

IMPACT DE LA SECHERESSE SUR LA SINISTRALITE DES CONTRATS D'ASSURANCE CLIMATIQUE SUR RECOLTE EN FRANCE EN CONTEXTE DE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE RECENT

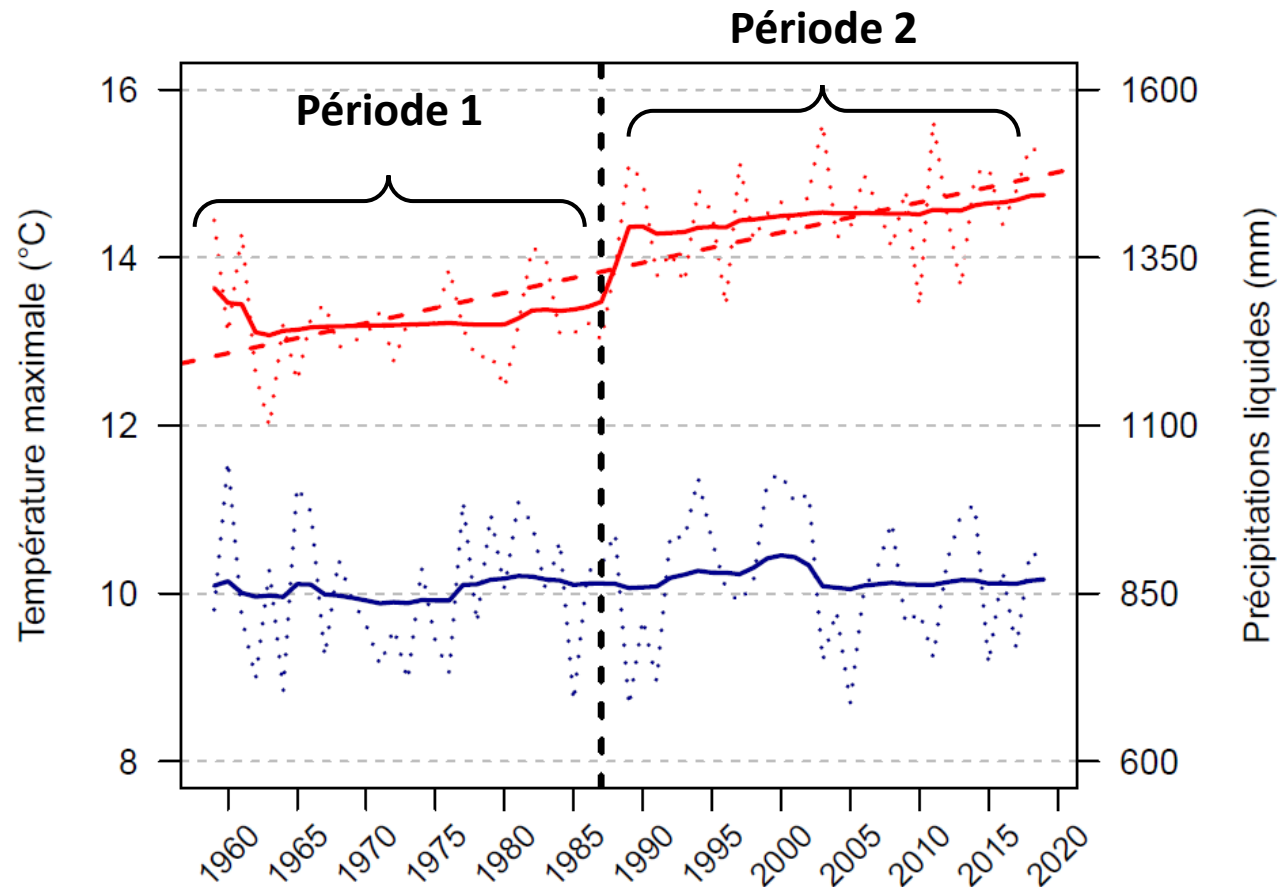
Léa Laurent^{1,2}, Albin Ullmann¹, Thierry Castel¹

20/06/2024

¹CRC, Biogéosciences, UMR 6282 CNRS/Université de Bourgogne Franche-Comté, 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France

²Domaine Assurance Récolte, Groupama Rhône-Alpes Auvergne, 24 rue Charles Durand, 18020 Bourges Cedex, France

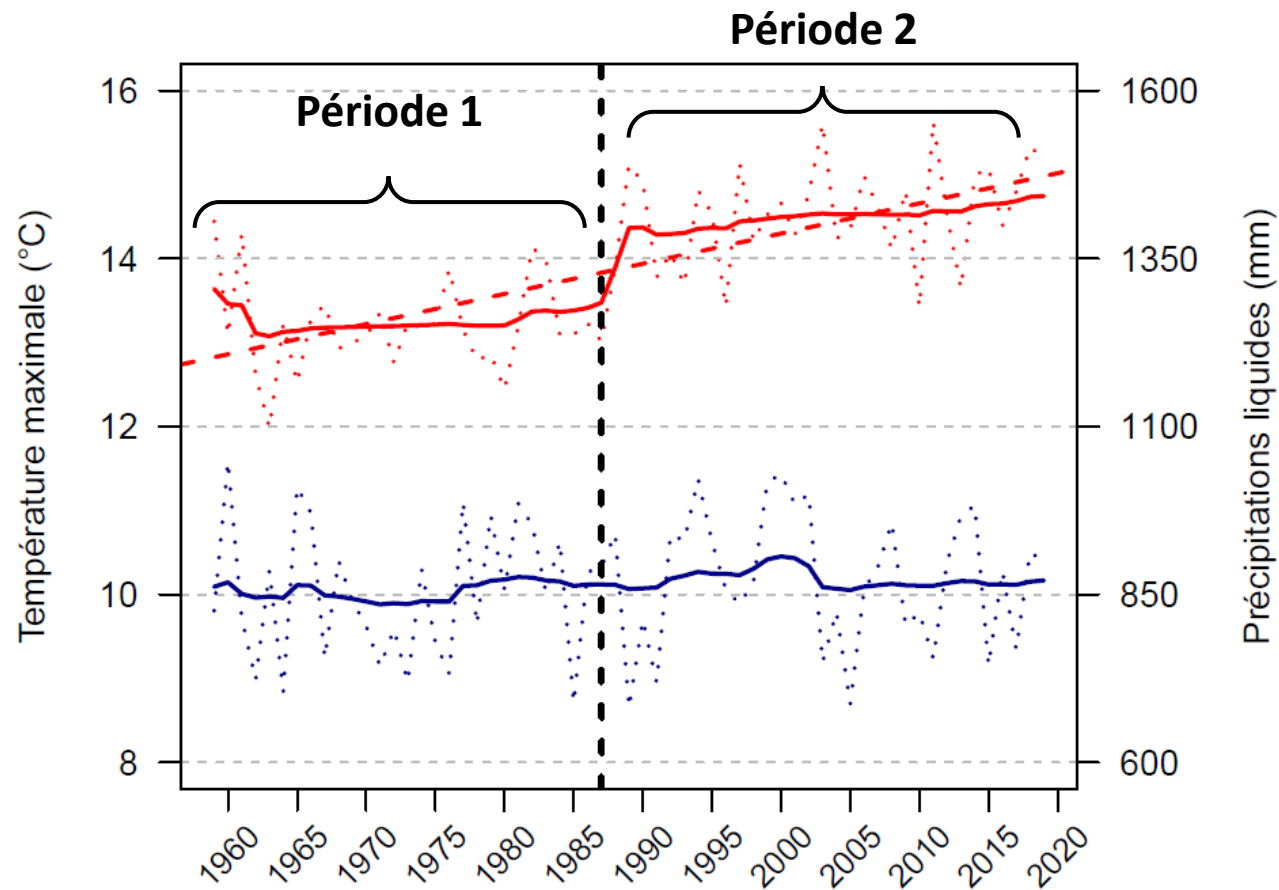
Le changement climatique contemporain en France



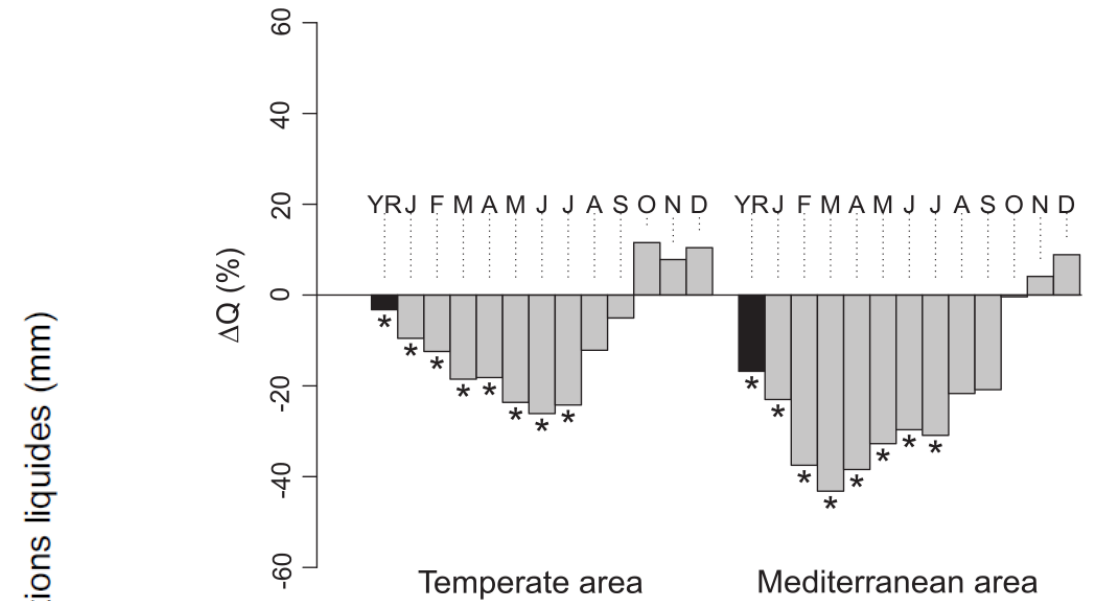
Évolution des températures maximales annuelles et des cumuls annuels de précipitations en France métropolitaine de 1959 à 2019.

- **Hausse rapide et abrupte** à la fin des années 1980 (*de Laat et Crok, 2013 ; Brulebois et al., 2015*)
- La rupture délimite 2 sous-périodes définissant **2 régimes climatiques**
- **Nombreux impacts** de cette hausse abrupte démontrés sur les écosystèmes naturels (*Reid et al., 2016 ; Woolway et al., 2017*)
- **Peu ou pas d'évolution** des cumuls annuels de **précipitations liquides** sur la France entière (*Soubeyroux et al., 2015*)
- **Disparités** saisonnières et spatiales

Le changement climatique contemporain en France



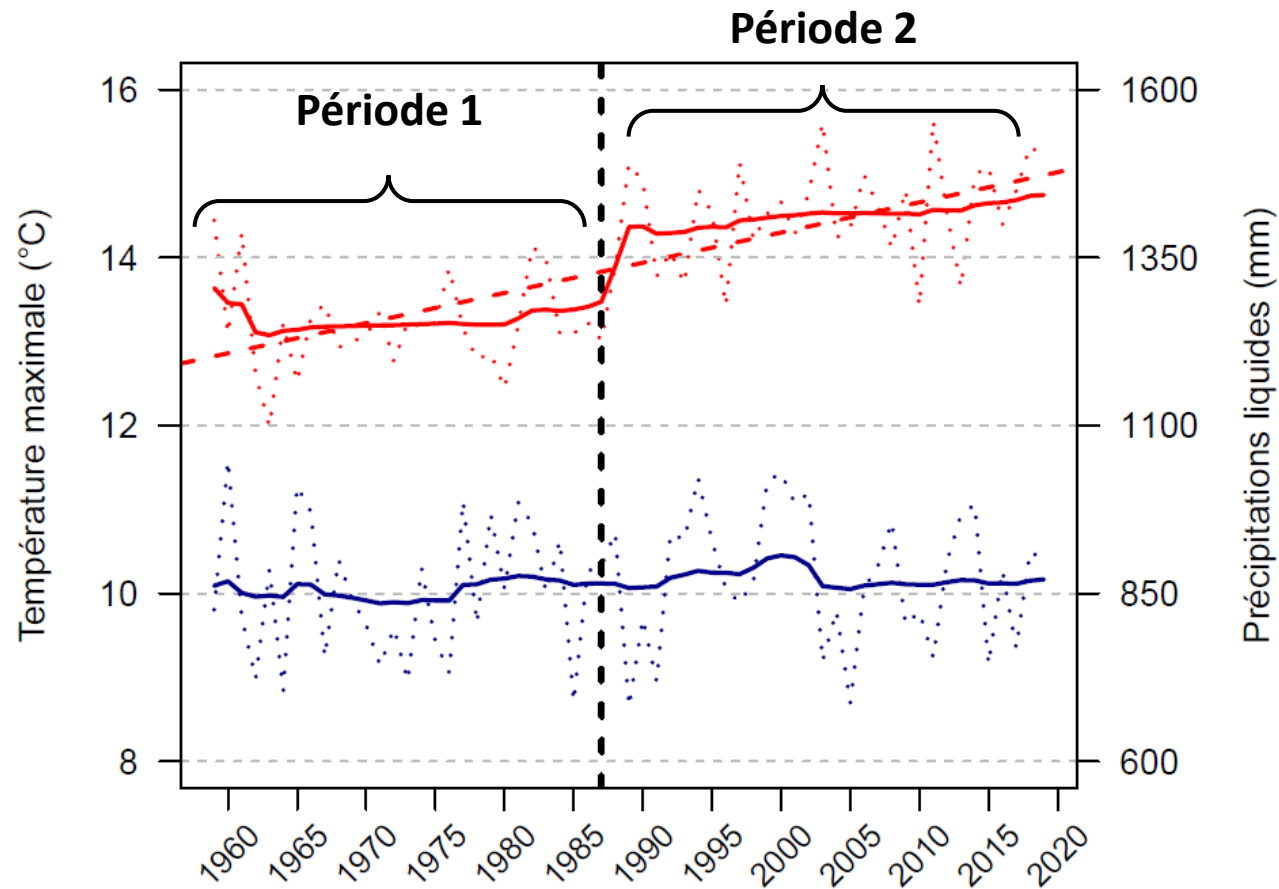
Évolution des températures maximales annuelles et des cumuls annuels de précipitations en France métropolitaine de 1959 à 2019.



