



CLIMAT
AGROCLIMAT
IMPACTS
ADAPTATIONS AGRICOLES
ATTENUATIONS



oracle
Bourgogne-Franche-Comté

Avec le soutien financier de :



**RÉGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE**



Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Etat des lieux
sur le changement climatique
et ses incidences agricoles
en région Bourgogne-Franche-Comté

Edition 2023



Comité de pilotage :

ADEME DR Bourgogne-Franche-Comté
Conseil Régional Bourgogne-Franche-Comté
CRA Bourgogne-Franche-Comté
DRAAF Bourgogne-Franche-Comté
DREAL Bourgogne-Franche-Comté
Météo France
Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne
Alterre Bourgogne-Franche-Comté
ATMO Bourgogne-Franche-Comté
Université de Bourgogne
ARVALIS – Institut du Végétal
Terres Innovia
Agences de l'Eau

Direction éditoriale et expertise agronomique

CRA Bourgogne-Franche-Comté

Données et expertise climatiques

Météo France



Contributions :

BIVB, Arvalis Institut du végétal, Terres Innovia, Chambres d'Agriculture de Bourgogne Franche Comté, DRAAF/SRISE, INRAE, Météo France, Université de Bourgogne, Alliance BFC.

Documents téléchargeables sur :

www.bourgognefranche-comte.chambagri.fr

Prochaine parution : fin 2023.



Qu'est-ce qu'ORACLE Bourgogne-Franche-Comté ?

ORACLE Bourgogne-Franche-Comté (**O**bservatoire **R**égional sur l'**A**griculture et le **C**hangement **c**Limatique**E**) établit un constat objectif du changement climatique en région Bourgogne-Franche-Comté et de ses conséquences avérées sur l'activité agricole régionale. Il s'appuie sur des observations qui sont mises à jour une fois par an.

ORACLE Bourgogne-Franche-Comté est organisé en 5 thèmes, signalés en tête de chaque fiche.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE

2 AGRO CLIMAT

3 IMPACTS AGRICOLES

4 ADAPTATIONS

5 ATTENUATION

ORACLE Bourgogne-Franche-Comté est destiné à tous ceux qui se sentent concernés par l'avenir de l'agriculture régionale en lien avec le changement climatique : agriculteurs, conseillers agricoles, agents des services de l'état, élus et agents de collectivités territoriales, gestionnaires de ressources ou de territoires, membres d'associations, enseignants, élèves.

Réalisé par :

Céline BUCHE – Chambre d'agriculture de Bourgogne-Franche-Comté
celine.buche@bfc.chambagri.fr

Jérôme LAMONICA – Chambre d'agriculture du Jura
Jerome.lamonica@jura.chambagri.fr



Edition 2023 : liste des fiches

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE

Température moyenne annuelle.....	16
Température moyenne saisonnière.....	20
Vagues de chaleur en Bourgogne-Franche-Comté.....	22
Sécheresse en Bourgogne-Franche-Comté.....	23
Nombre de jours de gel par an.....	24
Nombre de jours estivaux par an.....	27
Cumul annuel des précipitations.....	30
Cumul saisonnier des précipitations.....	33
Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP).....	36
Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP).....	39

2 AGRO CLIMAT

Nombre de jours chaud $\geq 27^{\circ}\text{C}$ du 01/05 au 31/10 – Pousse de l'herbe.....	42
Nombre de jours chaud $\geq 30^{\circ}\text{C}$ du 01/05 au 15/09 – Remplissage des grains.....	44
Date de Floraison du maïs.....	46
Date de Récolte du maïs ensilage.....	48
Date de Récolte du maïs grain.....	50
Nombre de jours de gel de printemps.....	52
Indice de WINKLER.....	54
Date de formation des tubercules de la Pomme de Terre.....	57
Cumul de précipitations en période de tubérisation de la pomme de terre.....	59
Température moyenne écartées à 18°C – Récolte de la pomme de terre.....	61
Date de mise à l'herbe.....	63
Date de fauche précoce des prairies.....	65
Date de récolte des foins.....	67
Semis de printemps des céréales et du maïs.....	69
Déficit hydrique – (Cumul des précipitations – ETP) du 01/04 au 30/09.....	71
Etat hydrique des sols – SWI $< 0,4$ sol sec.....	74
Etat hydrique des sols – SWI $> 0,95$ sol très humide.....	77



3 IMPACTS AGRICOLES

Evolution des stades phénologiques de la vigne.....	80
Evolution de l'acidité totale et du sucre.....	82
Impact sur l'état hydrique de la vigne – méthode du $\delta^{13}C$	84
Evolution des rendements en blé tendre d'hiver.....	86
Evolution des rendements orge d'hiver	89
Evolution des surfaces de colza.....	91
Evolution des rendements en maïs grain.....	93
Evolution des rendements des prairies permanentes.....	95
Evolution des rendements de la pomme de terre.....	97
Impacts sur la forêt.....	98

4 ADAPTATIONS

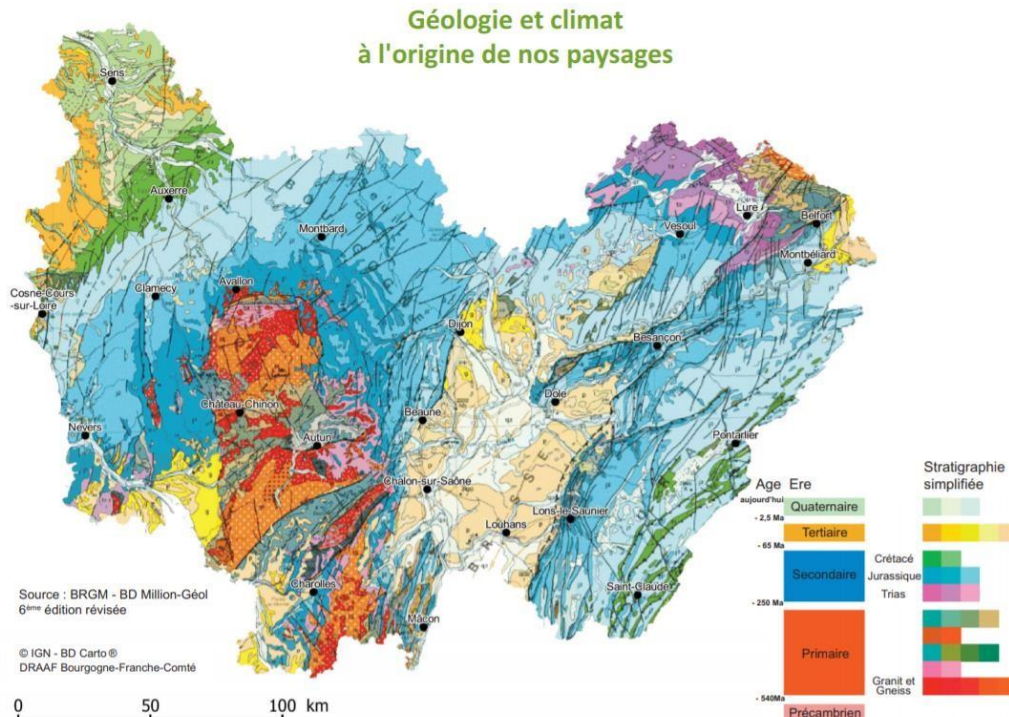
Introduction.....	100
Leviers d'adaptation – Céréales.....	101
Leviers d'adaptation – Elevage Bovin/Prairies.....	105
Leviers d'adaptation – Culture de Pomme de terre.....	109
Leviers d'adaptation – Viticulture.....	111
Leviers d'adaptation – Forêt.....	115

5 ATTENUATION

Introduction.....	117
Leviers d'atténuation – Céréales.....	118
Leviers d'atténuation – Elevage Bovin/Prairies.....	120
Leviers d'atténuation – Viticulture.....	122
Leviers d'atténuation – Culture de Pomme de terre.....	123



Le Climat de Bourgogne-Franche-Comté



Entre montagnes jeunes et anciennes

Avec 47 784 km², la région Bourgogne-Franche-Comté couvre 7,6 % du territoire métropolitain. Elle est composée de 3 829 communes regroupées en 8 départements : Côte-d'Or, Doubs, Jura, Nièvre, Haute-Saône, Saône-et-Loire, Yonne et Territoire de Belfort.

