Variables

Var1- consecutive_dry_days_index_per_time_period / cdd

(Indice de jours secs consécutifs)

Var2- number_of_cdd_periods_with_more_than_5days_per_time_period / cdd_5j

Nombre de périodes cdd de plus de 5 jours.

Paramètres : R-FLOAT, Seuil de précipitations (unité : mm ; par défaut : R = 1 mm)

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

2- Consecutive wet days index per time period-cwd

Définition : Soit P_{ij} , la quantité de précipitations quotidiennes le jour i de la période j , cet indice sera utilisé pour compter le nombre maximal de jours consécutifs avec $P_{ij} \geq 1$ mm.

ifile est le fichier d'entrée avec une série chronologique de la précipitation quotidienne et **ofile** est le fichier de sortie.

Synopsis: eca_cwd[,R] ifile ofile

Variables:

Var1- consecutive_wet_days_index_per_time_period / cwd

(Indice de jours humides consécutifs)

¹ Schulzweida, Uwe. (2021, October 31). CDO User Guide (Version 2.0.0). Zenodo. <http://doi.org/105281/zenodo.5614769>

² Schulzweida et Quast, R. (2015). Climate indices with CDO: Climate indices of daily temperature and precipitation extremes.

Var2- number_of_cwd_periods_with_more_than_5days_per_time_period / cwd_5j
(Nombre de périodes cwd de plus de 5 jours)

Paramètres : R-FLOAT, Seuil de précipitations (unité : mm ; par défaut : R = 1 mm)

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

3- 75^e centile de précipitation : p75 (mm)

Définition : Les centiles correspondent à des valeurs qui divisent un ensemble d'observations en 100 parties égales et le rang centile correspond à la proportion des valeurs d'une distribution inférieure ou égale à une valeur déterminée (Statistique-Canada, 2019). Soit P_{ij} , la quantité de précipitations quotidiennes le jour i de la période j , le p75 correspond à la valeur dépassée par seulement 25% des observations (ou des valeurs simulées), compte tenu des jours secs et humides. Cet opérateur calcule les centiles sur tous les pas de temps dans infile1. L'algorithme utilise des histogrammes avec des limites minimales et maximales pour les données dans infile2 et infile3, qui sont le résultat des opérations -timmin (Time minimum) et -timmax (Time maximum), respectivement.

Opérateur: TIMPCTL - Percentile values over all timesteps.

Synopsis: timpctl, p infile1 infile2 infile3 outfile

Variables:

Var1 – pr / p75

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

4- Moderate wet days w.r.t. 75th percentile of reference period- r75p

Définition : Soit ifile1 une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j) et ifile2 le 75^e centile (p75) de la précipitation quotidienne pour toute la période de référence, cet indice permet de calculer le pourcentage de jours humides ($P_{ij} \geq 1\text{mm}$ avec $P_{ij} > p75$). Ici, p75 est obtenue comme le 75^e centile de tous les jours humides d'une période de référence climatique donnée.

Synopsis: eca_r75p ifile1 ifile2 ofile

Variables:

Var1- moderate_wet_days_wrt_75th_percentile_of_reference_period / r75p

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

5- Precipitation percent due to R75p days - r75ptot

Définition : Soit ifile1 une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j) et ifile2 le 75e centile (p_{75}) de la précipitation quotidienne pour toute la période utilisée comme référence, cet indice permet de calculer le rapport entre la somme des précipitations dans les jours humides ($P_{ij} \geq 1 \text{ mm}$) avec $P_{ij} > p_{75}$ et la somme des précipitations totales. Ici, p_{75} est obtenu comme le 75e centile de tous les jours humides d'une période de référence climatique donnée.