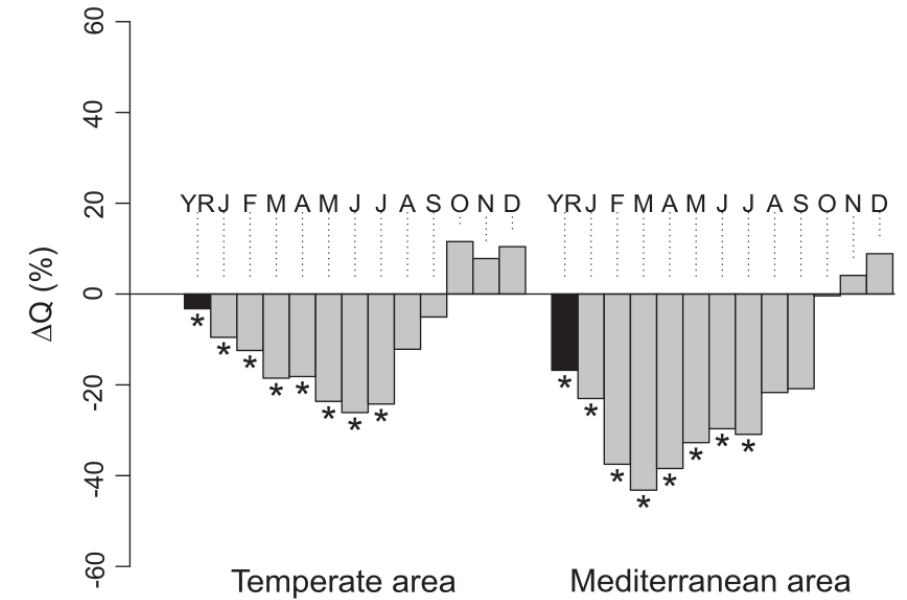
Évolution des débits en France (période 1969-1987 – période 1988-2009). (Brulebois et al., 2015)

- **Cycle de l'eau impacté** par une rupture de stationnarité (Milly et al., 2008)
- **Modification cycle hydrologique en France** de part et d'autre de 1987/1988

Le changement climatique contemporain en France



Évolution des températures maximales annuelles et des cumuls annuels de précipitations en France métropolitaine de 1959 à 2019.



Évolution des débits en France (période 1969-1987 – période 1988-2009). (Brulebois et al., 2015)

→ Rôle de l'évapotranspiration ? (Boé & Habets, 2014)

→ Impacts sur le bilan hydrique et le risque sécheresse ?

Le bilan hydrique d'une culture et ses composantes

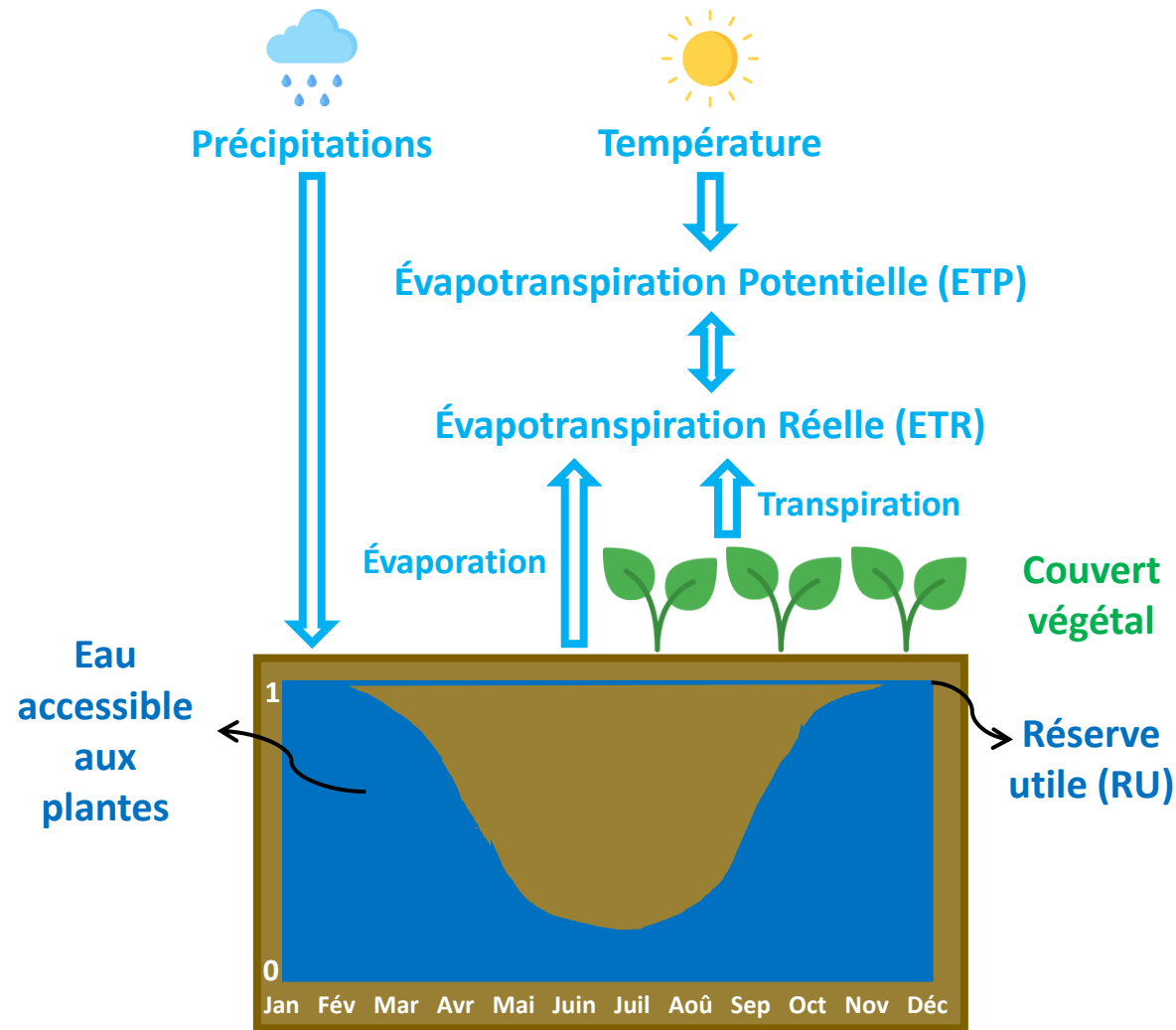


Schéma simplifié du bilan hydrique.

Le bilan hydrique d'une culture et ses composantes

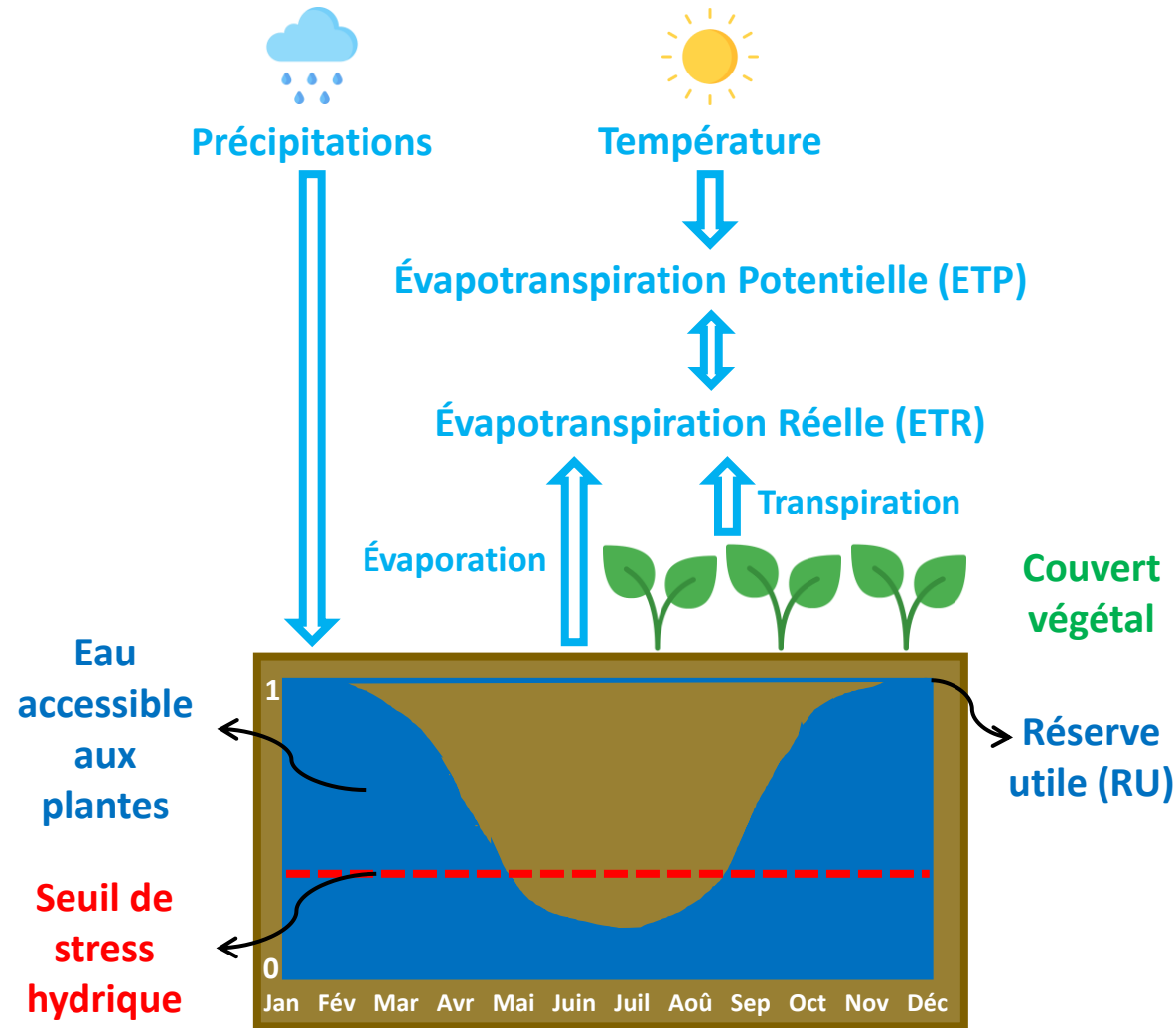


Schéma simplifié du bilan hydrique.

Le bilan hydrique d'une culture et ses composantes

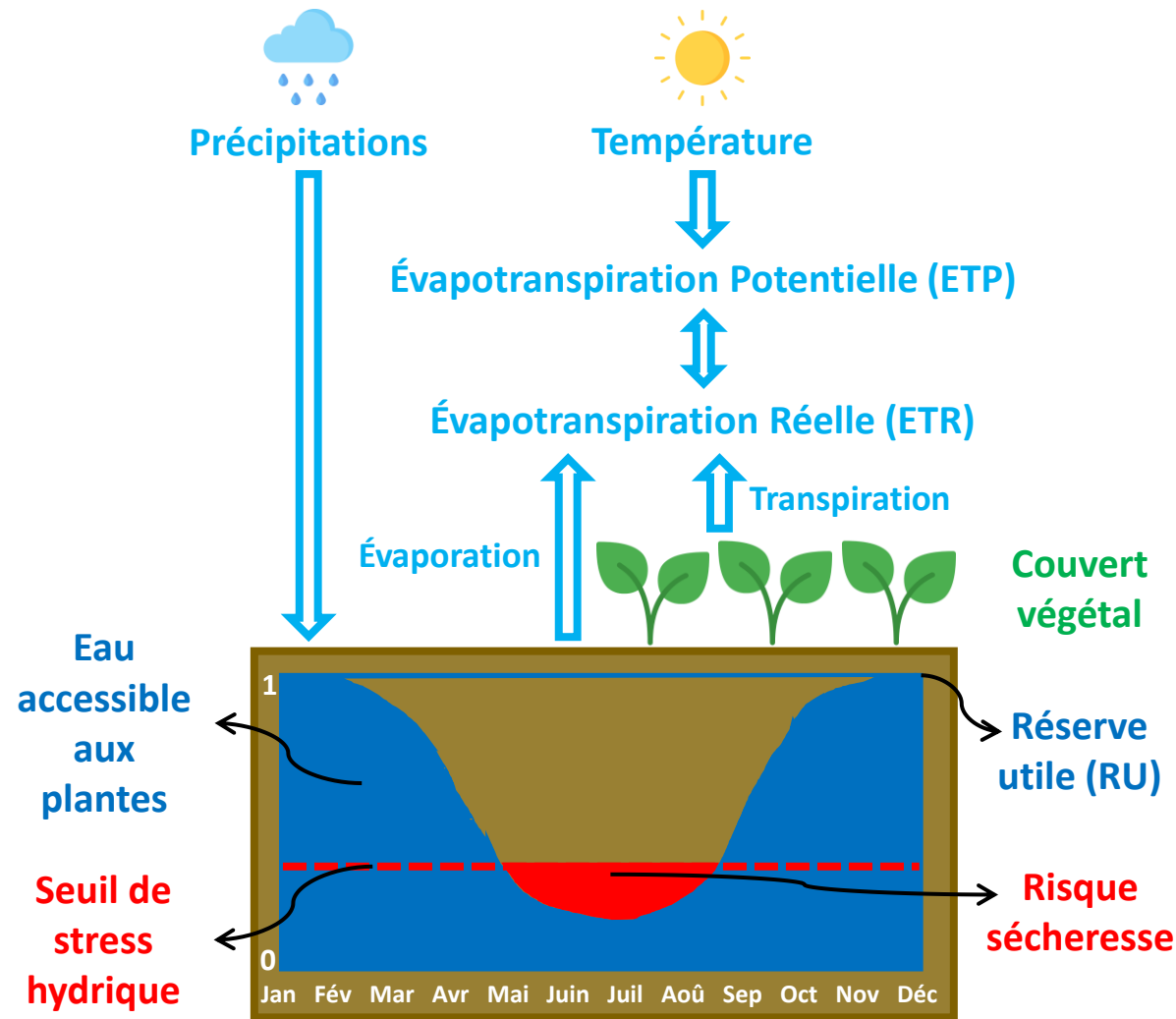


Schéma simplifié du bilan hydrique.