Des reliefs variés

Le relief de la région se découpe en deux parties dissymétriques selon un axe incliné nord-est/sud-ouest. Globalement, cet axe va de Belfort à Chalon-sur-Saône (Verdun-sur-le-Doubs exactement) puis suit la vallée de la Saône. Le côté nord-ouest, correspondant à la zone hercynienne, est composé de massifs anciens aux sommets arrondis : Vosges et Massif Central (Morvan). Il relève dans sa partie ouest et extrême nord du bassin parisien. Le côté sud-est, correspondant au massif du Jura, est composé de montagnes jeunes aux sommets plus élevés et escarpés, avec une composante calcaire karstifiée. Jeune d'un point de vue géologique, le massif du Jura n'est pourtant pas une vraie chaîne de montagnes mais un plissement de roches calcaires surélevées en raison de la compression exercée par les Alpes vers l'ouest.

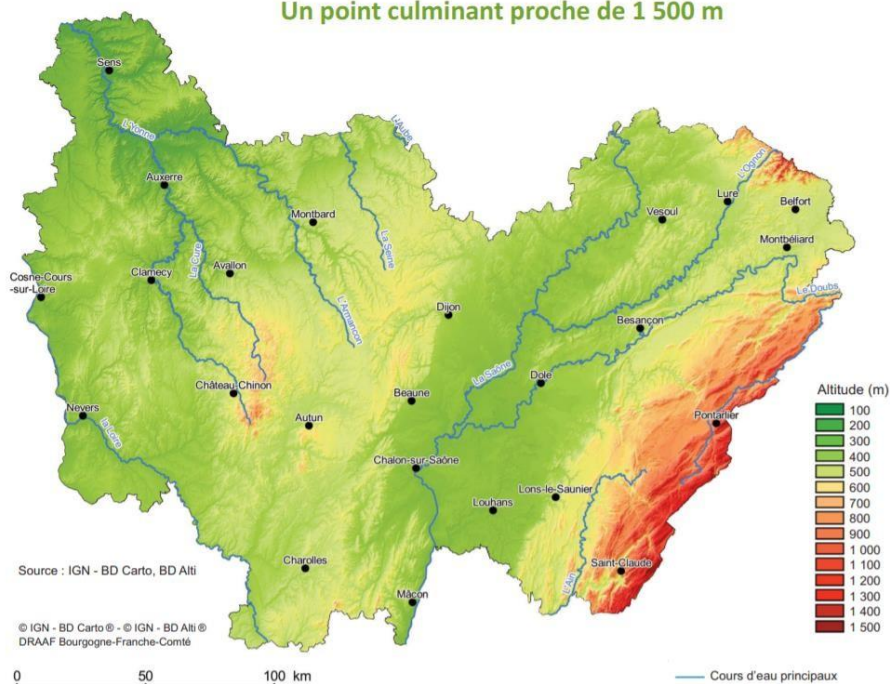
Un réseau hydrographique dense mais inégal

La région est partagée entre trois des six grands bassins hydrographiques français : Seine-Normandie, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée. Chacun de ces bassins couvre respectivement 27,4 %, 20,9 % et 51,7 % de la superficie régionale. Le point de partage des eaux se trouve sur la commune de Meilly-sur-Rouvres, en Côte-d'Or, à une altitude modeste de 445 m. Cette position de tête de bassin se traduit par la mise en œuvre de dispositifs de préservation de la qualité des eaux.



Le territoire régional est traversé par de nombreux cours d'eau dont deux fleuves : la Loire et la Seine. Cette dernière prend sa source en Côte-d'Or, à Source-Seine. Le canal de Bourgogne permet de relier l'Yonne à la Saône. Le canal du Centre relie les vallées de la Loire et de la Saône. Au total, ce sont environ 17 500 km de cours d'eau qui cheminent sur la région. Concentrés sur les couches géologiques peu perméables, ils sont plus rares sur les plateaux calcaires.

Un point culminant proche de 1 500 m



Plusieurs influences climatiques

A l'ouest de la Bourgogne-Franche-Comté, le climat est de type océanique altéré. C'est un climat caractérisé par des températures plutôt modérées et des précipitations assez élevées comparées aux valeurs nationales.

En partant vers l'Est, le Morvan et les plateaux déterminent un axe où le climat est plus complexe. De type moyenne montagne, il présente une forte pluviométrie, des hivers froids et des étés frais.

Du sud de la Saône-et-Loire jusqu'à Dijon, le climat de plaine subit une influence méridionale, notamment sur la côte viticole. Plus au nord, ce sont les influences continentales qui agissent sur le climat et entraînent des étés chauds, des pluies fréquentes et des hivers difficiles. La plaine et les vallées franc-comtoises sont influencées par ce climat et cumulent des précipitations voisines de 1 200 mm en se rapprochant des massifs des Vosges et du Jura.

Un climat de basse montagne règne sur les plateaux du Jura, où les précipitations peuvent atteindre 1 600 mm par an. Les hivers y sont froids et la couverture neigeuse variable. A seulement 930 mètres d'altitude, la commune de Mouthe est la plus froide de France, il y gèle en moyenne 176 jours par an (période 1961-2010). La haute chaîne du Jura est dominée par un climat de montagne caractérisé par des chutes de neige importantes, une température qui décroît rapidement en fonction de l'altitude, des étés tièdes, voire frais, et des orages fréquents.

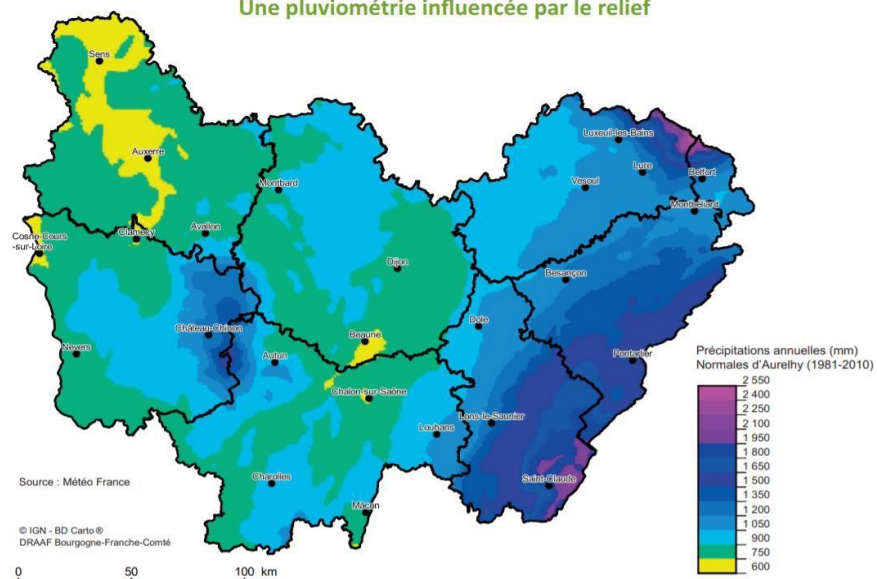


Une évolution perceptible sur les dernières décennies

Sur la période 1959-2009 étudiée par Météo France, les températures moyennes en Bourgogne-Franche-Comté ont affiché une hausse de 0,3° C par décennie et le nombre de jours dont la température maximale a dépassé 25° C a augmenté de 4 jours par décennie. Les années 80 sont des années charnières sur la période étudiée : antérieurement les quatre années les plus froides de la période d'étude (1962, 1963, 1980, 1985), postérieurement les quatre années les plus chaudes (2014, 2011, 2018 et 2020).