Synopsis: eca_r75ptot ifile1 ifile2 ofile

Variables:

Var1- precipitation_percent_due_to_R75p_days/ r75ptot

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

6- 90^e centile de précipitation : p90 (mm)

Définition : Les centiles correspondent à des valeurs qui divisent un ensemble d'observations en 100 parties égales et le rang centile correspond à la proportion des valeurs d'une distribution inférieure ou égale à une valeur déterminée (Statistique-Canada, 2019). Soit P_{ij} , la quantité de précipitations quotidiennes le jour i de la période j , le p_{90} correspond à la valeur dépassée par seulement 10% des observations (ou des valeurs simulées), compte tenu des jours secs et humides. Cet opérateur calcule les centiles sur tous les pas de temps dans infile1. L'algorithme utilise des histogrammes avec des limites minimales et maximales pour les données dans infile2 et infile3, qui sont le résultat des opérations -timmin (Time minimum) et -timmax (Time maximum), respectivement.

Opérateur: TIMPCTL - Percentile values over all timesteps.

Synopsis: timpctl, p infile1 infile2 infile3 outfile

Variables:

Var1 – pr / p90

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

7- Wet days w.r.t. 90th percentile of reference period- r90p

Définition : Soit ifile1 une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidiennes quotidienne (le jour i de la période j) et ifile2 le 90e centile (p90) de la précipitation quotidienne pour toute période de référence, cet indice permet de calculer le pourcentage de jours humides ($P_{ij} \geq 1 \text{ mm}$) avec $P_{ij} > p90$. Ici, p90 est obtenue comme le 90e centile de tous les jours humides d'une période de référence climatique donnée.

Synopsis: eca_r90p ifile1 ifile2 ofile

Variables:

Var1- wet_days_wrt_90th_percentile_of_reference_period / r90p

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

8- Precipitation percent due to R90p days – r90ptot

Définition : Soit ifile1 une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j) et ifile2 le 90e centile (p90) de la précipitation quotidienne pour toute la période utilisée comme référence, cet indice permet de calculer le rapport entre la somme des précipitations dans les jours humides ($P_{ij} \geq 1 \text{ mm}$) avec $P_{ij} > p90$ et la somme des précipitations totales. Ici, p90 est obtenu comme le 90e centile de tous les jours humides d'une période de référence climatique donnée.

Synopsis: eca_r90ptot ifile1 ifile2 ofile

Variables:

Var1- precipitation_percent_due_to_R90p_days/ r90ptot

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

9- 95° centile de précipitation : p95 (mm)

Définition : Les centiles correspondent à des valeurs qui divisent un ensemble d'observations en 100 parties égales et le rang centile correspond à la proportion des valeurs d'une distribution inférieure ou égale à une valeur déterminée (Statistique-Canada, 2019). Soit P_{ij} , la quantité de précipitations quotidiennes le jour i de la période j , le p95 correspond à la valeur dépassée par seulement 5% des observations (ou des valeurs simulées), compte tenu des jours secs et humides. Cet opérateur calcule les centiles sur tous les pas de temps dans infile1. L'algorithme utilise des histogrammes avec des limites minimales et maximales pour les données dans infile2 et infile3, qui sont le résultat des opérations -timmin (Time minimum) et -timmax (Time maximum), respectivement.

Opérateur: TIMPCTL - Percentile values over all timesteps.

Synopsis: timpctl, p infile1 infile2 infile3 outfile

Variables:

Var1 – pr / p95

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

10- Very wet days w.r.t. 95th percentile of reference period- r95p

Définition : Soit ifile1 une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j) et ifile2 le 95e centile (p95) de la précipitation quotidienne pour toute la période de référence, cet indice permet de calculer le pourcentage de jours humides ($P_{ij} \geq 1 \text{ mm}$) avec $P_{ij} > \text{p95}$. Ici, p95 est obtenue comme le 95e centile de tous les jours humides d'une période de référence climatique donnée.

Synopsis: eca_r95p ifile1 ifile2 ofile

Variables:

Var1- very_wet_days_wrt_95th_percentile_of_reference_period / r95p

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

11- Precipitation percent due to R95p days – r95ptot

Définition : Soit ifile1 une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j) et ifile2 le 95e centile (p95) de la précipitation quotidienne pour toute la période utilisée comme référence, cet indice permet de calculer le rapport entre la somme des précipitations dans les jours humides ($P_{ij} \geq 1 \text{ mm}$) avec $P_{ij} > p95$ et la somme des précipitations totales. Ici, p95 est obtenu comme le 95e centile de tous les jours humides d'une période de référence climatique donnée.