Les risques agro-climatiques et leur gestion en France

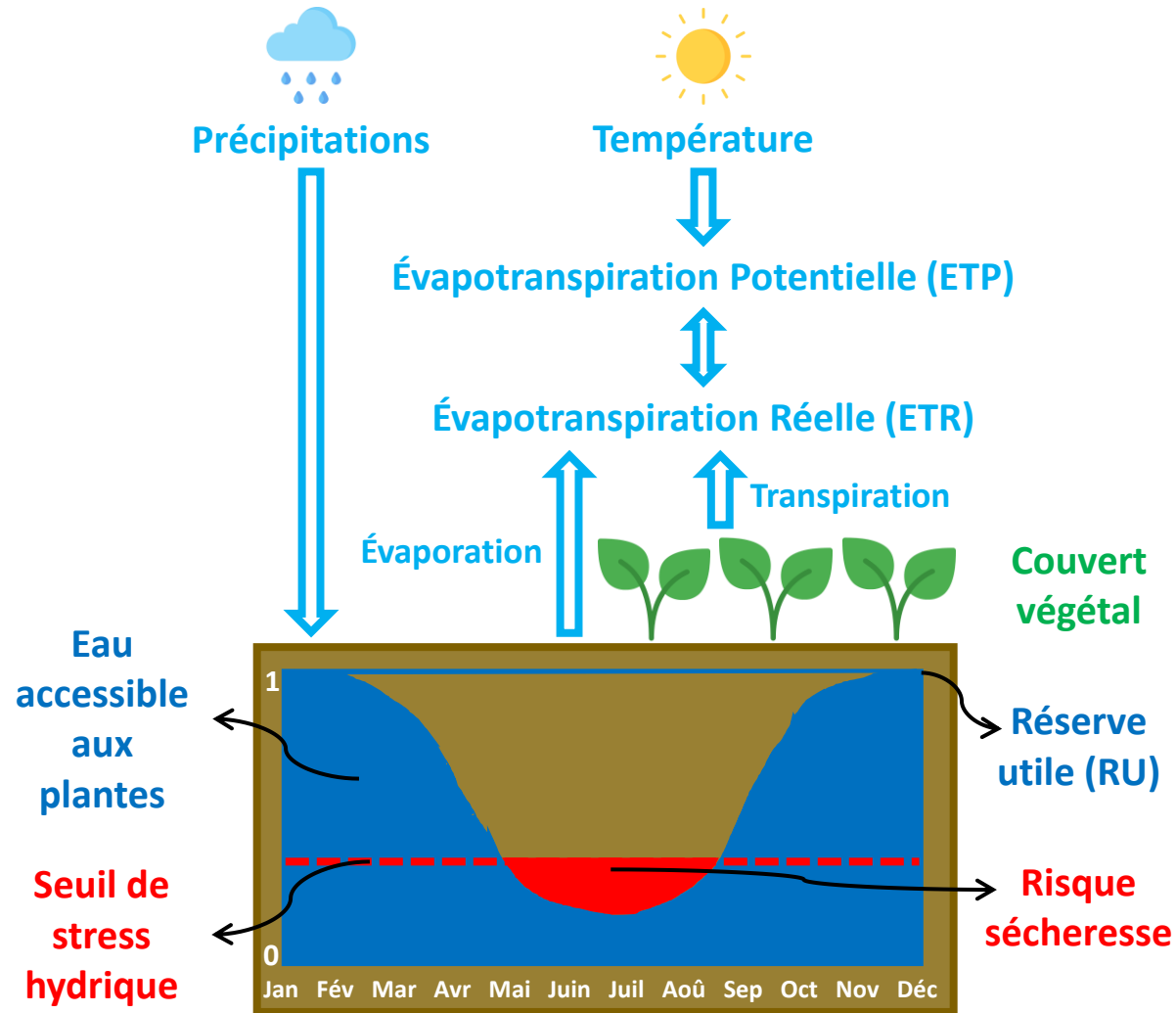
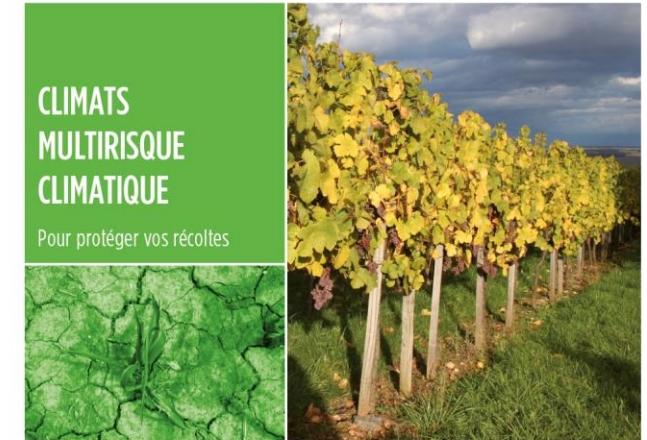


Schéma simplifié du bilan hydrique.



CONDITIONS GÉNÉRALES

groupama.fr/assurance-agricole

Groupama
la vraie vie s'assure ici

Les risques agro-climatiques et leur gestion en France

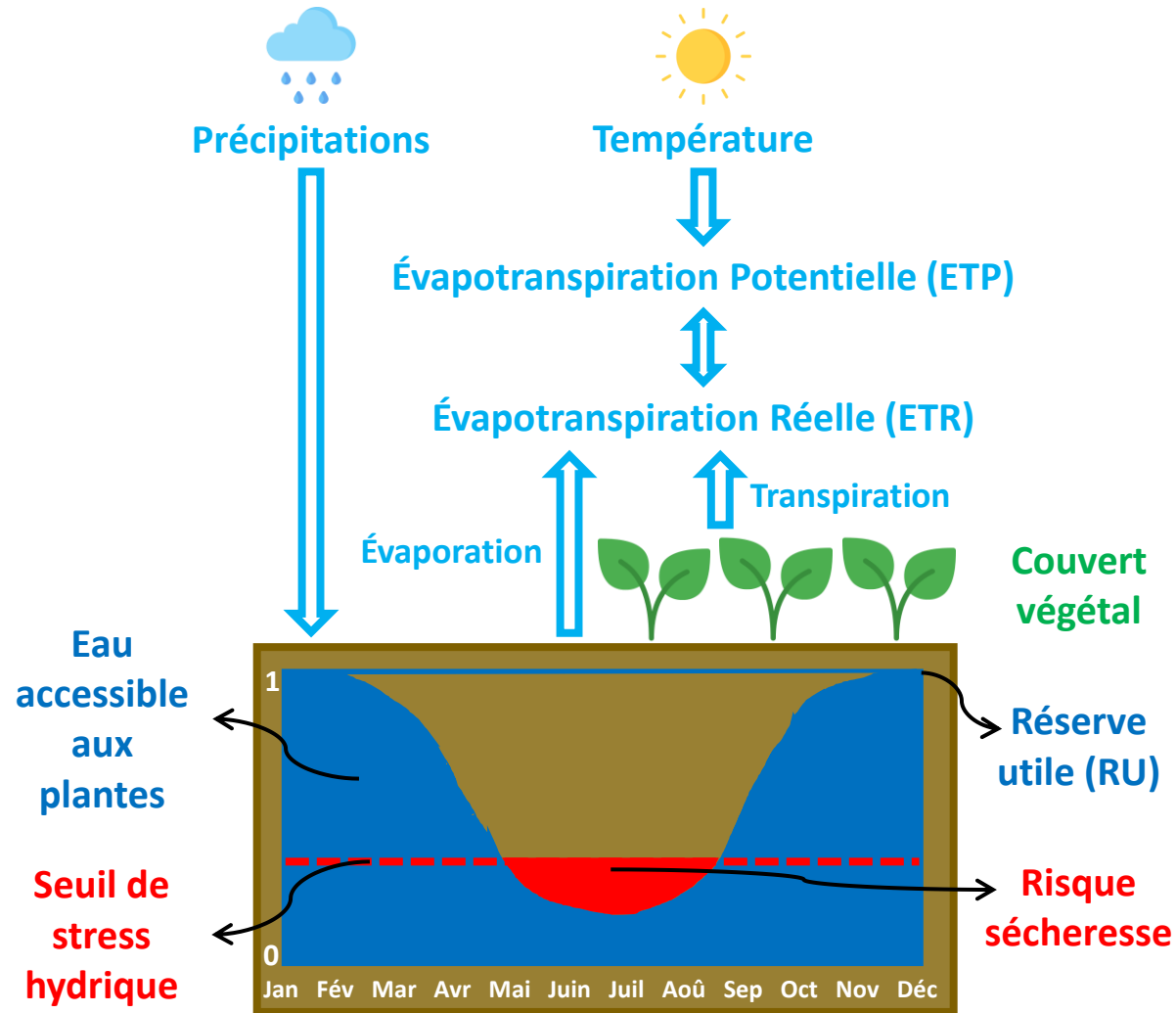
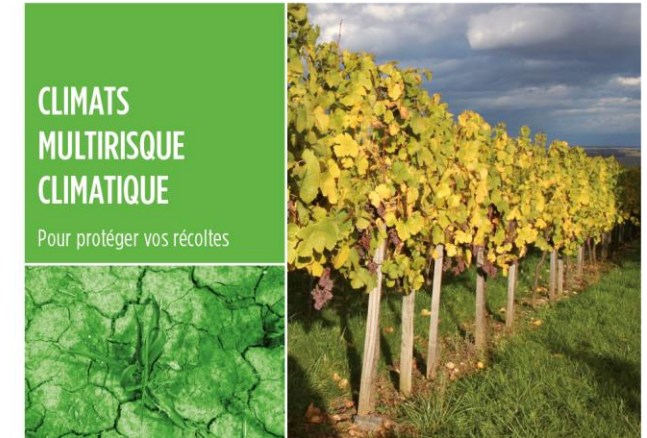


Schéma simplifié du bilan hydrique.



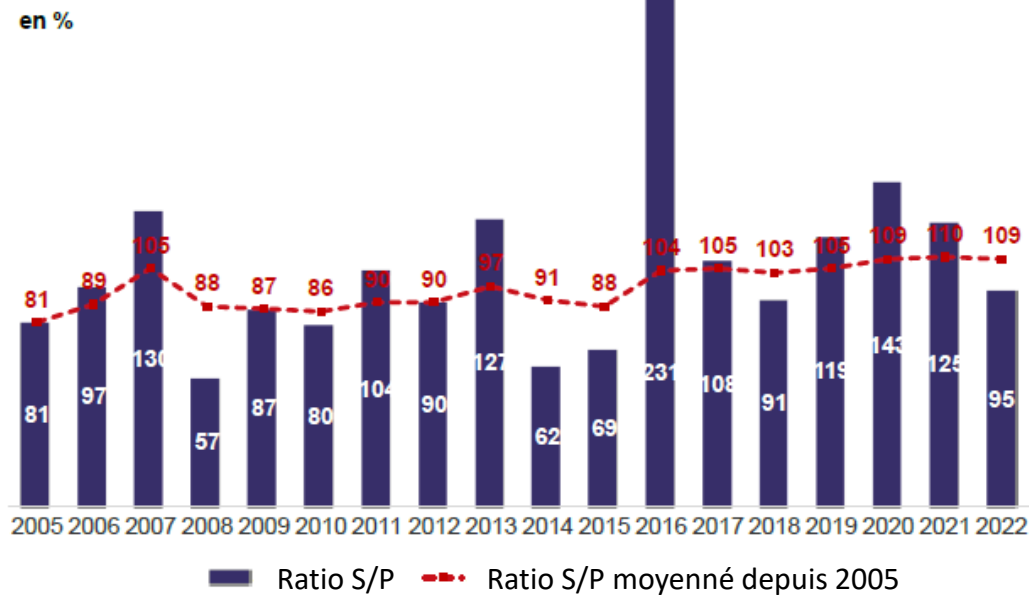
CONDITIONS GÉNÉRALES

pour le groupe grandes cultures et autres cultures, la viticulture, l'arboriculture : coup de soleil, excès d'eau et pluies torrentielles (y compris inondation), humidité excessive, excès de température et coup de chaleur, températures basses et coup de froid, gel, grêle, manque de rayonnement solaire, pluies violentes, poids de la neige ou du givre, sécheresse, tempête, tourbillon, vent de sable ;

Liste des aléas assurés par le contrat MRC.

Un contrat MRC à forte sinistralité

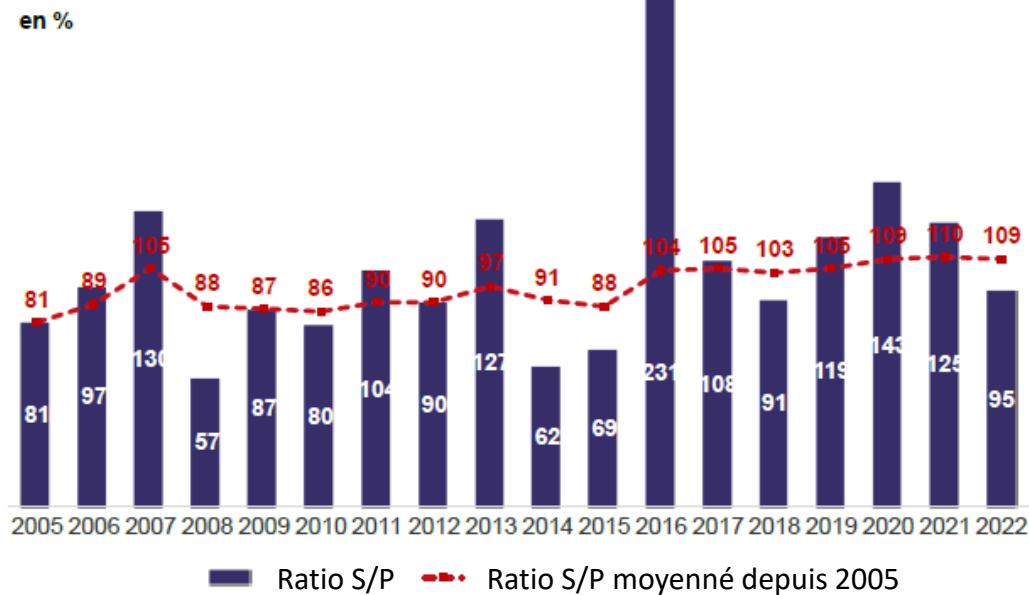
- **Sinistralité** des contrats assurantiels mesurées par le **ratio sinistre (€) sur prime (€) (S/P)**
- **Forte sinistralité** des contrats **MRC** depuis leur création