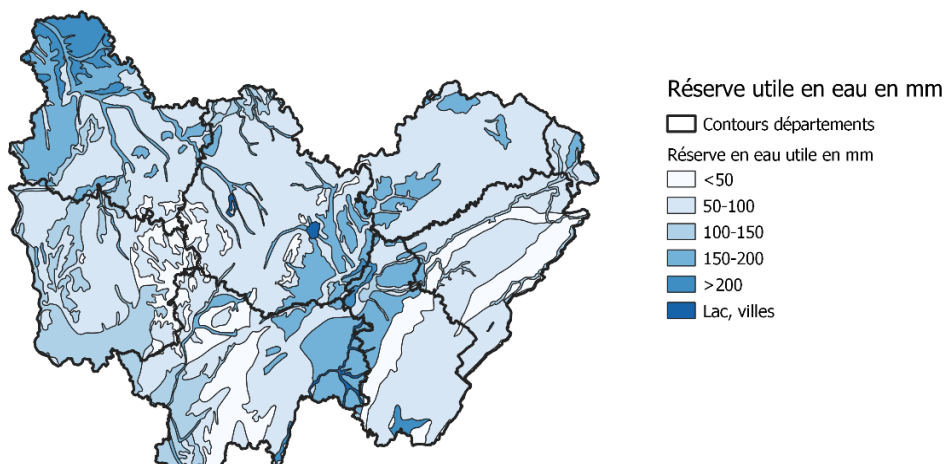
Parallèlement, le cumul des précipitations annuelles s'est orienté à la hausse. Par ailleurs, le climat influence le cycle annuel d'humidité du sol qui a été comparé entre les périodes de référence 1961-1990 et 1981-2010. Cette analyse montre un assèchement moyen annuel des sols de près de 3 %. Cela se traduit par une faible diminution de la période de sol très humide au printemps, un léger allongement moyen de la période de sol sec en été, et une humidité du sol plus forte en automne et en début d'hiver.

Une pluviométrie influencée par le relief



Des sols sensibles à l'assèchement

Une partie des sols de la région sont considérés comme séchant notamment les sols superficiels du premier plateau Jurassien ou dans le sud de la Saône et Loire avec une réserve inférieure à 50mm. L'agriculture est très sensible aux déficits hydriques au sein de ces territoires surtout lors des fortes vagues de chaleur.





Statistique

Sur les statistiques, le COPIL du 6 juillet 2022, a pris la décision d'utiliser l'intégralité de la plage des données mises à disposition par Météo France et non pas uniquement les séries homogénéisées.

Pour rappel, les indicateurs climatiques et agroclimatiques sont complétés par des données brutes (sans homogénéisation) jusqu'à l'année 2022. Elles sont représentées par une couleur plus claire sur les graphiques.

Des moyennes glissantes sur 11 ans (moyenne centrée qui comprend 5 ans avant et 5 ans après l'année étudiée) ont été calculées et représentées sur les graphiques sous la forme d'une courbe afin de décrire au mieux les données.

Les indicateurs saisonniers sont étudiés en fonction des saisons suivantes: Hiver (Décembre-Janvier-Février), Printemps (Mars-Avril-Mai), Été (Juin-Juillet-Août), Automne (Septembre-October-Novembre). De nouveaux indicateurs ont été produits et étudiés dans cette édition. De plus, grâce à nos partenaires enquêtés, les parties impacts, adaptation et atténuation ont été complétées.

Les indicateurs présentés ont été traités statistiquement à l'aide d'une régression linéaire sur le logiciel Excel (test F-statistic et p-value).

L'objectif de ce test statistique est de modéliser par une droite la relation entre deux variables quantitatives. La qualité du modèle est indiquée par le coefficient R^2 . Il représente la proportion des points de mesures qui est expliquée par la régression linéaire. Cette valeur est comprise entre 0 (modèle n'explique rien) et 1 (le modèle est parfait et tous les points sont sur la droite de régression).

Dans les analyses suivantes, les valeurs de R^2 sont faibles. Cela montre que les données mesurées présentent de grandes variations d'une année sur l'autre (variabilité interannuelle). Plus la variabilité interannuelle est forte, plus elle masque les tendances évolutives. Il faut dans ce cas allonger la durée des séries de mesures pour gommer cet effet. Par la suite, on a défini ces classes exprimant l'importance de la variabilité interannuelle :

$R^2 < 0,1$: extrêmement importante

$0,1 < R^2 < 0,2$: très importante

$0,2 < R^2 < 0,3$: importante

$R^2 > 0,3$: moyenne

Afin d'affirmer que les régressions linéaires correspondent à une tendance réelle et non pas à des variations dues au hasard, il faut être conscient du risque d'erreur que l'on prend à se tromper de conclusion. Une tendance avec un $P < 0,001$ est considérée comme très fiable, puisque cela signifie qu'il y a 0,1 % de chance que la tendance soit due au hasard.

Ainsi, on a défini ces classes exprimant la force de la tendance :

$P < 0,001$: très hautement significative

$0,001 < P < 0,01$: hautement significative

$0,01 < P < 0,05$: significative

$0,05 < P < 0,1$: faiblement significative

$P > 0,1$: non significative, noté parfois NS



A Météo-France, les normales sont calculées selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Météorologie, c'est à dire sur des périodes de 30 ans. A la date de cette étude les dernières normales en vigueur étaient calculées sur la période 1981-2010. D'autres normales peuvent être utilisées, en l'occurrence pour ce livret trois normales différentes ont été calculées : 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010.

A noter que tout récemment de nouvelles normales ont été produites (sur la période 1991-2020), elles seront prises en compte à partir du livret 3.

Les normales peuvent évoluer sur l'effet du climat mais également des évolutions des conditions de mesure, des évolutions des instruments de mesure et des méthodes de calcul de normales. Leur comparaison est donc à considérer avec prudence.

Lorsque cela est possible, trois normales différentes peuvent être calculées : 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010. Les comparer permet d'appréhender la vitesse d'évolution de la tendance.



Changement climatique et productions agricoles régionales : les experts filières ont la parole

Viticulture

A l'horizon 2050, le changement climatique aura modifié à la fois les conditions de production des vins, leurs caractéristiques organoleptiques et leurs marchés. Dès à présent la filière vitivinicole française se prépare à ces changements, en proposant de mettre en place des leviers d'adaptation tout en s'engageant à contribuer à l'atténuation du changement climatique (réduction des émissions des gaz à effet de serre, mesures favorisant le stockage de carbone dans les sols...).

En Bourgogne-Franche-Comté, tout comme en France, le changement climatique est une réalité maintenant avérée pour les vignobles.

Le réchauffement climatique posera de sérieux problèmes pour notre région viticole où il entraîne déjà des vendanges précoces. Nous sommes également amenés à envisager, pour l'avenir, une possible remise en cause (observée en 2003) de la typicité du vin, de la répartition géographique, voire de la hiérarchie qualitative de ces vignobles [...].

La précocité des dates de vendanges est visible pour l'ensemble des cépages cultivés en Bourgogne. Pour le pinot noir, l'avancée des dates des stades phénologiques entraîne une nette avancée des dates de vendanges : 13 jours à Beaune (27 septembre au 14 septembre), 12 jours à La Rochepôt (6 octobre au 24 septembre) (Comparaison effectuée sur les deux périodes suivantes : 1973-1987 et 1988-2006). En outre, toujours à Beaune, la période véraison - maturité a diminué de 10 jours entre les deux mêmes périodes, passant de 50 à 40 jours.

Les viticulteurs en prennent conscience car ils vivent au quotidien ces bouleversements climatiques et doivent faire face à des aléas (gel de printemps, grêle estivale, sécheresse extrême des sols, température caniculaire...) dont l'intensité et la fréquence augmentent année après année. Ces épisodes climatiques extrêmes peuvent détruire une partie importante de la récolte annuelle et affecter massivement et durablement l'équilibre financier de l'exploitation. Leur impact est d'autant plus marqué pour une filière caractérisée par un potentiel de production non extensible et non délocalisable du fait de son inscription quasi-intégrale en AOC dans la Région.

Les viticulteurs expriment clairement **leur inquiétude et leur impuissance face aux aléas climatiques**. L'épisode de gel de 2021, faisant suite à ceux de 2017 et 2019, a significativement entamé le niveau de production régional et mis à mal la situation financière de nombreuses exploitations (Cf Vitiscopie 2021, CER France). Le retour à un niveau de production « normal » en 2022 n'est qu'un soulagement temporaire.