Synopsis: eca_r95ptot ifile1 ifile2 ofile

Variables:

Var1- precipitation_percent_due_to_R95p_days/ r95ptot

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

12- 99^e centile de précipitation : p99 (mm)

Définition : Les centiles correspondent à des valeurs qui divisent un ensemble d'observations en 100 parties égales et le rang centile correspond à la proportion des valeurs d'une distribution inférieure ou égale à une valeur déterminée (Statistique-Canada, 2019). Soit P_{ij} , la quantité de précipitations quotidiennes le jour i de la période j , le p9 correspond à la valeur dépassée par seulement 99% des observations (ou des valeurs simulées), compte tenu des jours secs et humides. Cet opérateur calcule les centiles sur tous les pas de temps dans infile1. L'algorithme utilise des histogrammes avec des limites minimales et maximales pour les données dans infile2 et infile3, qui sont le résultat des opérations -timmin (Time minimum) et -timmax (Time maximum), respectivement.

Opérateur: TIMPCTL - Percentile values over all timesteps.

Synopsis: timpctl, p infile1 infile2 infile3 outfile

Variables:

Var1 – pr / p75

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

13- Extremely wet days w.r.t. 99th percentile of reference period- r99p

Définition : Soit ifile1 une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j) et ifile2 le 99e centile (p_{99}) de la précipitation quotidienne pour toute la période de référence, cet indice permet de calculer le pourcentage de jours humides ($P_{ij} \geq 1 \text{ mm}$) avec $P_{ij} > p_{99}$. Ici, p_{99} est obtenue comme le 99e centile de tous les jours humides d'une période de référence climatique donnée.

Synopsis: eca_r99p ifile1 ifile2 ofile

Variables:

Var1- extremely_wet_days_wrt_99th_percentile_of_reference_period / r99p

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

14- Precipitation percent due to R99p days – r99ptot

Définition : Soit ifile1 une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j) et ifile2 le 99e centile (p_{99}) de la précipitation quotidienne pour toute la période utilisée comme référence, cet indice permet de calculer le rapport entre la somme des précipitations dans les jours humides ($P_{ij} \geq 1 \text{ mm}$) avec $P_{ij} > p_{99}$ et la somme des précipitations totales. Ici, p_{99} est obtenu comme le 99e centile de tous les jours humides d'une période de référence climatique donnée.

Synopsis: eca_r99ptot ifile1 ifile2 ofile

Variables:

Var1- precipitation_percent_due_to_R99p_days/ r99ptot

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

15- Heavy precipitation days index per time period (eca_r10mm)

Définition :

Soit ifile une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j), cet indice permet de calculer le nombre de jours où P_{ij} est supérieure à 10 mm.

Synopsis: eca_r10mm ifile ofile

Variables:

Var1- precipitation_days_index_per_time_period / eca_r10mm

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

16- Very heavy precipitation days index per time period (eca_r20mm)

Définition :

Soit ifile une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j), cet indice permet de calculer le nombre de jours où P_{ij} est supérieure à 20 mm.

Synopsis: eca_r20mm ifile ofile

Variables:

Var1- precipitation_days_index_per_time_period / eca_r20mm

(FRANCAIS)

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

17- Wet days index per time period (eca_rr1)

Définition :

Soit ifile une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j), cet indice permet de calculer le nombre de jours où P_{ij} est supérieure ou égale au paramètre R .

Synopsis: eca_rr1[,R] ifile ofile

Variables:

Var1- wet_days_index_per_time_period / eca_rr1

Paramètres : R-FLOAT, Seuil de précipitations (unité : mm ; par défaut : $R = 1$ mm)

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

18- Highest one day precipitation amount per time period (eca_rx1day)

Définition:

Soit ifile une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j), cet indice permet de calculer le maximum P_{ij} .