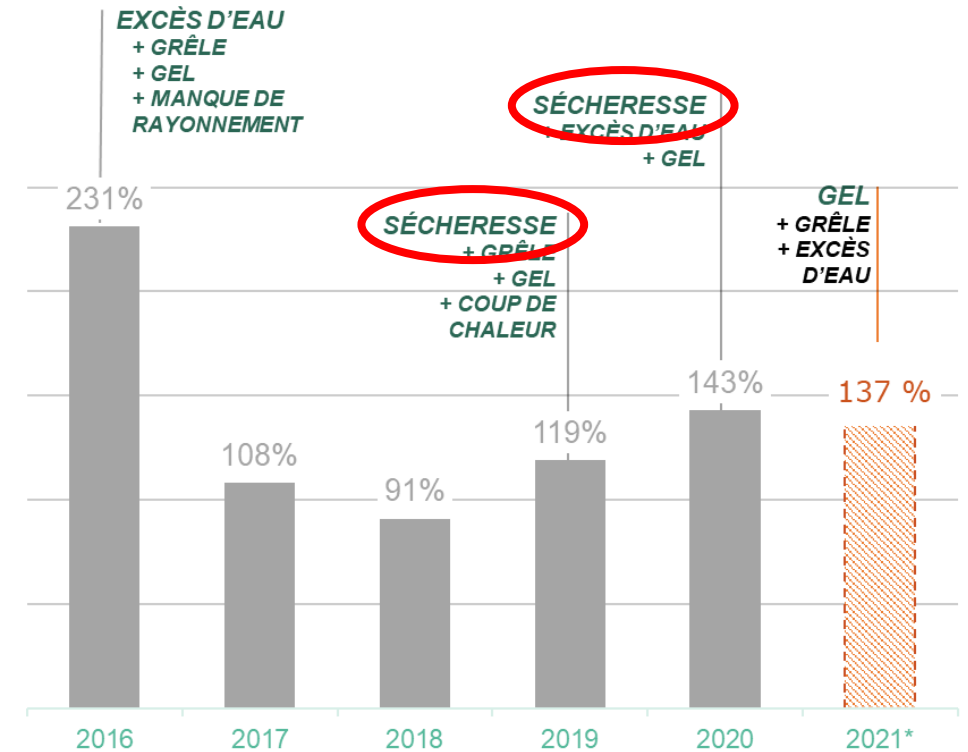
Évolution annuelle du ratio S/P des contrats MRC en France de 2005 à 2018. (Fédération Française de l'Assurance, 2023)

Un contrat MRC à forte sinistralité

- **Sinistralité** des contrats assurantiels mesurées par le **ratio sinistre (€) sur prime (€) (S/P)**
- **Forte sinistralité** des contrats **MRC** depuis leur création
- **Sécheresse** identifiée comme un **aléa majeur** impactant les résultats



Évolution annuelle du ratio S/P des contrats MRC en France de 2005 à 2018. (Fédération Française de l'Assurance, 2023)



Évolution du ratio S/P des contrats MRC pour Groupama et aléas climatiques majoritairement déclarés. (Données internes à l'entreprise)

Les risques agro-climatiques et leur gestion en France

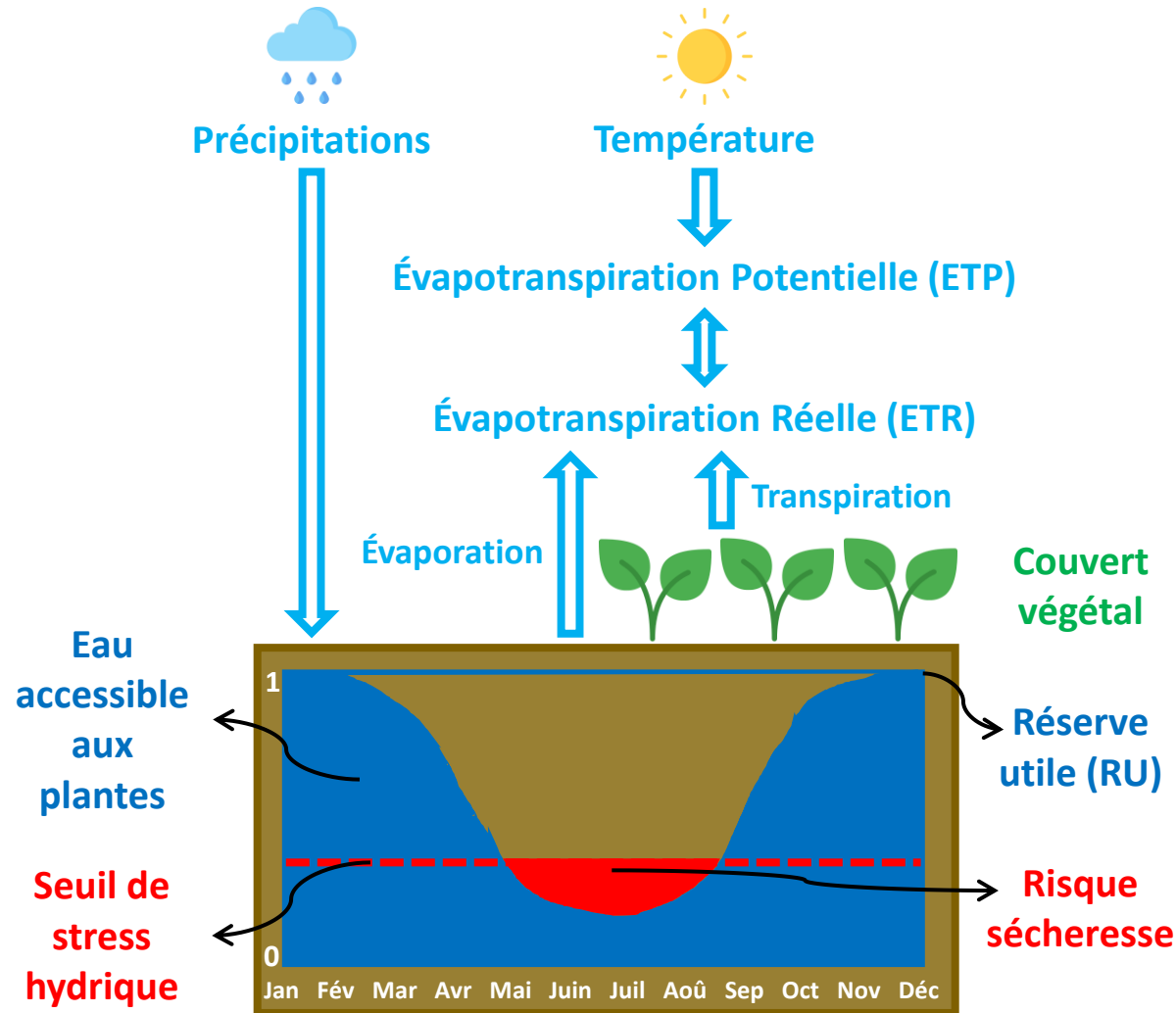
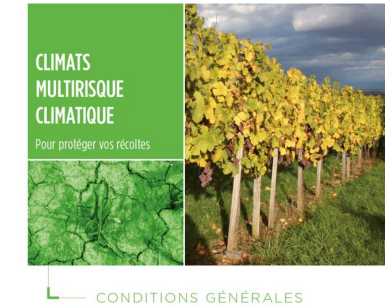


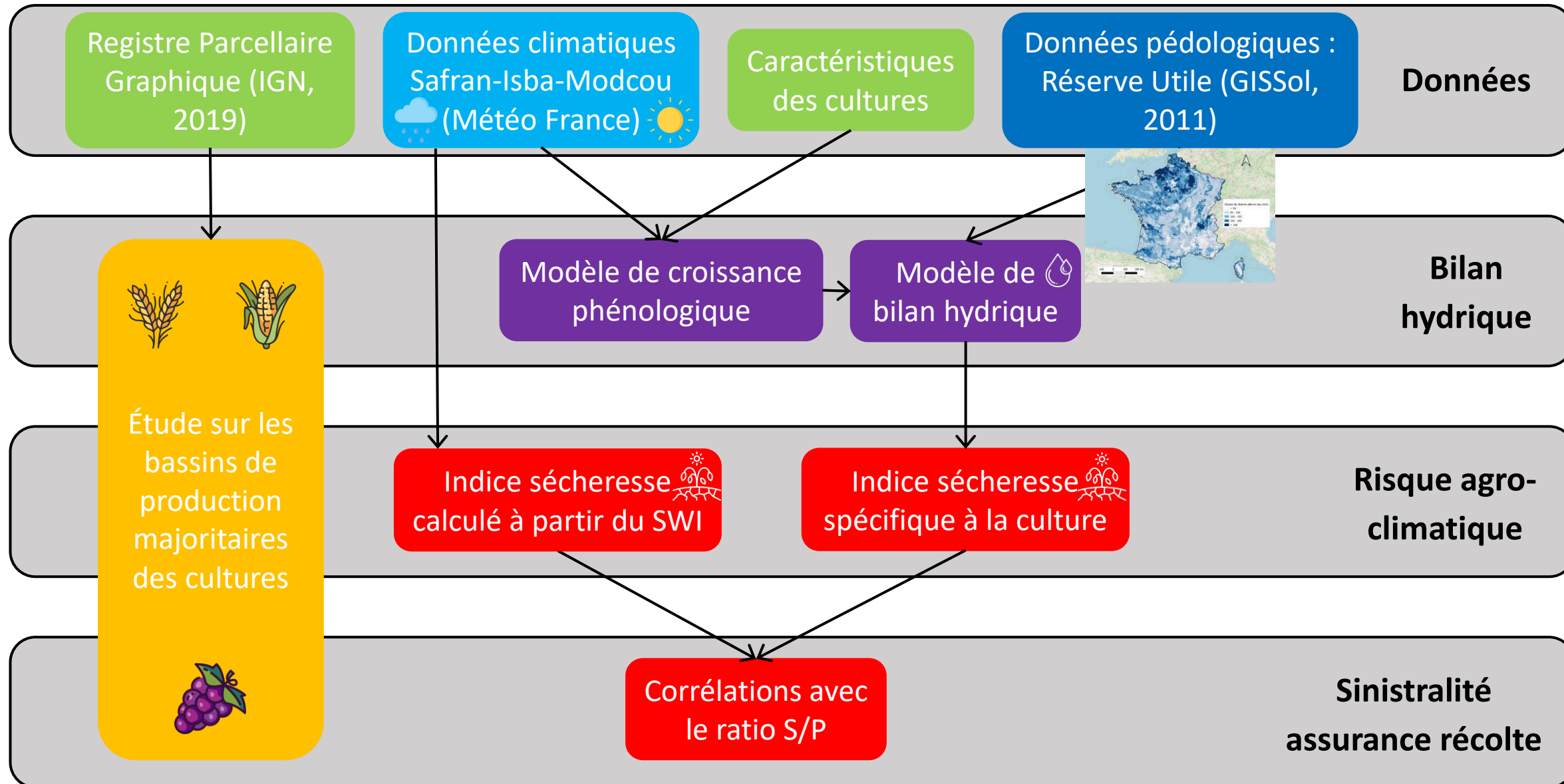
Schéma simplifié du bilan hydrique.

- Comment et dans quelles proportions les modifications de l'aléa climatique ont-elles affecté les **risques agro-climatiques** liés à la **sécheresse** en France métropolitaine de 1960 à aujourd'hui ?
- Peut-on développer un **indice sécheresse** permettant d'expliquer l'évolution de la **sinistralité** de l'assurance récolte ?

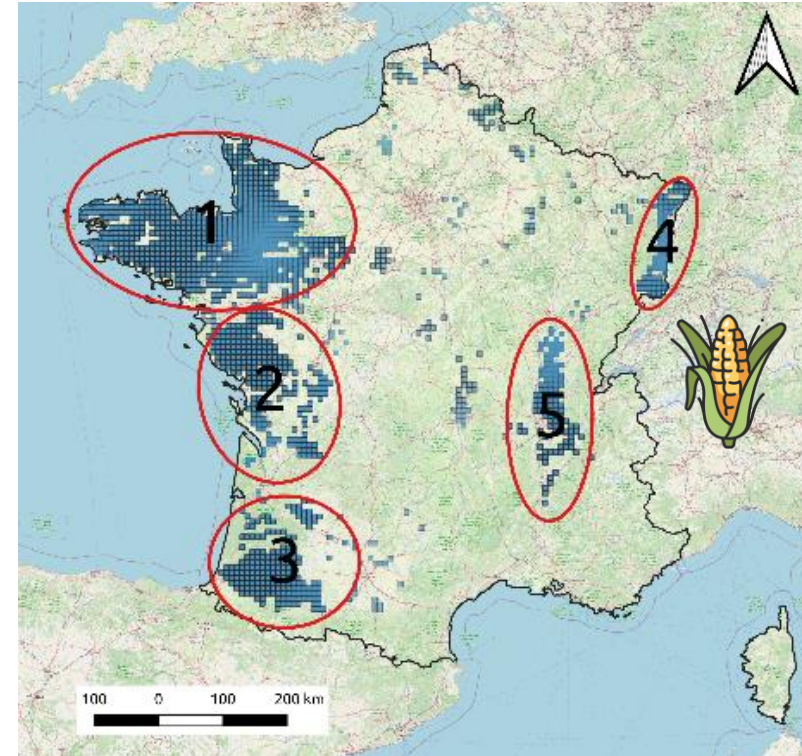
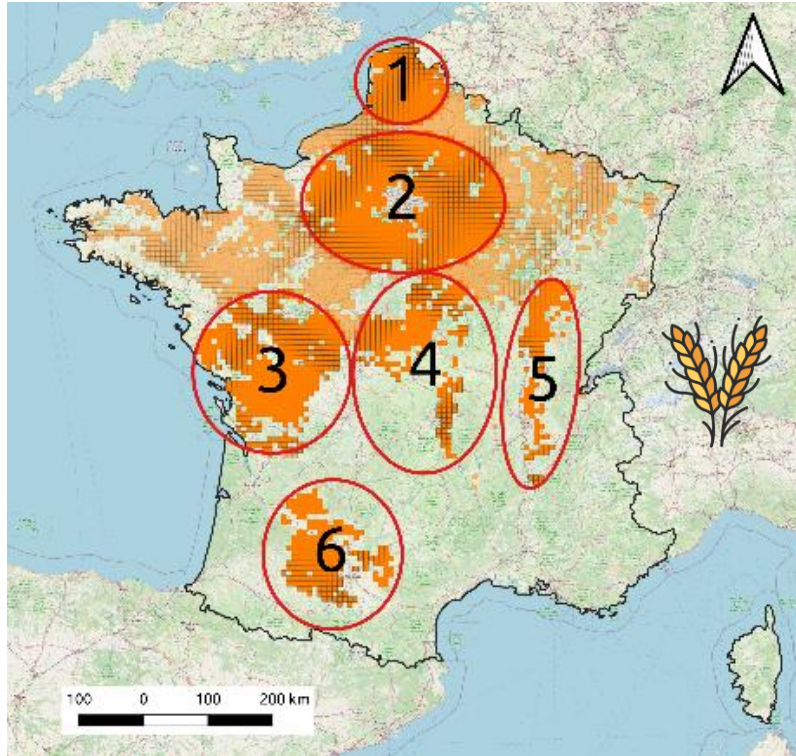
Sinistralité de l'assurance récolte



Méthodologie générale



Zones d'étude

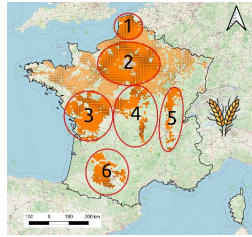


Bassins de production majoritaires des cultures d'intérêt.