La recherche de solutions techniques pour lutter contre les aléas climatiques est **active, mais surtout orientée dans la protection contre le gel**. Face à de nombreuses possibilités et à une offre foisonnante de nouvelles solutions, les viticulteurs s'interrogent sur les solutions à privilégier, alors qu'il faudrait peut-être envisager une combinaison de solutions complémentaires et adaptées aux caractéristiques de la parcelle à protéger. Par ailleurs, les travaux relatifs à la protection contre les températures extrêmes et les effets de la sécheresse restent peu nombreux.

La production de raisin est considérée comme assurable sur le marché privé, les vignes sont exclues du dispositif de calamité agricole (*source Ministère de l'Agriculture*). Pour autant, malgré la récurrence croissante des phénomènes climatiques, **la majeure partie des surfaces n'est toujours pas assurée** (32% ont souscrit un contrat selon la Fédération Française de l'Assurance). Cette situation, en contradiction avec les risques encourus, mérite d'être analysée.

Aussi, les viticulteurs sont en demande de références pour préparer l'avenir de leurs entreprises. Ils expriment le besoin d'en qualifier et d'en quantifier les incidences et notamment d'avoir à disposition des outils, des leviers d'ordre technique, économique, environnemental et sociétal **permettant d'éviter ou d'atténuer les effets des aléas climatiques extrêmes, et rendre les exploitations viticoles plus résilientes face à ces risques**.



Changement climatique et productions agricoles régionales : les experts filières ont la parole

Elevage

L'élevage de bovins laitiers et allaitants est frappé de plein fouet par les évolutions climatiques et ce, sur trois aspects en particulier.

Premièrement, elles remettent en question la capacité de production des élevages. En effet, les systèmes ont une autosuffisance alimentaire importante qui implique de produire des fourrages et des céréales sur les exploitations. Les sécheresses pénalisent lourdement la production de fourrages en particulier, qu'ils soient issus des prairies permanentes, des prairies temporaires, des cultures dérobées ou encore des cultures fourragères telles que le maïs ou les méteils fourragers. Ces conditions remettent en cause l'autonomie des exploitations et ainsi leur capacité de production.

Pour illustrer l'impact concret des sécheresses sur les élevages bovins, la décapitalisation des cheptels est d'autant plus marquée que les récoltes fourragères sont moindres.

Deuxièmement, les évolutions climatiques et en particulier l'augmentation des températures ont un impact direct sur le bien-être des animaux, les bovins ayant une zone de neutralité thermique se situant entre -5° C et 15°C. Au-delà de cette dernière, l'animal est en stress thermique. Les éleveurs sont donc contraints d'aménager leurs bâtiments d'élevages (isolation, ventilation, brumisation, ...) et leur pâturage en tenant compte de cette contrainte nouvelle.

Enfin, c'est le système d'abreuvement des animaux qui est directement impacté par les évolutions climatiques. En effet, de nombreux pâturages ont un système d'abreuvement basé sur la présence naturelle d'eau. En condition de déficit hydrique, ces points d'eau ne sont plus alimentés et cela contraint les éleveurs à mettre en place des solutions permettant de maintenir l'abreuvement. En pratique, cela consiste souvent à approvisionner les pâtures en eau à l'aide de cuves et ceci est particulièrement chronophage.

Il est toutefois utile de souligner que malgré son lot d'impacts négatifs et de contraintes, le changement climatique offre quelques opportunités telles que la possibilité, dans certaines conditions (sols portants), d'hiverner les animaux à l'extérieur ou encore de prolonger la période de pâturage jusqu'à l'hiver pour valoriser la repousse automnale (cas de 2022).



Changement climatique et productions agricoles régionales : les experts filières ont la parole

Grandes Cultures

L'évolution récente du climat observé depuis les années 2000 perturbe déjà les résultats des grandes cultures; en particulier les sécheresses printanières et estivales qui pénalisent fortement les cultures de printemps mais aussi dans une moindre mesure les cultures d'hiver et limitent certaines années les implantations de colza.

Le réchauffement observé accélère les stades de développement des plantes qui deviennent de plus en plus précoces (démarrage à l'automne et au printemps, floraison, remplissage des graines et récolte).

Le changement climatique à moyen terme aura des effets négatifs ou parfois positifs. Des modifications dans les itinéraires techniques et choix des cultures permettront de compenser certaines pertes ou difficultés attendues. (dates de semis, choix des variétés...).

Dans ces conditions **les résultats dans les terrains superficiels** ou à assez faible réserve en eau risquent d'être beaucoup impactés sur les cultures d'hiver et les cultures de printemps deviendront trop aléatoires dans leurs résultats. le tournesol et le sorgho pourraient être favorisés comme alternatives au maïs dans les sols à réserve utile moyenne.

Inversement pour les sols à forte semi, la productivité du blé et des autres céréales ne devrait pas être pénalisée dans les 30 prochaines années. Les terrains hydromorphes pourraient même être très favorisés.

Pour le maïs, l'anticipation des semis et le choix de précocités variées devraient assurer un maintien du rendement mais avec des résultats plus aléatoires selon les années. Comme on l'observe depuis 2 ans, les semis précoces (10 – 15 avril), récoltés à des humidités proches de 15 % n'auront plus besoin d'être séchés.

Enfin, la libération plus précoce des terres augmentera la durée des intercultures. Les semis d'intercultures ou cultures dérobées seront donc favorisées par ces températures accrues, mais elles seront plus soumises qu'actuellement à une plus faible disponibilité en eau : risques d'échec de levées, de levées hétérogènes ou retardées et croissances limitées par la plus faible réserve en des sols).

L'interaction entre le changement climatique et l'effet des ravageurs, maladies et mauvaises herbes est encore mal connu. Néanmoins, quelques tendances sont pressenties :

- Les maladies, sauf exceptions (rouille jaune...), seront limitées avec un climat plus chaud et plus sec, puisque l'humidité est considérée comme le facteur prépondérant.
- Les insectes seront favorisés par la hausse des températures, avec des attaques plus précoces, une augmentation du nombre de génération et la remontée de certaines espèces. Les hivers doux vont favoriser les pucerons et avec les étés secs les charançons, punaises, acariens seront plus nombreux.
- Les effets sur les adventices sont encore mal appréhendés. La disparition des périodes de gel précoce ne permettra plus l'élimination des espèces gélives comme la moutarde sauvage dans le colza. Certaines espèces, déjà favorisées par des efficacités moindres de désherbage, pourraient voir leur importance s'accroître. L'ambrosie à feuilles d'armoise, les panics et les amarantes vont certainement devenir des espèces encore difficiles à contrôler. Les conditions sèches peuvent aussi limiter l'efficacité des herbicides racinaires. Mais le désherbage mécanique pourra se développer s'il y a davantage de jours disponibles en printemps plus sec.



Changement climatique et productions agricoles régionales : les experts filières ont la parole

Cassis

La culture du cassis est de plus en plus impactée par le changement climatique : les périodes de gel durant la floraison sont de plus en plus fréquentes, les fortes chaleurs subies par les baies mettent en péril la récolte de l'année et les étés de plus en plus chauds et secs nuisent à l'induction florale des cassisiers ce qui impacte directement les rendements de la saison suivante. Afin de trouver de nouvelles solutions, la filière est mobilisée depuis plusieurs années dans des Programmes d'Innovation Européens (PEI) : sélection variétale, gestion du stress hydrique et résilience face aux aléas abruptes comme le gel ou les fortes chaleurs, nouvelles pratiques agroécologiques, ... De nombreux travaux sont menés afin de permettre à la culture de mieux se comporter face au changement climatique tout en protégeant la qualité organoleptique du Noir de Bourgogne, variété qui fait la renommée du cassis de Bourgogne-Franche-Comté.