Synopsis: eca rx1day[,mode] ifile ofile

Variables:

Var1- highest_one_day_precipitation_amount_per_time_period / eca_rx1day

Paramètres : STRING operateur (facultatif). Si mode = 'm', les quantités maximales de précipitations quotidiennes sont déterminées pour chaque mois

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

19- Highest five-day precipitation amount per time period (eca_rx5day)

Définition:

Soit ifile une série chronologique de la précipitation totale sur 5 jours P_{5jours} , cet indice permet de calculer le maximum P_{ij} pour cette période. Une autre variable de sortie est le nombre de périodes de 5 jours avec des précipitations totales supérieures à x mm, où x est un paramètre facultatif avec $x = 50$ mm par défaut.

Synopsis: eca_rx5day[,R] ifile ofile

Variables:

Var1- highest_five_day_precipitation_amount_per_time_period / eca_rx5day

Var2- number_of_5day_heavy_precipitation_periods_per_time_period/ rx5day_periods

Paramètres : R-FLOAT, Seuil de précipitation (unité : mm ; par défaut : $R = 50$ mm)

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

20- Simple daily intensity index per time period (eca_sdi)

Définition:

Soit ifile une série chronologique P_{ij} de la précipitation quotidienne (le jour i de la période j), cet indice permet de calculer la précipitation moyenne P_{ij} pour les jours humides ($P_{ij} \geq 1$ mm)

Synopsis: eca_sdi[R] ifile ofile

Variables:

Var1- simple_daily_intensity_index_per_time_period / eca_sdi

Paramètres : R-FLOAT, Seuil de précipitation (unité : mm ; par défaut :R = 1 mm)

Échelles : mensuelle, saisonnière, annuelle

Indices calculés avec Climate_Indices³

1- SPI : Standardized Precipitation Index/ Indice de précipitations normalisé

Définition : Le SPI est un indice de sécheresse basé uniquement sur la probabilité de précipitations pour n'importe quelle échelle temporelle (DNR, 2022). Développé par McKee et al. (1993), cet indice est obtenu en ajustant une distribution Gamma ou une distribution de Pearson de type III aux valeurs mensuelles des précipitations (Svoboda et al., 2012). Ici, il sera calculé sur une base mensuelle (moyenne mobile) de n mois, où n indique la période d'accumulation des précipitations de 1, 3 et 6 mois, notés SPI-1, SPI-3, et SPI-6, respectivement (ces trois intervalles sont le plus souvent utilisés pour caractériser les sécheresses météorologiques et agricoles; cf. Bonsal *et al.*, 2013; (Climate-ADAPT, 2022). Généralement, les précipitations quotidiennes ou mensuelles ne suivent pas une distribution normale, raison pour laquelle une transformation est effectuée de sorte que le SPI moyen pour le lieu et la période souhaitée soit nul (Edwards, 1997). Les valeurs SPI positives indiquent des précipitations supérieures à la médiane, et les valeurs négatives indiquent des précipitations inférieures à la médiane.

Le Tableau 1 résume la gamme des valeurs que peuvent avoir le SPI et la signification associés aux conditions d'humidité ou de sécheresse locales selon les valeurs de cet indice.

Tableau 1. Le SPI, ses valeurs et sa signification pour les conditions d'humidité ou de sécheresse locales.

³ Adams, J. (2017). Climate_indices, an open source Python library providing reference implementations of commonly used climate indices. https://github.com/monocongo/climate_indices. , *ibid.* Climate_Indices, an open source Python library providing reference implementations of commonly used climate indices

Valeurs du SPI	Impacts sur les excès et déficits d'humidité
2.0+	Extrêmement humide / Extremely wet
1.5 to 1.99	Très humide / Very wet
1.0 to 1.49	Modérément humide / Moderately wet
-0.99 to 0.99	Près de la normale / Near normal
-1.0 to -1.49	Modérément sec / Moderately dry
-1.5 to -1.99	Sévèrement sec / Severely dry
-2 and less	Extrêmement sec / Extremely dry

Cet indice sera calculé à l'aide de la bibliothèque de Python : *Climate_Indices, an open source Python library providing reference implementations of commonly used climate indices* (Adams, 2017), disponible en ligne (open-source). L'utilisation de cet indice SPI permettra de déterminer les changements dans les périodes de fortes humidités (excès de précipitation) ou de conditions de sécheresses (déficit de précipitation).