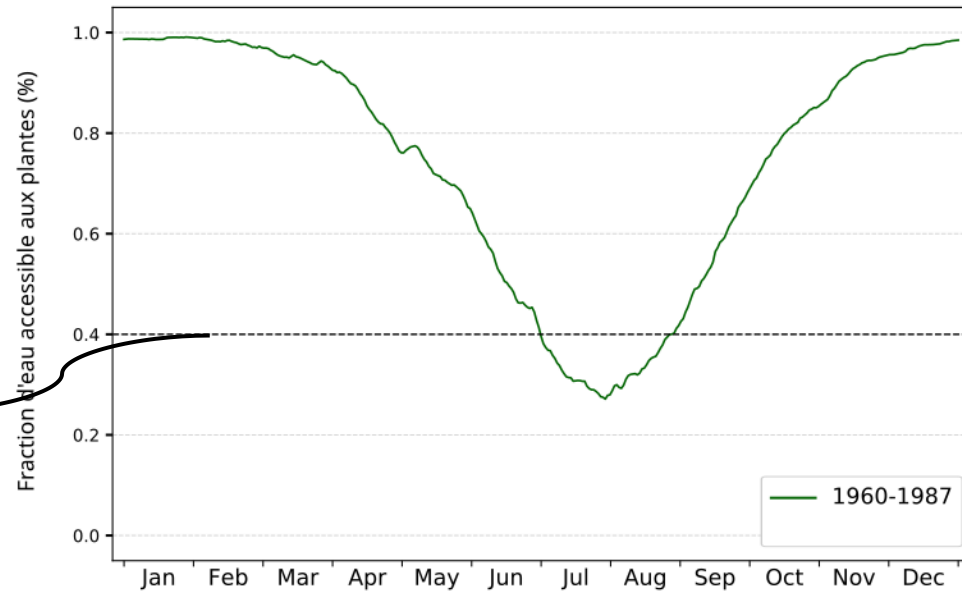
- **Gradient** latitudinal et longitudinal
- **Géographie** de l'évolution du **bilan hydrique**

Le cas du blé tendre d'hiver

Laurent et al., 2023.



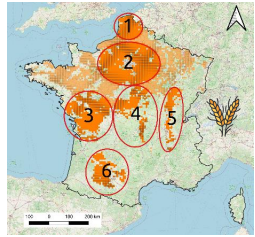
Seuil de
stress
hydrique



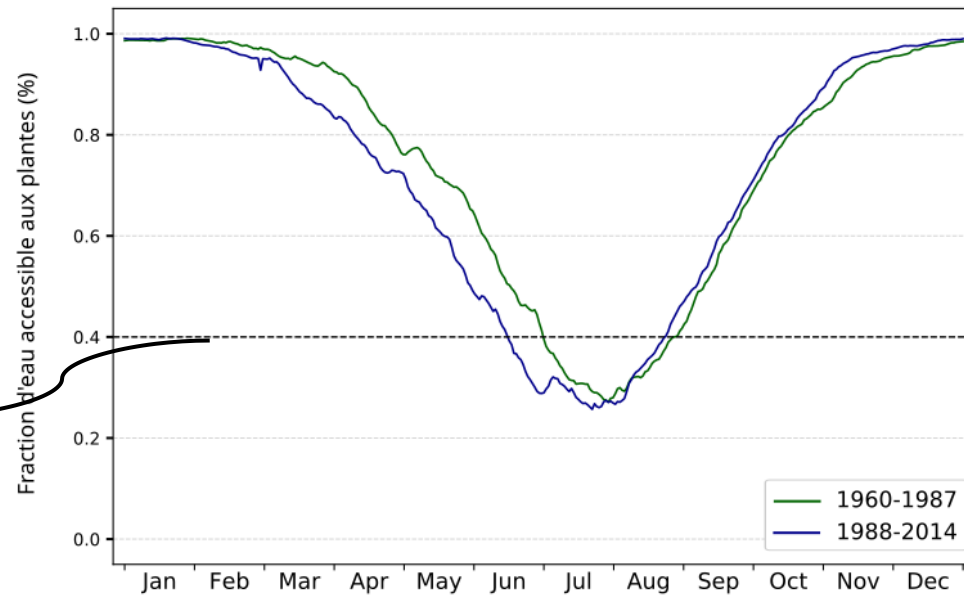
Cycle annuel moyen du bilan hydrique sur tous les bassins de production de blé.



Le cas du blé tendre d'hiver



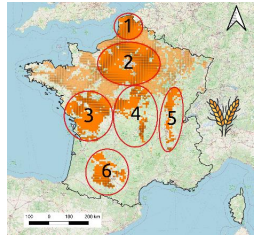
Seuil de stress hydrique



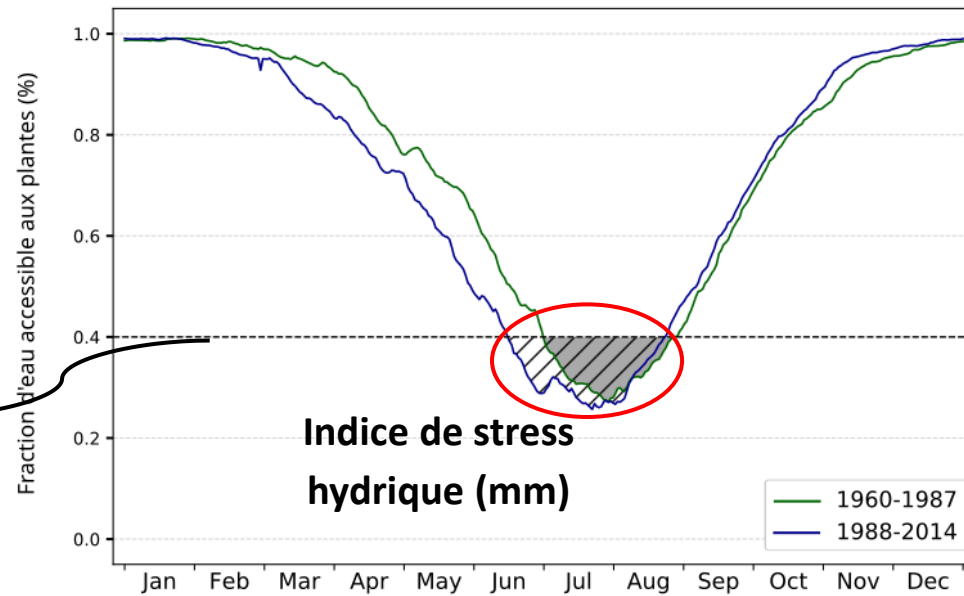
Cycle annuel moyen du bilan hydrique sur tous les bassins de production de blé.

- **Allongement** période de **stress hydrique** sur la période 1988-2021
- Les évènements de stress hydrique commencent **plus tôt** dans l'année

Caractérisation du risque sécheresse



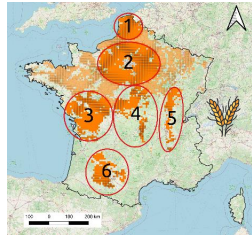
Seuil de
stress
hydrique



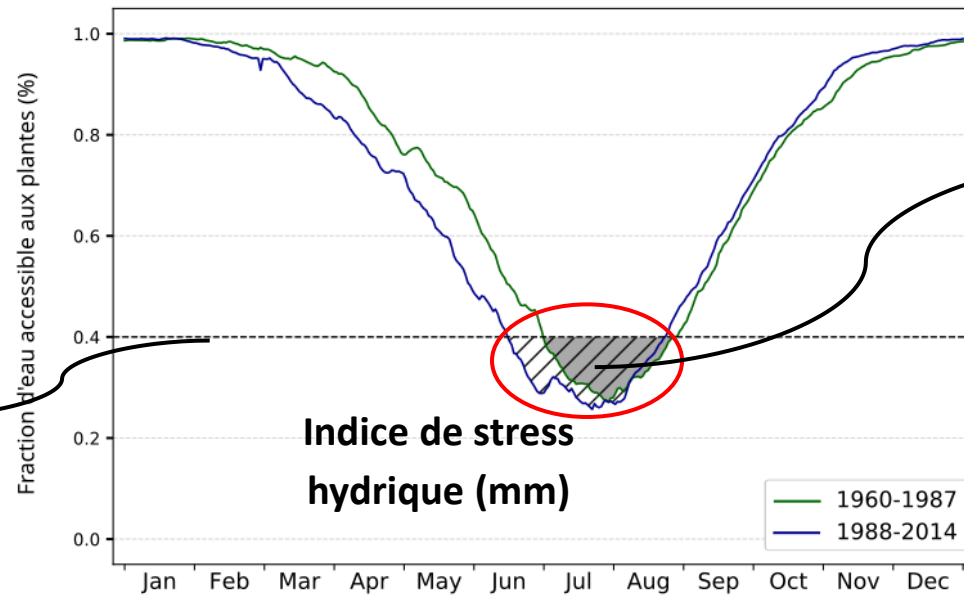
Cycle annuel moyen du bilan hydrique sur tous les bassins de production de blé.

- Calcul d'un **indice sécheresse** par an et par **bassin de production**
- Calcul d'un **indice sécheresse** à partir du **SWI**

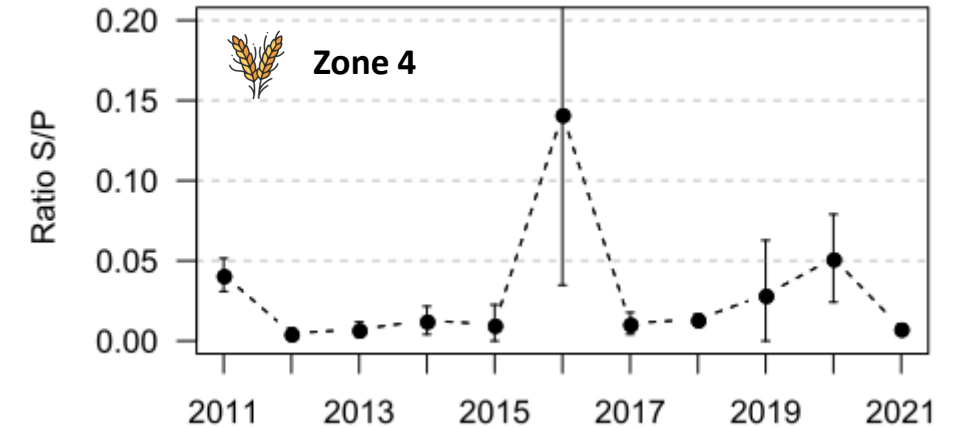
Caractérisation du risque sécheresse



Seuil de stress hydrique



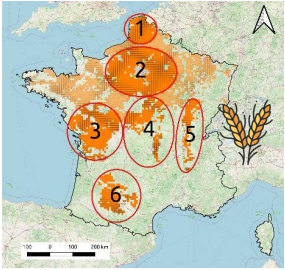
Cycle annuel moyen du bilan hydrique sur tous les bassins de production de blé.



Ratio S/P des contrats MRC pour la culture du blé sur le bassin de production n°4.

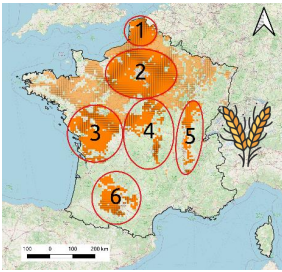
- **Corrélation** avec le **ratio S/P** des contrats MRC sur chaque **bassin de production** pour chaque **culture**
- **Ratio S/P** inclut **tous les aléas climatiques** déclarés

L'indice de stress hydrique : un bon proxy de la sinistralité de l'assurance MRC ?

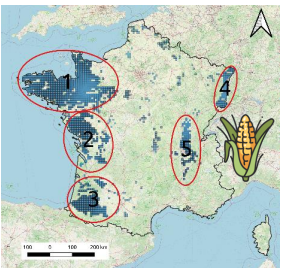


	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
S/P ~ indice sécheresse SWI	-0.310	-0.222	0.728	0.0655	-0.256	0.103
S/P ~ indice sécheresse blé	-0.362	-0.269	0.668	0.0964	-0.204	0.193

L'indice de stress hydrique : un bon proxy de la sinistralité de l'assurance MRC ?

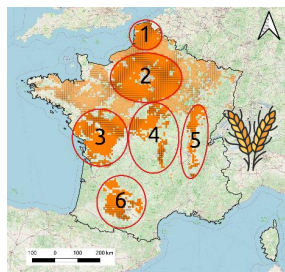


	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
S/P ~ indice sécheresse SWI	-0.310	-0.222	0.728	0.0655	-0.256	0.103
S/P ~ indice sécheresse blé	-0.362	-0.269	0.668	0.0964	-0.204	0.193

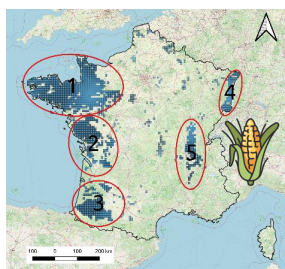


	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
S/P ~ indice sécheresse SWI	0.210	0.0961	0.0753	0.366	0.678
S/P ~ indice sécheresse maïs	0.656	0.720	0.625	0.542	0.796

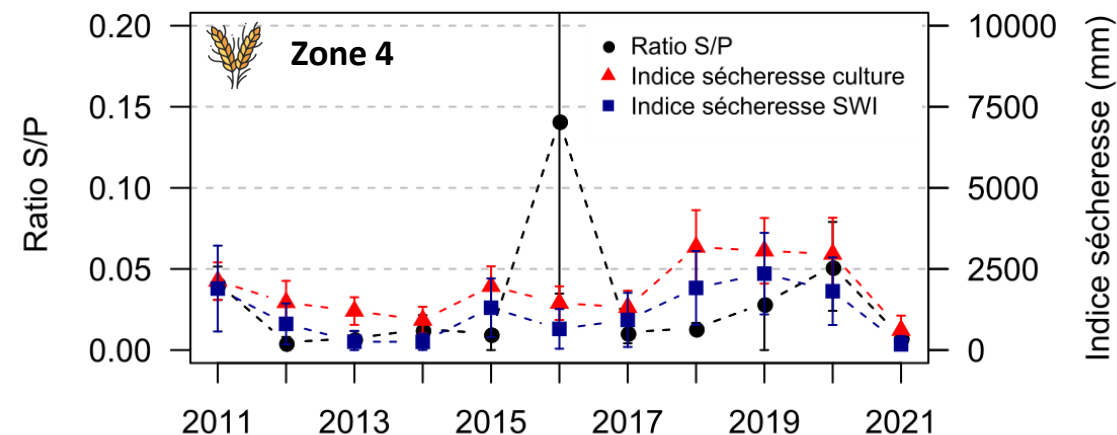
L'indice de stress hydrique : un bon proxy de la sinistralité de l'assurance MRC ?