Maraîchage

Le maraîchage ne fait pas exception et est également touché comme toutes les filières par le changement climatique. Les aléas climatiques de ces dernières années (inondations de 2021, épisodes de grêle et sécheresses de 2022 et 2023 etc.) sont amenés à s'amplifier et devenir la norme à l'avenir. Ceci rend le métier de producteur de légumes plus complexe, et suppose une forte résilience des exploitations, ainsi qu'une capacité d'adaptation rapide de la part des exploitants.

Les conditions de sécheresse observées à l'été mais parfois également dès le printemps et à l'automne pénalisent les cultures en place (arrêt de croissance, coulure des fleurs etc. donc in fine perte de rendement). Les restrictions d'irrigation qui en découlent permettent parfois tout juste de maintenir les plantes en vie, et ce, par le fruit d'un lourd travail d'astreinte du producteur imposé par les décalages des périodes d'irrigation. Des brûlures peuvent également être observées sur les plantes et sur les fruits. Ces conditions de sécheresse rendent par ailleurs très difficile les semis en pleine terre, obligeant les producteurs à semer plus tardivement en attendant le retour de conditions plus favorables. D'une manière générale, les maraîchers rencontrent des difficultés pour planifier leurs cultures et anticiper les conditions climatiques qui pourraient retarder ou au contraire avancer les dates de récolte. Enfin, les hivers doux sont plutôt favorables à la conservation des ravageurs dans les parcelles. Les attaques ont tendance à être observées plus précocement au printemps, et avec des populations plus importantes. Des ravageurs émergents, historiquement cantonnés au sud de la France, commencent à être observés en région (Tuta absoluta sur tomate par exemple). Il n'existe malheureusement que peu, voire aucune solution dans certains cas, pour anticiper les risques et limiter les dégâts du changement climatique. Un travail de prospection dans d'autres régions est initié afin de recueillir toutes techniques pouvant être adaptées à la Bourgogne-Franche-Comté.



Changement climatique et productions agricoles régionales : les experts filières ont la parole

Forêt et Bois

La forêt joue un rôle prépondérant vis-à-vis du changement climatique. En France, elle absorbe chaque année 50 millions de tonnes de CO₂, soit 15% de nos émissions brutes de gaz à effet de serre. La récolte et la valorisation de son bois permet également de fournir à la société un matériau propre et renouvelable, qui va prolonger le stockage de carbone et éviter d'utiliser d'autres matériaux plus polluants. Bien que la forêt soit une des solutions pour lutter contre le changement climatique, elle est également directement menacée par celui-ci. C'est pourquoi le changement climatique est au cœur des préoccupations du monde forestier.

La Bourgogne-Franche-Comté, c'est 1 740 000 ha de forêt, soit 36% du territoire régional. Les forêts sont majoritairement feuillues (73%), les forêts résineuses représentent 12%, les forêts mixtes 15%. Près de 60% des forêts sont situées sur des sols avec une réserve utile faible.

La hausse des températures va entraîner des changements profonds dans le paysage forestier. Les récentes années de sécheresses à répétition nous donnent aujourd'hui un aperçu de ce qui deviendra courant dans les prochaines années. Les essences forestières vont être confrontées à des stress hydriques de plus en plus importants et les épisodes de dépérissement vont sans doute aller croissants.

Dans le milieu forestier, ces changements se manifestent de diverses manières :

1/ Modification de la phénologie

L'augmentation des températures entraîne progressivement un allongement de la saison de végétation. Les scientifiques observent depuis les années 1950 un allongement de 10 à 15 jours. Concrètement cela se traduit par une feuillaison au printemps de plus en plus précoce et un jaunissement des feuilles plus tardif à l'automne. Cela permet aux arbres d'avoir une période de croissance plus longue et donc d'augmenter leurs réserves en sucres. Toutefois, l'allongement de la saison de végétation expose davantage les arbres au risque de gelée tardive en début de printemps, de gelée précoce avant août, ou de stress hydrique. Par ailleurs, à plus long terme, les hivers trop doux pourraient perturber les processus biologiques de levée de dormance des bourgeons et des graines.

2/ Modification de la productivité

Les scientifiques constatent également une augmentation générale de la productivité des arbres. Avec l'effet conjugué de l'allongement de la saison de végétation, l'augmentation de la teneur en CO₂ dans l'air (deux phénomènes liés au changement climatique) et des dépôts azotés sur les sols, la croissance des arbres s'est améliorée depuis la moitié du 20^e siècle. En revanche, les périodes de sécheresse et canicule qui obligent les arbres à réguler leur transpiration, notamment par une perte anticipée du feuillage, engendrent une diminution de croissance dont l'impact peut s'étaler sur quelques années.

3/ Augmentation du risque incendie

L'augmentation des températures, des épisodes de fortes chaleurs et de sécheresse fait peser un risque d'incendie croissant en forêt. En Bourgogne-Franche-Comté, ce sont les peuplements de pins qui apparaissent les plus vulnérables. Ils représentent un peu plus de 15 000 ha dans la région.

Au regard de la longueur des cycles de production dans le milieu forestier : 50 ans, 100 ans voire 150 ans pour le chêne, on comprend vite qu'il est primordial d'anticiper ces changements et d'adapter les forêts au changement climatique. Aussi, de fortes interrogations et incertitudes sont présentes parmi les acteurs forestiers : quelles essences sont les plus vulnérables ? Quelles essences faut-il planter ? Quelles sylvicultures mettre en œuvre ? Quel avenir pour les peuplements forestiers en place ?

1

CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Température moyenne annuelle



Nature et source des données

SH : série homogénéisée (Cf. lexique)
+ données brutes jusqu'en 2022

Données fournies par Météo France.



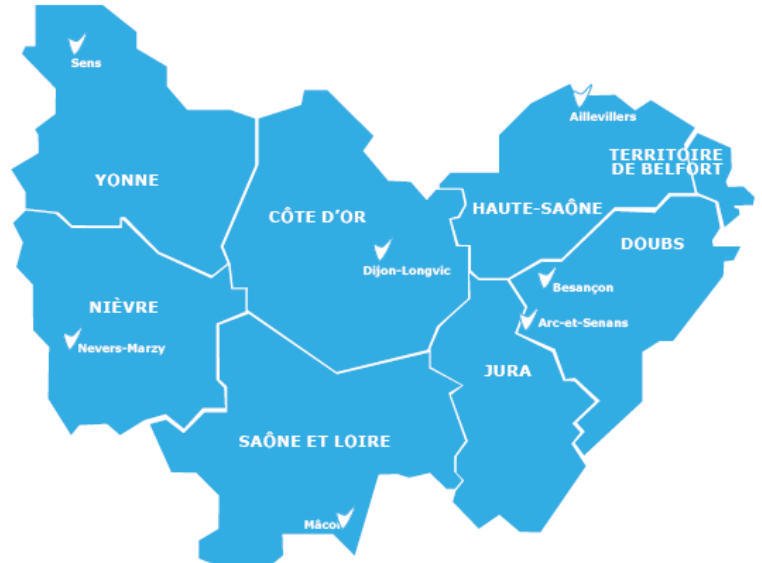
Indicateur 1

Dijon-Longvic (21) 1959-2022
Nevers-Marzy (58) 1959-2022
Mâcon (71) 1959-2022
Sens (89) 1959-2022
Arc-et-Senans (25) 1959-2022
Besançon (25) 1959-2022
Aillevillers (70) 1959-2022



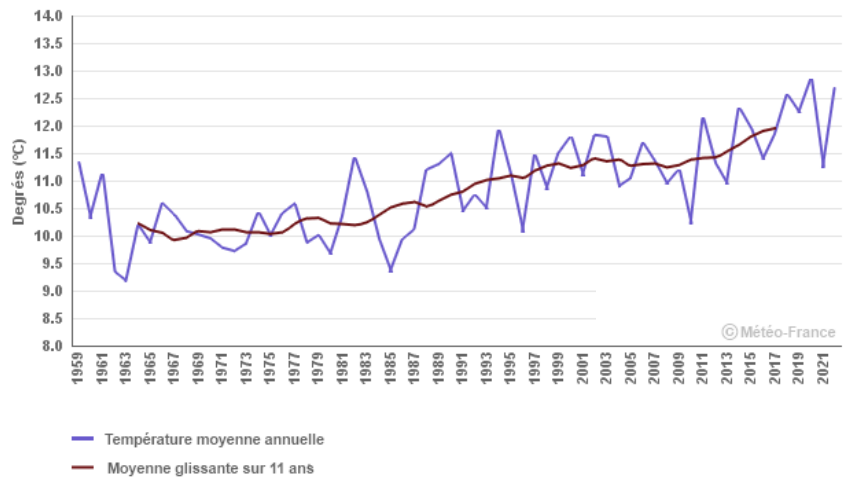
Calcul de l'indicateur 1

Moyenne sur l'année des températures moyennes journalières.