2- The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)

Le SPEI est une extension de l'indice SPI conçu pour prendre en compte les précipitations et l'évapotranspiration potentielle (PET) dans la détermination du début et de la fin des épisodes de sécheresse à différentes échelles temporelles.(Vicente-Serrano, 2015). Contrairement à l'indice SPI, il capte l'impact principal de la hausse des températures sur l'évapotranspiration potentielle, ce qui est très pertinent pour évaluer l'impact du réchauffement climatique sur la sécheresse(Paulo et al., 2012).

Le SPEI est basé sur la même procédure de calcul du SPI, mais il utilise la différence mensuelle entre la précipitation total et l'évapotranspiration potentielle (PET).(Begueria-Portugues et al., 2010). La différence entre la précipitation et l'évapotranspiration potentielle pour le mois i est calculée :

$$D_i = P_i - PET_i$$

Les valeurs D_i calculées sont agrégées à différentes échelles temporelles, suivant la même procédure que pour le SPI.

Le Tableau 2 résume la gamme des valeurs que peuvent avoir le SPEI et la signification associés aux conditions d'humidité ou de sécheresse locales selon les valeurs de cet indice.

Tableau 2. Le SPEI, ses valeurs et sa signification pour les conditions d'humidité ou de sécheresse locales.

Valeurs du SPEI	Impacts sur les excès et déficits d'humidité
2.0+	Extrêmement humide / Extremely wet
1.5 to 1.99	Sévèrement humide / Severely wet
1.0 to 1.49	Modérément humide / Moderately wet
0 to 0.99	Un peu humide ou près de la normale / Mild wet or near normal
-0.99 to 0	Un peu sec ou près de la normale / Mild dry or near normal
-1.0 to -1.49	Modérément sec / Moderately dry
-1.5 to -1.99	Sévèrement sec / Severely dry
-2 and less	Extrêmement sec / Extremely dry

Cet indice sera également calculé à l'aide de la bibliothèque de Python : *Climate_Indices*, an open source Python library providing reference implementations of commonly used climate indices (Adams, 2017), disponible en ligne (open-source).

Références

- Adams, J. (2017). *Climate_indices*, an open source Python library providing reference implementations of commonly used climate indices. https://github.com/monocongo/climate_indices.
- Beguieria-Portugues, S., Vicente-Serrano, S., Angulo-Martínez, M., López-Moreno, J., & El Kenawy, A. (2010). The standardized precipitation-evapotranspiration index (SPEI): A multiscalar drought index. 10th EMS Annual Meeting, Climate-ADAPT. (2022). Spi-standardized-precipitation-index — Climate-ADAPT; climate-adapt.eea.europa.eu. Récupéré le 21 juin 2022 de <https://climate-adapt.eea.europa.eu>.

- DNR. (2022). Explanation of Standard Precipitation Index (SPI). Indiana Department of Natural Resources.IN.Gov | The Official Website of the State of Indiana; Récupéré le 22 juin 2022 de www.in.gov. <https://www.in.gov>.
- Edwards, D. C. (1997). *Characteristics of 20th Century drought in the United States at multiple time scales*.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Paulo, A. A., Rosa, R. D., & Pereira, L. S. (2012). Climate trends and behaviour of drought indices based on precipitation and evapotranspiration in Portugal, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 1481–1491, <https://doi.org/10.5194/nhess-12-1481-2012>.
- Statistique-Canada. (2019). Définition de centiles. Récupéré le 21 juin 2022 de <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/81-004-x/def/4153349-fra.htm>.
- Svoboda, M., Hayes, M., & Wood, D. (2012). Standardized precipitation index: user guide.
- Vicente-Serrano, S. (2015). "The Climate Data Guide: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)." Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-evapotranspiration-index-spei>.