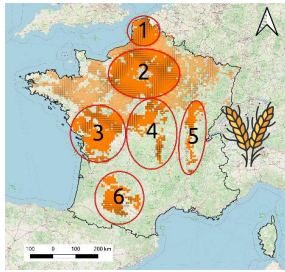
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
S/P ~ indice sécheresse SWI	-0.310	-0.222	0.728	0.0655	-0.256	0.103
S/P ~ indice sécheresse blé	-0.362	-0.269	0.668	0.0964	-0.204	0.193



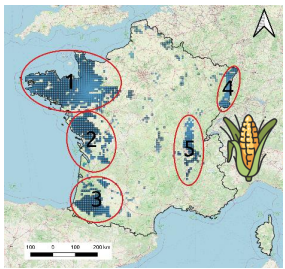
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
S/P ~ indice sécheresse SWI	0.210	0.0961	0.0753	0.366	0.678
S/P ~ indice sécheresse maïs	0.656	0.720	0.625	0.542	0.796



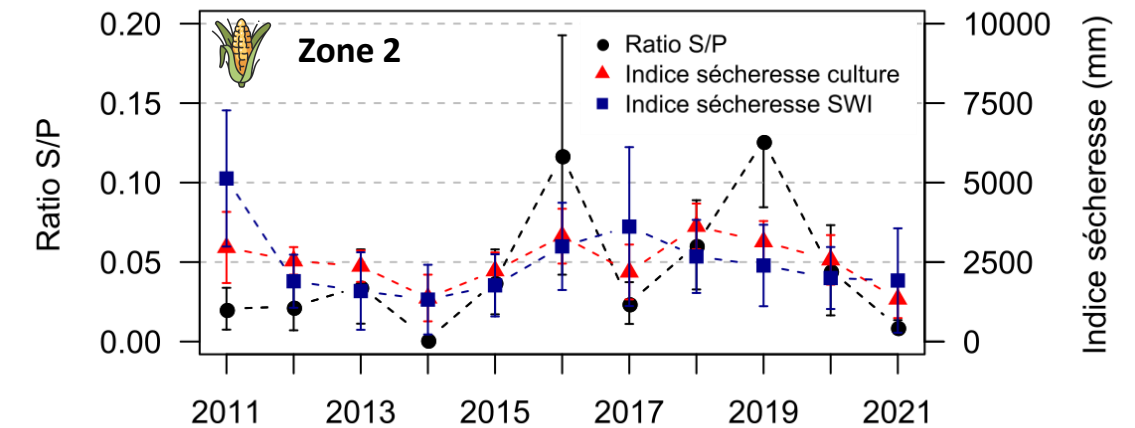
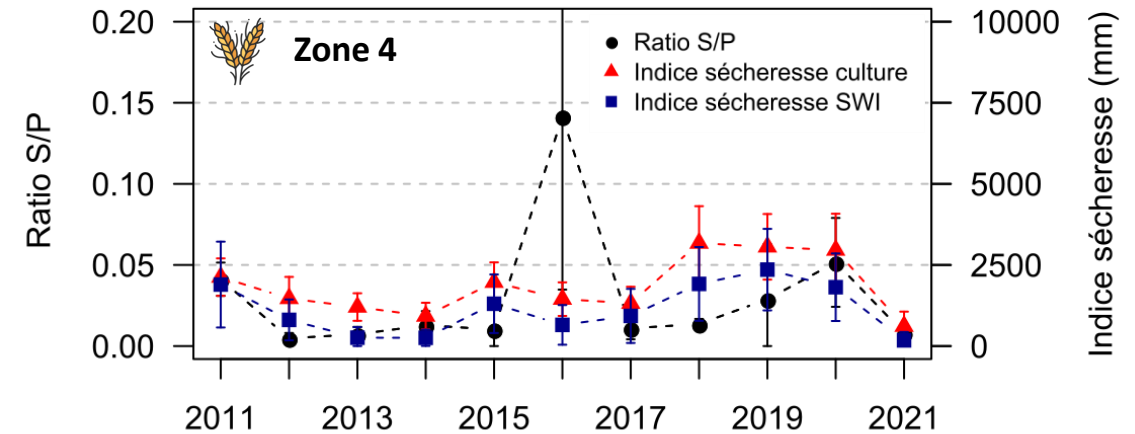
L'indice de stress hydrique : un bon proxy de la sinistralité de l'assurance MRC ?



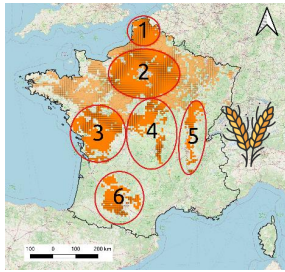
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
S/P ~ indice sécheresse SWI	-0.310	-0.222	0.728	0.0655	-0.256	0.103
S/P ~ indice sécheresse blé	-0.362	-0.269	0.668	0.0964	-0.204	0.193



	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
S/P ~ indice sécheresse SWI	0.210	0.0961	0.0753	0.366	0.678
S/P ~ indice sécheresse maïs	0.656	0.720	0.625	0.542	0.796

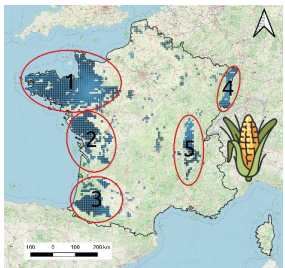


L'indice de stress hydrique : un bon proxy de la sinistralité de l'assurance MRC ?



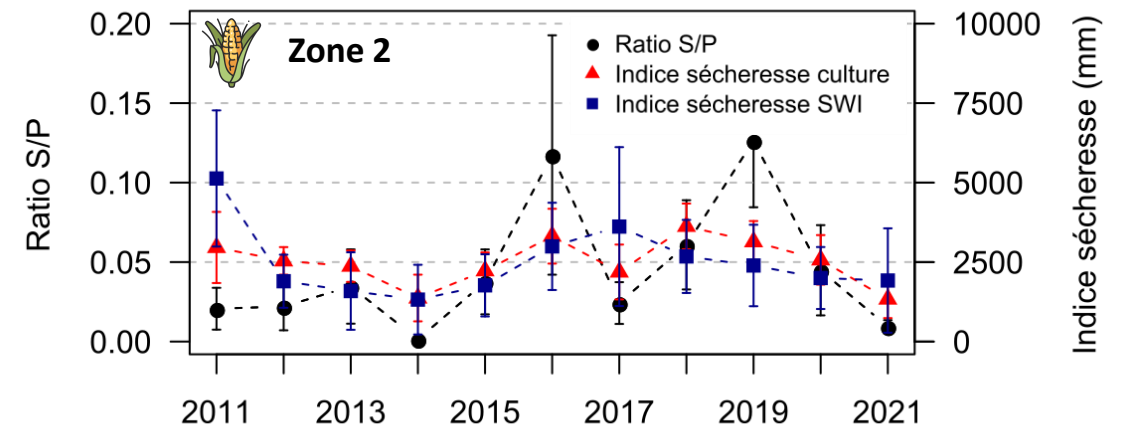
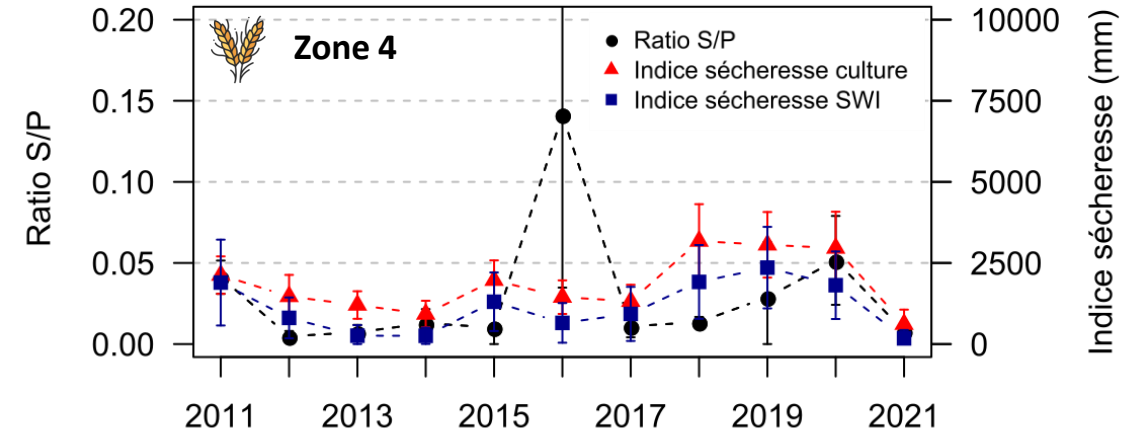
- **Culture d'hiver** : impactée par la sécheresse mais aussi beaucoup d'autres aléas climatiques

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
S/P ~ indice sécheresse SWI	-0.310	-0.222	0.728	0.0655	-0.256	0.103
S/P ~ indice sécheresse blé	-0.362	-0.269	0.668	0.0964	-0.204	0.193



- **Culture d'été** : très liée au risque sécheresse

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
S/P ~ indice sécheresse SWI	0.210	0.0961	0.0753	0.366	0.678
S/P ~ indice sécheresse maïs	0.656	0.720	0.625	0.542	0.796



Conclusion et perspectives

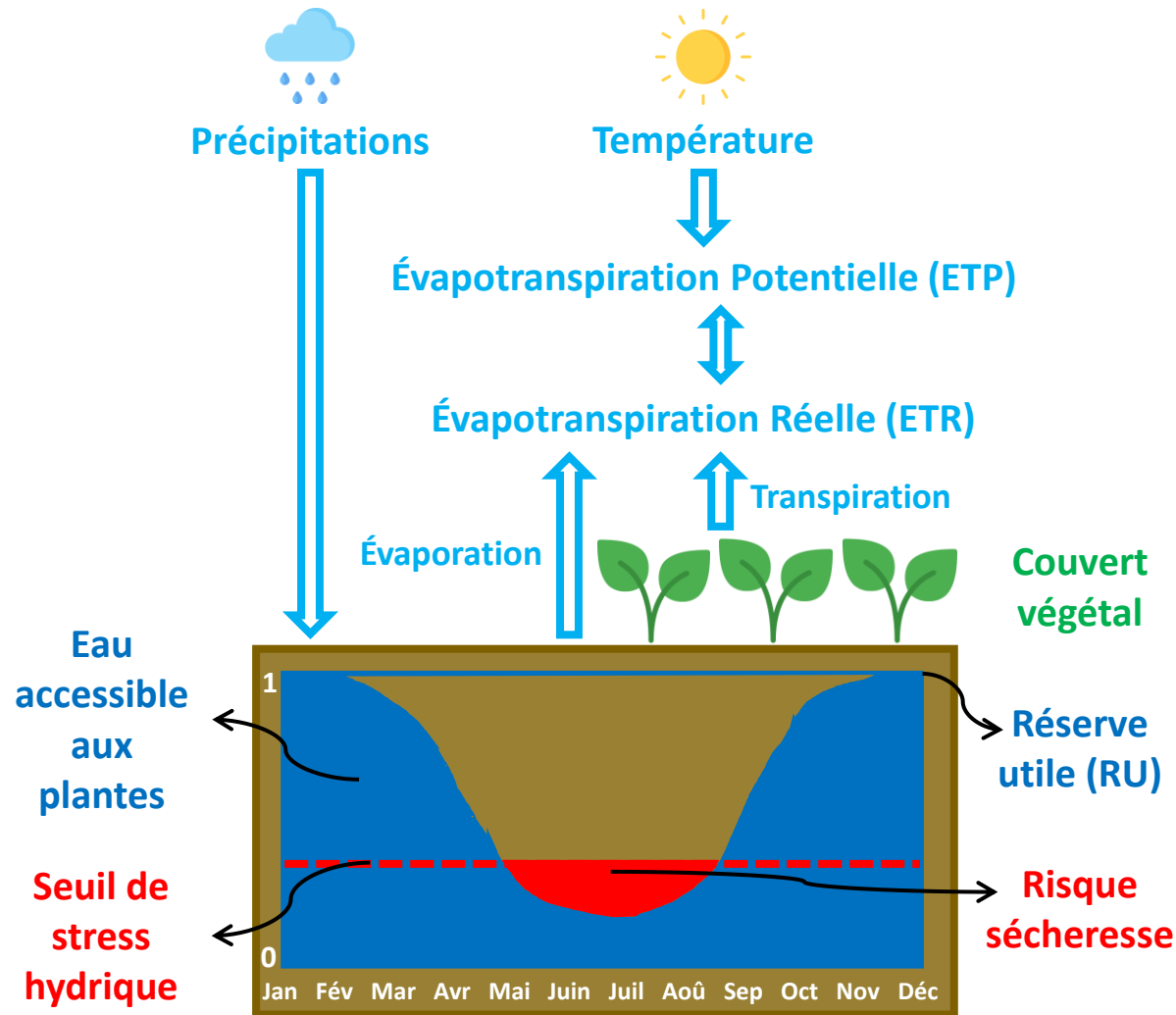


Schéma simplifié du bilan hydrique.

- **Hausse abrupte** des températures modifie l'**aléa climatique** lié au cycle de l'eau (évapotranspiration)
- Impacts sur le **bilan hydrique** des cultures d'intérêt
- **Développement** d'un nouvel **indice de stress hydrique** propre à chaque **culture** étudiée
- **Bon proxy** de la **sinistralité** des contrats MRC du **maïs**
- **Investiguer la corrélation** ratio S/P ~ indice sécheresse : utilisation des coûts des sinistres uniquement liés à l'**aléa sécheresse**, **affinage** de l'échelle **spatiale**
- Utiliser la méthodologie pour **anticiper l'évolution du risque sécheresse** dans le **futur**



Sinistralité de l'assurance récolte

Merci pour votre attention

Des questions ?