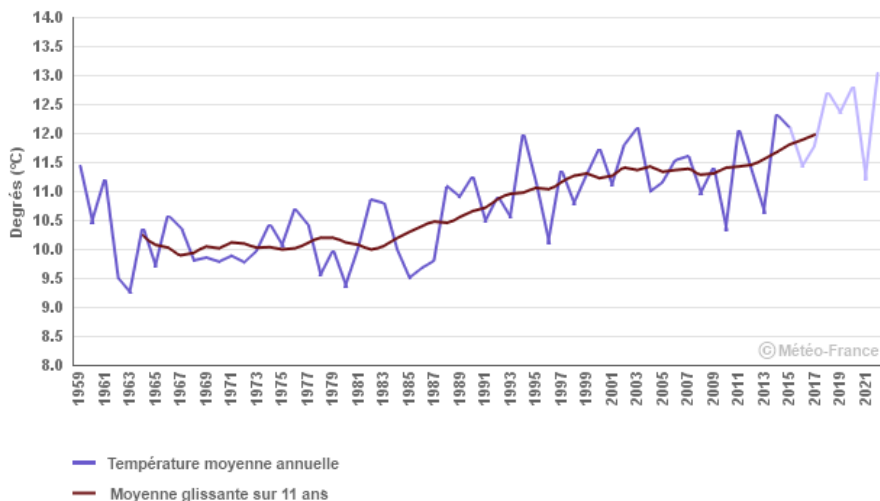


Évolution observée

Température moyenne annuelle
Nevers-Marzy



Température moyenne annuelle
Dijon-Longvic



1

CHANGEMENT CLIMATIQUE

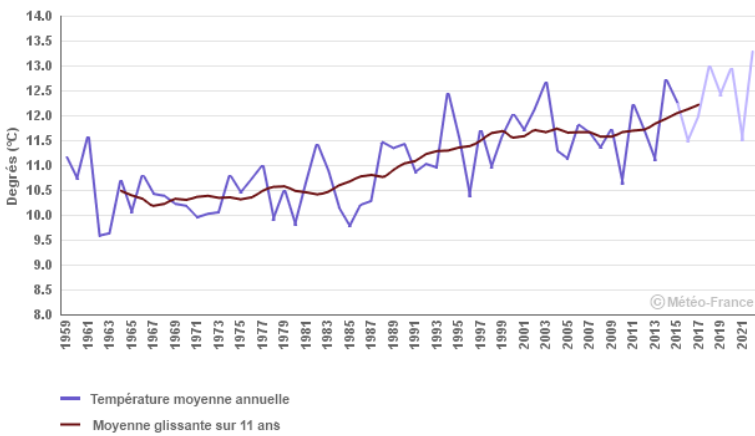


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

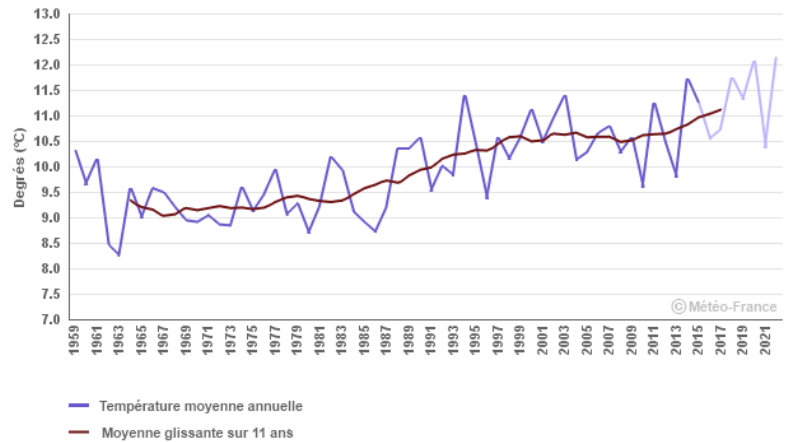
Température moyenne annuelle

Évolution observée

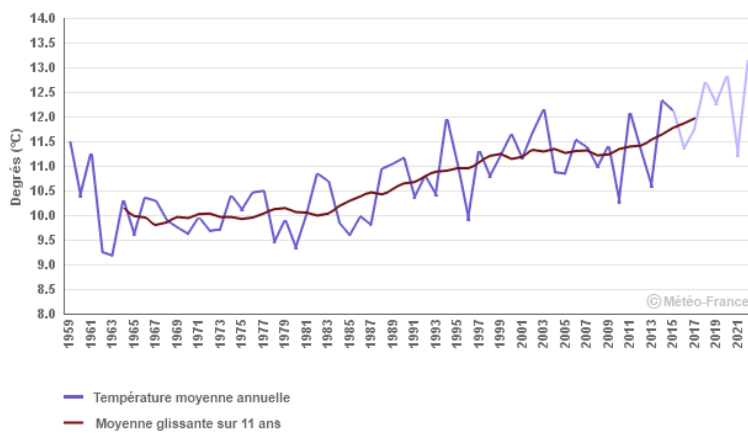
Température moyenne annuelle
Arc-et-Senans



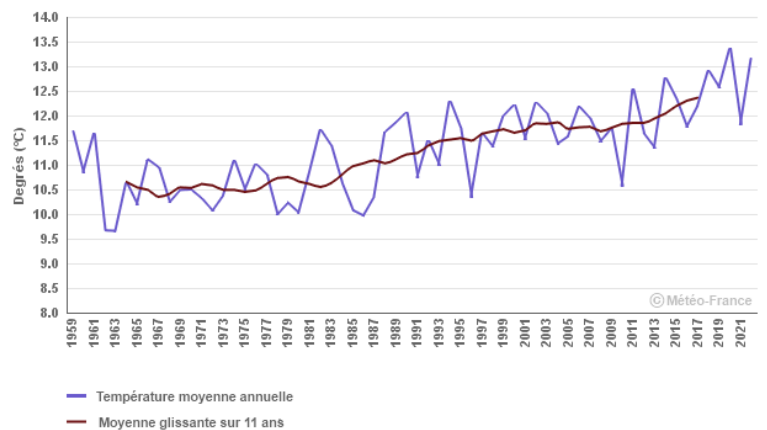
Température moyenne annuelle
Aillevillers



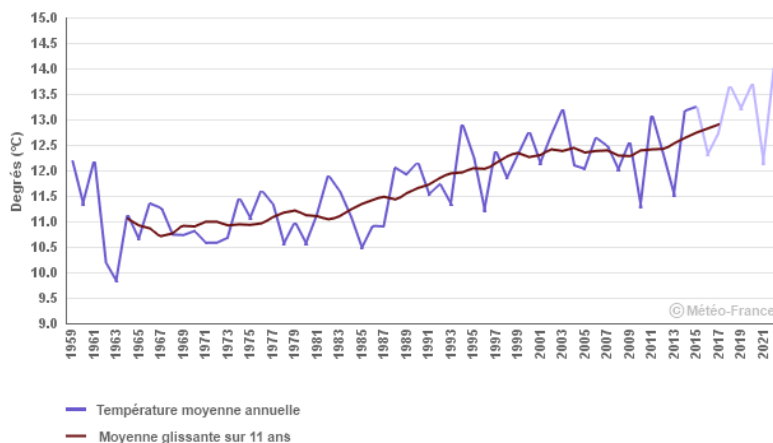
Température moyenne annuelle
Besançon



Température moyenne annuelle
Sens



Température moyenne annuelle
Mâcon





Température moyenne annuelle

Analyse

L'évolution de température moyenne annuelle observée en Bourgogne-Franche-Comté depuis le milieu du XX^{ème} siècle est conforme à celle observée en France métropolitaine.

Trois éléments méritent d'être soulignés :

- L'augmentation tendancielle de température sur les 63 années est similaire pour les 7 sites présentés, soit de l'ordre de + 0,36 °C par décennie ; (contre 0,3° par décennie sur les 60 dernières années)
- Le réchauffement s'est accéléré à partir du milieu des années 80. À noter que pour chacune des stations, 16 des 20 années les plus chaudes enregistrées depuis 1959 l'ont été au XXI^{ème} siècle, à l'exception de Nevers-Marzy et Sens. Les 4 années les plus chaudes de chaque station ont été relevées après 2010. Les derniers rapports du GIEC et la plupart des projections climatiques confirment la très forte probabilité que ce réchauffement se poursuive.

Cette accélération du réchauffement, observée en Bourgogne-Franche-Comté comme en France, impacte fortement l'agriculture au travers notamment de la modification des calendriers culturaux et de l'augmentation de l'évapotranspiration des cultures.

A RETENIR

- Les différentes séries de données disponibles mettent en évidence une évolution des températures moyennes homogènes au sein de la région et cohérente avec l'évolution observée sur l'ensemble de la France métropolitaine.
- Globalement, sur la période 1959-2022, la tendance de l'augmentation de la température annuelle est de 0,36°C par décennie, avec une accélération sur les trois dernières décennies.
- Cet accroissement important des températures, et son accélération ces dernières années, impose au conseiller agricole de réactualiser les références techniques (dates de semis et choix de variétés notamment) pour mieux accompagner l'évolution des pratiques des agriculteurs face aux évolutions climatiques des prochaines années. La variabilité inter annuelle reste présente (R^2 mini = 0,37 à Sens) ce qui impose une réactivité importante dans les choix qui seront faits et d'intégrer la notion de risque et de résilience des systèmes agricoles.



Température moyenne annuelle



Pour en savoir plus

DENHARTIGH C. ; 2015. Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques, recueil d'expériences territoriales. Réseau action climat France.

JOLY D., BROSSARD T., CARDOT H., CAVAILHES J., HILAL M. et WAVRESKY P. ; 2010. Les types de climats en France, une construction spatiale. Cybergeog : European Journal of Geography [En ligne]. Disponible sur <http://cybergeog.revues.org/23155>.

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. ; 2002. Les changements climatiques en France au XXème siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de températures et de précipitations, La Météorologie, n°38, 45-57.

OUZEAU G., DEQUE M., JOUINI M., PLANTON S., VAUTARD R. ; 2015 – Le climat de la France au XXIème siècle. Volume 4. Scénarios régionalisés : édition 2015 pour la métropole et les régions d'outre-mer. MEDE, 62 p.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Température moyenne saisonnière

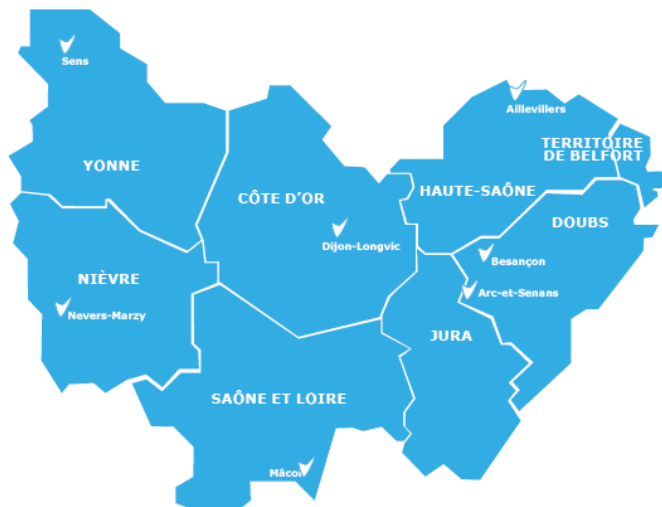
🔑 Nature et source des données

SH : série homogénéisée (Cf. lexique)

+ données brutes jusqu'en 2022
Données fournies par Météo France.

🕒 Indicateur 2

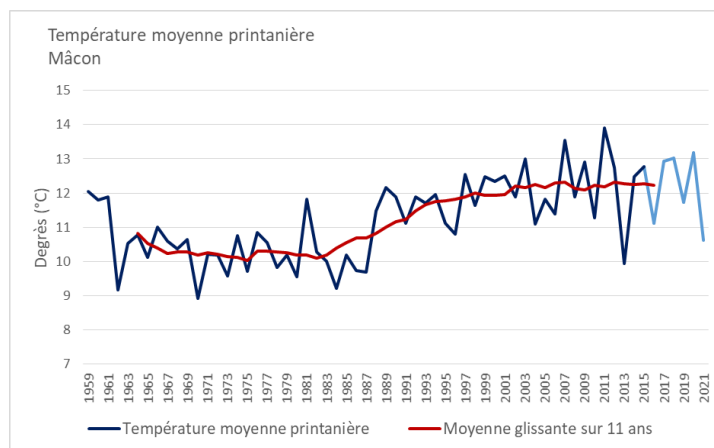
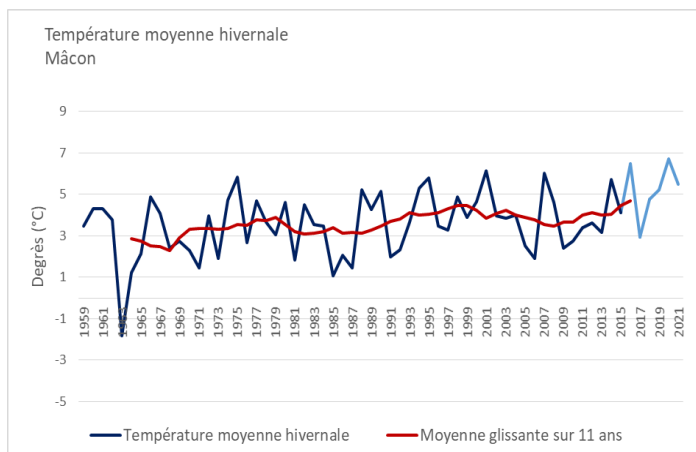
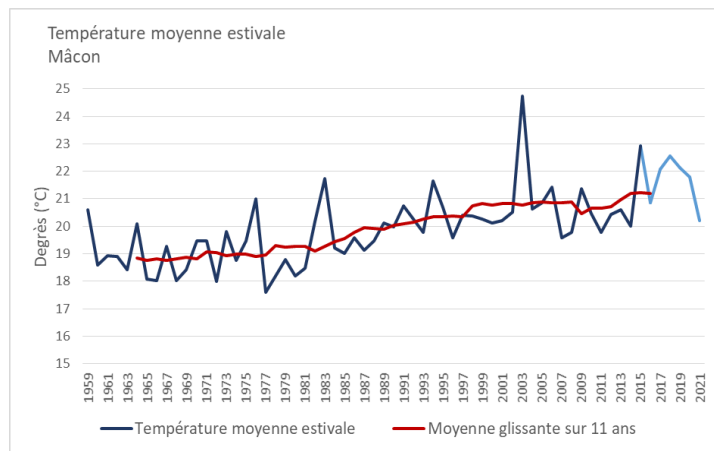
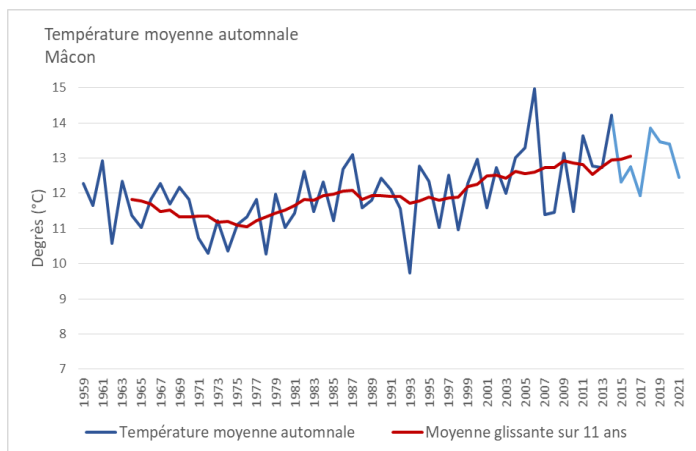
Dijon-Longvic (21) 1959-2022
Nevers-Marzy (58) 1959-2022
Mâcon (71) 1959-2022
Sens (89) 1959-2022
Arc-et-Senans (25) 1959-2022
Aillevillers (70) 1959-2022



📊 Calcul de l'indicateur 2

Moyennes sur 3 mois des températures journalières : Décembre à Février, Mars à Mai, Juin à Août, Septembre à Novembre.