Bibliographie

- Barry, D., & Hartigan, J.A., 1993. A Bayesian Analysis for Change Point Problems. *Journal of the American Statistical Association* 88, 309–319. <https://doi.org/10.1080/01621459.1993.10594323>
- Beauvais, F., 2021. Approches géographiques et agro-climatologiques des conséquences du changement climatique sur l'agrosystème céréalier de Normandie : constat et étude d'impact prospective appliqués au blé tendre d'hiver (phdthesis). Normandie Université.
- Boé, J., & Habets, F., 2014. Multi-decadal river flow variations in France. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18, 691–708. <https://doi.org/10.5194/hess-18-691-2014>
- Booth, B.B.B., Dunstone, N.J., Halloran, P.R., Andrews, T., & Bellouin, N., 2012. Aerosols implicated as a prime driver of twentieth-century North Atlantic climate variability. *Nature* 484, 228–232. <https://doi.org/10.1038/nature10946>
- Brisson, N.N., Launay, M., Mary, B.B., & Beaudoin, N.N., 2009. Conceptual basis, formalisations and parameterization of the STICS crop model. Editions Quae.
- Brulebois, E., Castel, T., Richard, Y., Chateau-Smith, C., & Amiotte-Suchet, P., 2015. Hydrological response to an abrupt shift in surface air temperature over France in 1987/88. *Journal of Hydrology* 531, 892–901. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.026>
- de Laat, A.T.J., & Crok, M., 2013. A Late 20th Century European Climate Shift: Fingerprint of Regional Brightening? *ACS* 03, 291–300. <https://doi.org/10.4236/acs.2013.33031>
- Dong, B., Sutton, R.T., & Shaffrey, L., 2017. Understanding the rapid summer warming and changes in temperature extremes since the mid-1990s over Western Europe. *Clim Dyn* 48, 1537–1554. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3158-8>
- Erdman, C., & Emerson, J.W., 2008. bcp: An R Package for Performing a Bayesian Analysis of Change Point Problems. *Journal of Statistical Software* 23, 1–13. <https://doi.org/10.18637/jss.v023.i03>
- Fédération Française de l'Assurance, 2023. L'assurance agricole en 2022 - Assurances de biens et de responsabilité. Fédération Française de l'Assurance, Direction des études économiques et statistiques, Paris.
- Gate, P., 1995. Ecophysiologie du blé, de la plante à la culture. Tec & Doc-Lavoisier.
- Groupement d'intérêt scientifique sur les sols (France), 2011. L'état des sols de France: les services rendus par les sols, la diversité des sols de France, l'état des sols de France et son évolution. GIS Sol, S.I.
- Institut National de l'information Géographique et Forestière, 2019. RPG Version 2.0 - Descriptif de contenu et de livraison. Les bases vectorielles 28.
- Jacquart, C., & Choissnel, E., 1995. Un modèle de bilan hydrique simplifié à deux réservoirs utilisable en agrométéorologie. *La Météorologie* 8ème série, 29–44. <https://doi.org/10.4267/2042/51939>
- Jørgensen, B., 1987. Exponential Dispersion Models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 49, 127–145. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1987.tb01685.x>
- Kruschke, J.K., 2013. Bayesian estimation supersedes the t test. *Journal of Experimental Psychology: General* 142, 573–603. <https://doi.org/10.1037/a0029146>
- Laurent, L., Ullmann, A., & Castel, T., 2023. How abrupt changes in surface temperature impacts water cycle over France? The case study of winter bread wheat area. *Total Environment Research Themes* 8, 100079. <https://doi.org/10.1016/j.totert.2023.100079>
- Laurent, L., Ullmann, A., & Castel, T., *in preparation*. Regional climate warming increase occurrence and intensity of winter wheat drought risk. *Journal of Agricultural and Forest Meteorology*.
- Laurent, L., Ullmann, A., & Castel, T., *under review*. How abrupt changes in surface temperature impact the main climatic components of the local water cycle over France? *Journal of Hydrology*.
- Lebon, E., Dumas, V., Pieri, P., & Schultz, H.R., 2003. Modelling the seasonal dynamics of the soil water balance of vineyards. *Functional Plant Biol.* 30, 699–710. <https://doi.org/10.1071/fp02222>
- Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M., Kundzewicz, Z.W., Lettenmaier, D.P., & Stouffer, R.J., 2008. Stationarity Is Dead: Whither Water Management? *Science* 319, 573–574. <https://doi.org/10.1126/science.1151915>
- Raymond, F., & Ullmann, A., 2021. Variabilité spatio-temporelle des séquences sèches en France depuis 1950. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.37260>
- Reid, P.C., Hari, R.E., Beaugrand, G., Livingstone, D.M., Marty, C., Straile, D., Barichivich, J., Goberville, E., Adrian, R., Aono, Y., Brown, R., Foster, J., Groisman, P., Hélaouët, P., Hsu, H.-H., Kirby, R., Knight, J., Kraberg, A., Li, J., Lo, T.-T., Myneni, R.B., North, R.P., Pounds, J.A., Sparks, T., Stübi, R., Tian, Y., Wiltshire, K.H., Xiao, D., & Zhu, Z., 2016. Global impacts of the 1980s regime shift. *Global Change Biology* 22, 682–703. <https://doi.org/10.1111/gcb.13106>
- Riou, C., Valancogne, C., & Pieri, P., 1989. Un modèle simple d'interception du rayonnement solaire par la vigne - vérification expérimentale. *Agronomie* 9, 441–450. <https://doi.org/10.1051/agro:19890502>
- Robson, J., Sutton, R., Lohmann, K., Smith, D., & Palmer, M.D., 2012. Causes of the Rapid Warming of the North Atlantic Ocean in the Mid-1990s. *Journal of Climate* 25, 4116–4134. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00443.1>
- Ruggieri, E., 2013. A Bayesian approach to detecting change points in climatic records. *International Journal of Climatology* 33, 520–528. <https://doi.org/10.1002/joc.3447>
- Schauburger, B., Ben-Ari, T., Makowski, D., Kato, T., Kato, H., & Ciais, P., 2018. Yield trends, variability and stagnation analysis of major crops in France over more than a century. *Sci Rep* 8, 16865. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35351-1>
- Soubeyrou, J.-M., Martin, E., Franchisteguy, L., Habets, F., Noilhan, J., Baillon, M., Regimbeau, F., Vidal, J.-P., Lemoigne, P., & Morel, S., 2008. Safran-Isba-Modcou (SIM) : Un outil pour le suivi hydrométéorologique opérationnel et les études. *Météorologie* 8, 40. <https://doi.org/10.4267/2042/21890>
- Soubeyrou, J.-M., Neppel, L., Veyseire, J.-M., Trambly, Y., Carreau, J., & Gouget, V., 2015. Evolution des précipitations extrêmes en France en contexte de changement climatique. *La Houille Blanche* 101, 27–33. <https://doi.org/10.1051/lhb/2015004>
- Sutton, R.T., & Dong, B., 2012. Atlantic Ocean influence on a shift in European climate in the 1990s. *Nature Geosci* 5, 788–792. <https://doi.org/10.1038/ngeo1595>
- Tweedie, M.C.K., 1984. An index which distinguishes between some important exponential families., in: *Statistics: Applications and New Directions*. Proceedings of the Indian Statistical Institute Golden Jubilee International Conference. Indian Statistical Institute, Calcutta, pp. 579–604.
- Van Loon, A.F., 2015. Hydrological drought explained. *WIREs Water* 2, 359–392. <https://doi.org/10.1002/wat2.1085>
- van Oldenborgh, G.J., Drijfhout, S., van Ulden, A., Haarsma, R., Sterl, A., Severijns, C., Hazeleger, W., & Dijkstra, H., 2009. Western Europe is warming much faster than expected. *Clim. Past* 12.
- Woolway, R.I., Dokulil, M.T., Marszelewski, W., Schmid, M., Bouffard, D., & Merchant, C.J., 2017. Warming of Central European lakes and their response to the 1980s climate regime shift. *Climatic Change* 142, 505–520. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1966-4>

Annexes

Données et méthodes

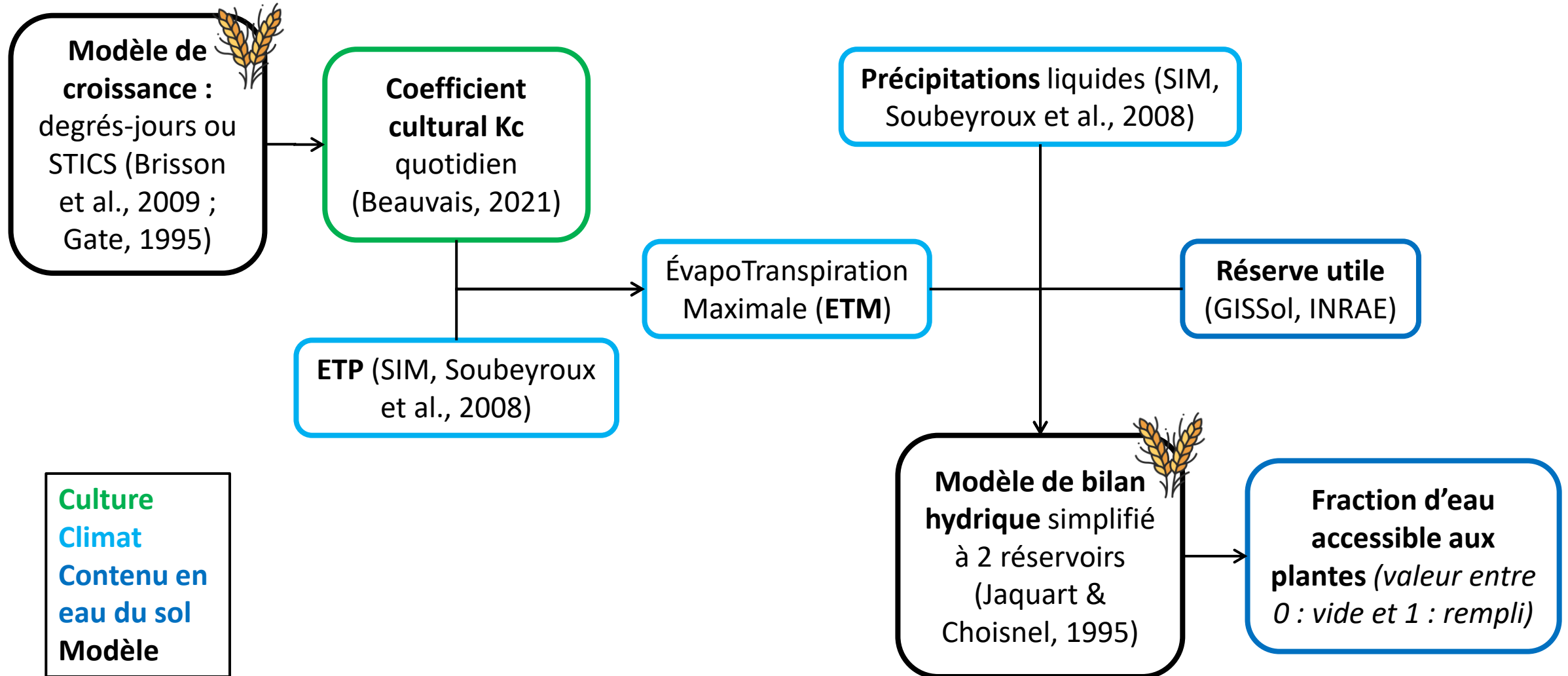
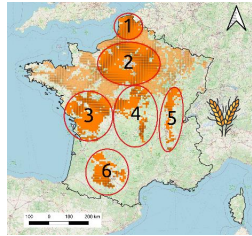


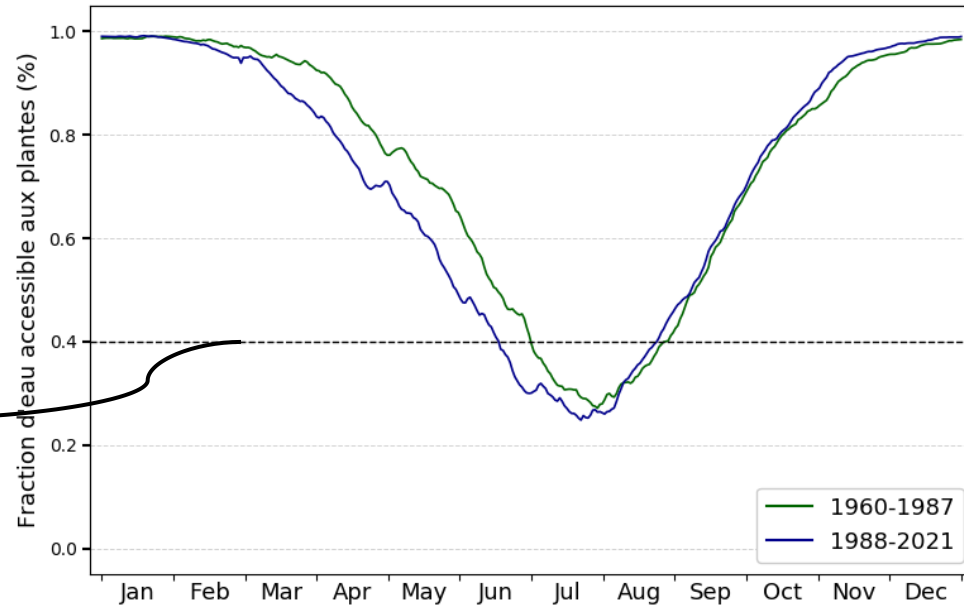
Schéma de la chaîne de modélisation de la thèse pour la culture du blé.



Le cas du blé tendre d'hiver

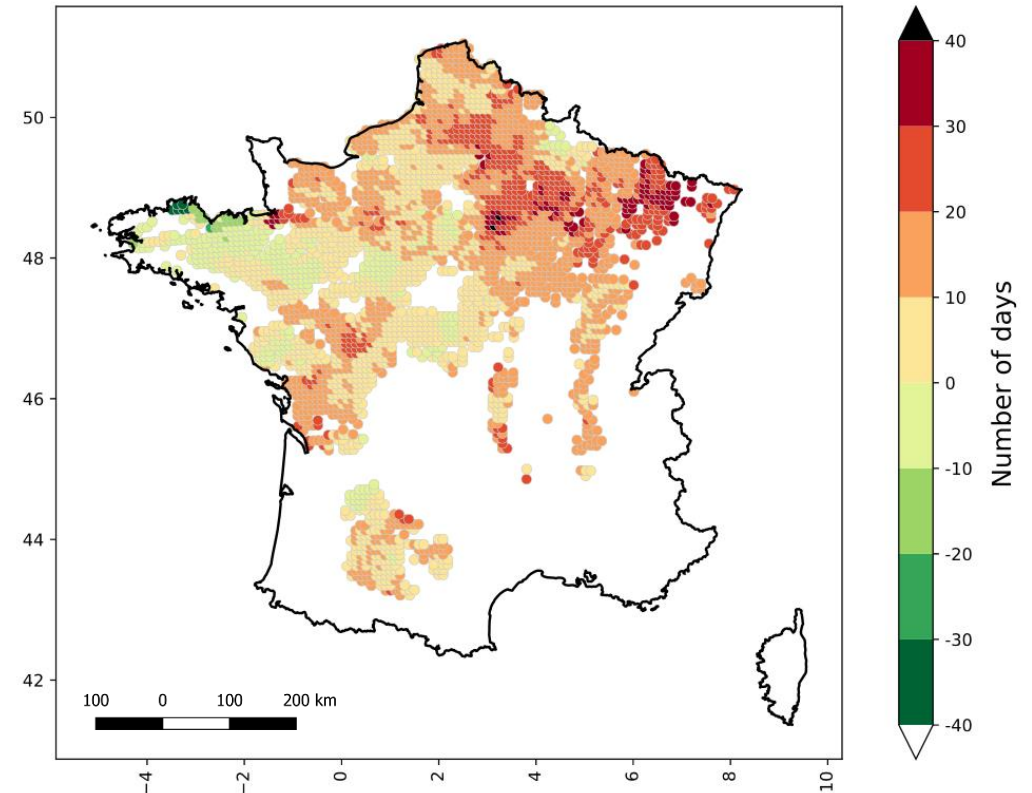


Seuil de stress hydrique



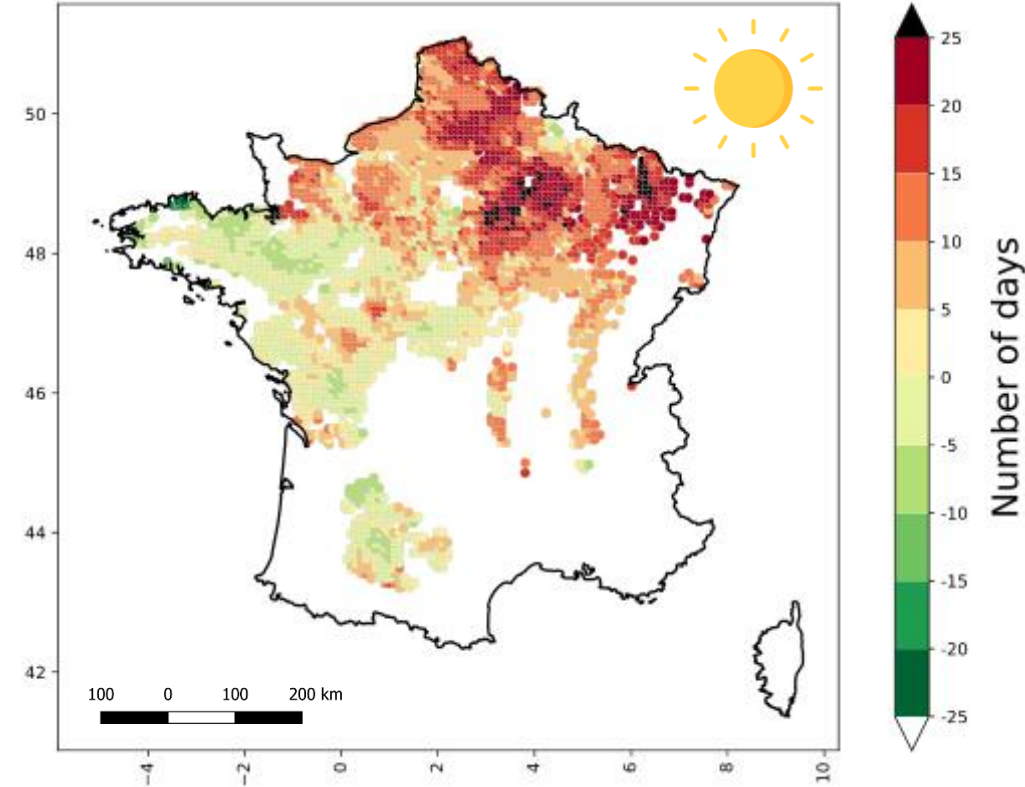
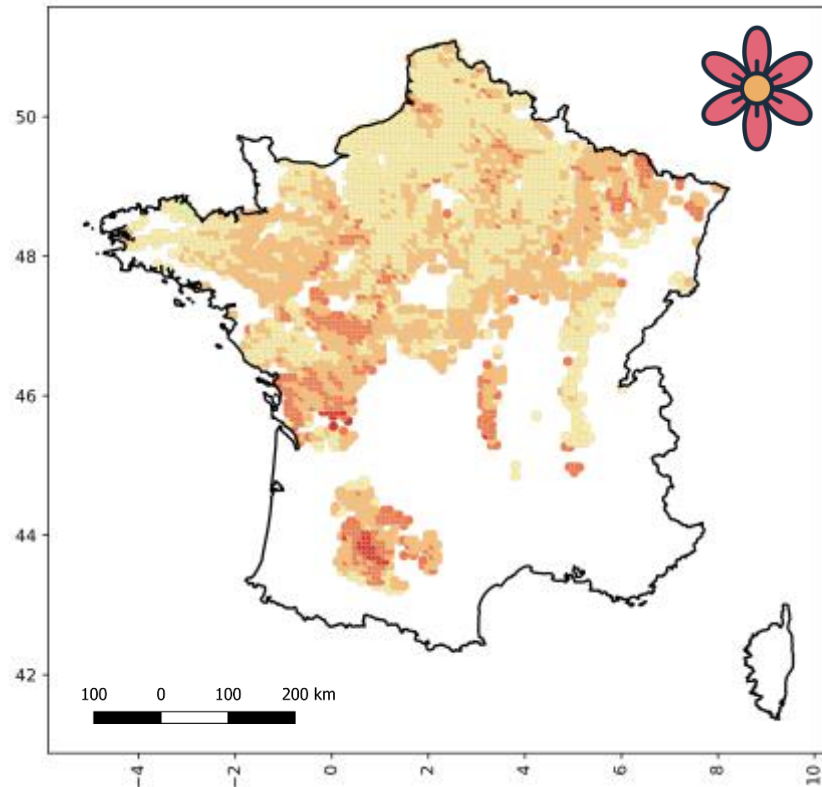
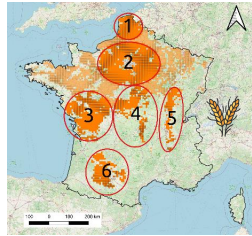
Cycle annuel moyen du bilan hydrique sur tous les bassins de production de blé.

- **Augmentation du nombre de jours** de stress presque généralisée à l'échelle annuelle



Différence du nombre de jours de stress sur la période 1988-2021 par rapport à la période 1960-1987.

Le cas du blé tendre d'hiver

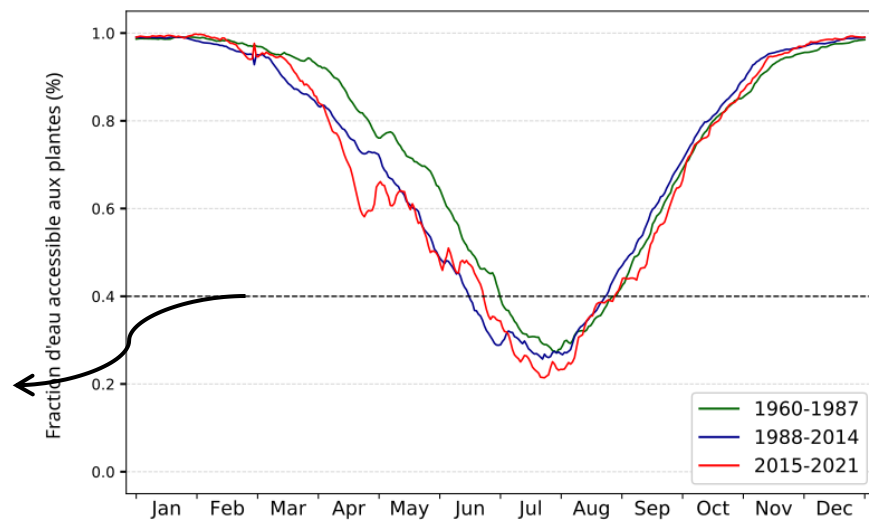


Différence du nombre de jours de stress sur la période 1988-2021 par rapport à la période 1960-1987.

- **Hausse généralisée** du nombre de jours de stress au **printemps** : **allongement des périodes de stress**
- **Apparition** d'épisodes de **stress hydrique** en **été** sur les bassins de production du **nord** de la France

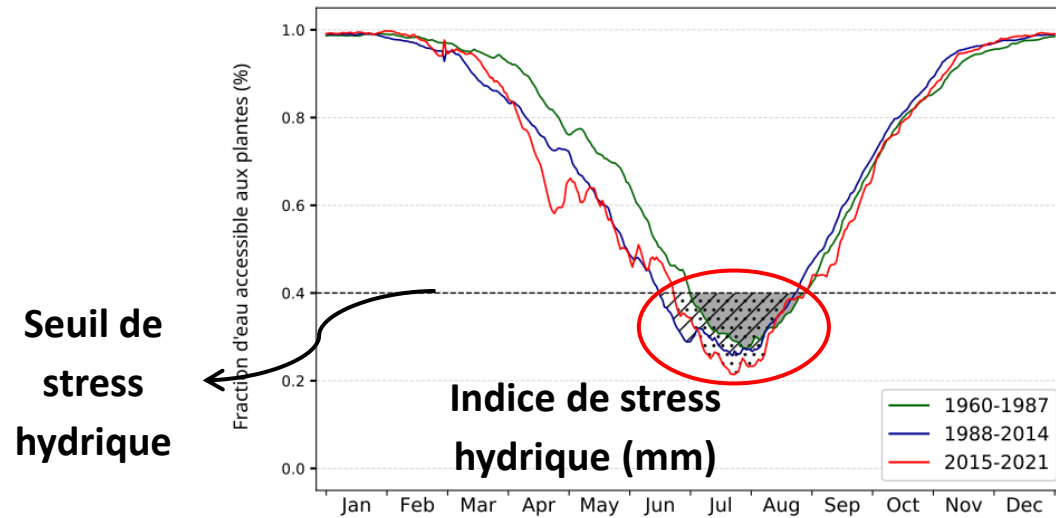
Caractérisation du risque sécheresse

Seuil de
stress
hydrique



Cycle annuel moyen du bilan hydrique sur tous les bassins de production de blé.

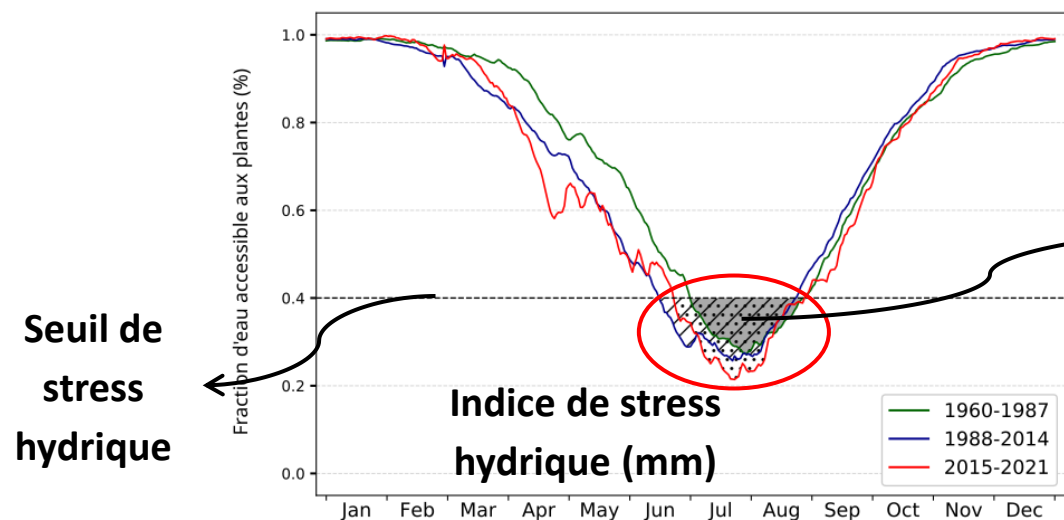
Caractérisation du risque sécheresse



Cycle annuel moyen du bilan hydrique sur tous les bassins de production de blé.

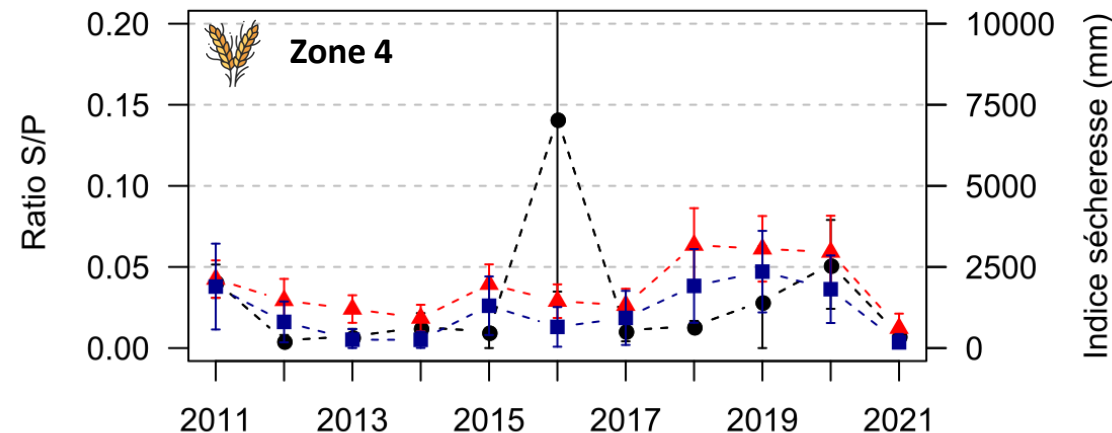
- Calcul d'un **indice sécheresse** par an et par **bassin de production**
- Calcul d'un **indice sécheresse** à partir du **SWI**

Caractérisation du risque sécheresse



Cycle annuel moyen du bilan hydrique sur tous les bassins de production de blé.

- Calcul d'un **indice sécheresse** par an et par **bassin de production**
- Calcul d'un **indice sécheresse** à partir du **SWI**



- **Corrélation** avec le **ratio S/P** des contrats MRC sur chaque **bassin de production** pour chaque **culture**
- **Ratio S/P** inclut **tous les aléas climatiques** déclarés