📈 Évolution observée – Exemple de la station de Mâcon





Température moyenne saisonnière

Analyse

L'évolution de la température moyenne saisonnière observée à Mâcon depuis 1959 montre que :

- Les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période sont de :
 - + 0,31 °C par décennie en hiver** ($P < 0,001$) soit environ + 1,95 °C en 63 ans ;
 - + 0,39 °C par décennie au printemps** ($P < 0,001$) soit environ + 2,46 °C en 63 ans ;
 - + 0,50 °C par décennie en été** ($P < 0,001$) soit environ + 3,15 °C en 63 ans ;
 - + 0,30 °C par décennie en automne** ($P < 0,001$) soit environ + 1,89 °C en 63 ans ;
- L'augmentation des températures est significative pour l'ensemble des saisons.
- L'accroissement de la température moyenne au niveau de la station de Mâcon n'est pas homogène selon les saisons.
- La température moyenne saisonnière observée montre que l'été présente la pente la plus marquée avec la plus forte augmentation par décennie mais également une variabilité interannuelle la plus importante.

Les résultats de l'analyse des températures moyennes saisonnières des autres stations sont présentés dans le tableau suivant (cf. Tableau I).

	Décembre – janvier – février (Hiver)		Mars-Avril-Mai (Printemps)		Juin – Juillet – Août (Eté)		Sept-octobre – nov (Automne)	
	Tendance (°C/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (°C/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (°C/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (°C/décennie)	Certitude de la tendance
Dijon-Longvic	+ 0,36	0,001	+ 0,32	0,001	+ 0,48	0,001	+ 0,28	0,001
Besançon	+ 0,39	0,001	+ 0,34	0,001	+ 0,49	0,001	+ 0,25	0,001
Arc et Senans	+ 0,35	0,001	+ 0,29	0,001	+ 0,47	0,001	+ 0,31	0,001
Aillevillers	+ 0,39	0,001	+ 0,32	0,001	+ 0,48	0,001	+ 0,29	0,001
Nevers-Marzy	+ 0,31	0,001	+ 0,34	0,001	+ 0,46	0,001	+ 0,27	0,001
Sens	+ 0,32	0,001	+ 0,33	0,001	+ 0,44	0,001	+ 0,28	0,001

Tableau I : Evolution des températures moyennes saisonnières sur les 6 autres stations étudiées

L'analyse des températures moyennes saisonnières des stations de Dijon-Longvic, Besançon, Arc-et-Senans, Aillevillers, Nevers-Marzy et Sens, présentent des résultats similaires à ceux de Mâcon. Les évolutions thermiques de Mâcon sont légèrement plus importantes en été et au printemps (cf Indicateur Températures moyennes annuelles) mais les tendances sont les mêmes que celles des autres stations.

L'homogénéisation des températures par Météo France en 2010 a permis de constater que le réchauffement moyen annuel en France métropolitaine est principalement dû à l'augmentation des températures printanières et estivales, comprises entre + 0,22 °C et + 0,58 °C par décennie (GIBELIN et al. 2014). En automne et en hiver les tendances nationales ne sont pas significatives. Pour l'hiver c'est la forte amplitude de variabilité de la saison qui est en cause.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Vagues de chaleur en Bourgogne-Franche-Comté

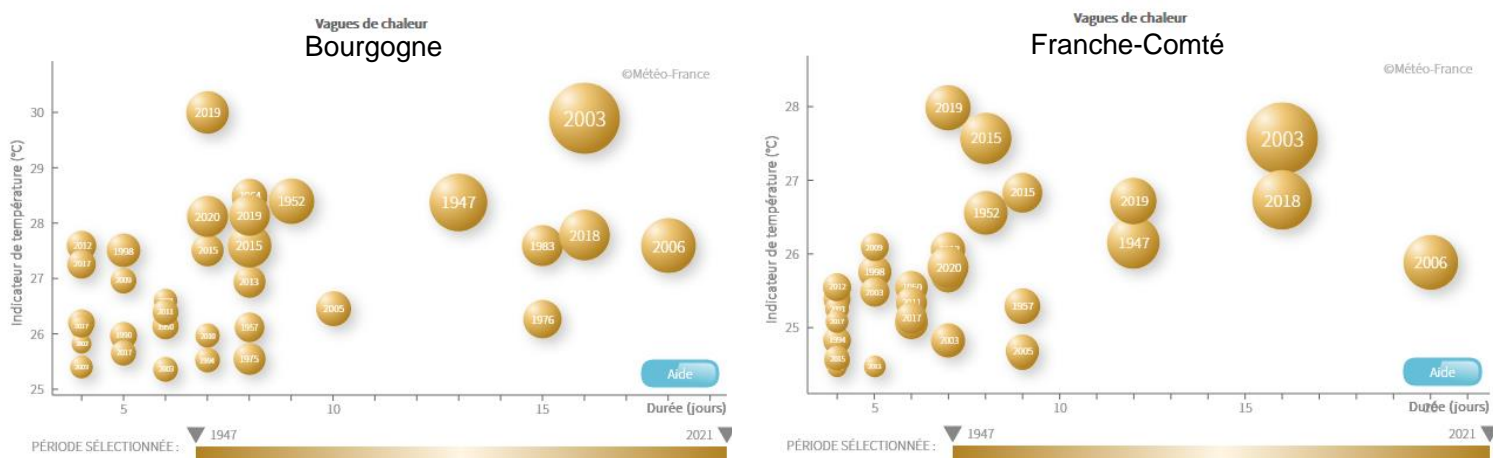
Les vagues de chaleur recensées depuis 1947 en Bourgogne-Franche-Comté ont été sensiblement plus nombreuses au cours des dernières décennies.

Cette évolution se matérialise aussi par l'occurrence d'événements souvent plus longs et plus sévères (taille des bulles) ces dernières années.

Ainsi, en Bourgogne, les trois vagues de chaleur les plus longues se sont produites après 2000 et en Franche-Comté, trois des quatre vagues de chaleur les plus longues et trois des quatre les plus sévères se sont produites après 2000.

Ainsi, les trois vagues de chaleur (en Bourgogne) et les 4 vagues de chaleur (en FC) les plus longues se sont produites après 1983.

La canicule observée en Bourgogne-Franche-Comté du 2 au 17 août 2003 est de loin la plus sévère survenue sur la région. C'est aussi durant cet épisode et lors de la canicule du 20 au 26 juillet 2019 qu'ont été observées les journées les plus chaudes depuis 1947.



A RETENIR

Depuis 1959 les températures moyennes saisonnières ont subi des hausses comprises entre 1,23 °C et 2,61 °C, variables selon la saison et la station étudiée. Les élévations de températures les plus importantes sont en été et au printemps.

L'analyse des données en Bourgogne-Franche-Comté met en évidence une évolution des températures moyennes estivales et printanières conforme à celle en France métropolitaine. En revanche, les tendances automnales et hivernales sont différentes du reste de la France où celles-ci ne sont pas significatives. Cela peut s'expliquer par la régionalisation des résultats. Les analyses sont très dépendantes de la période et de la zone d'étude, ce qui peut donc donner des résultats plus ou moins variables.

Les données de 2022 ne sont pas encore disponibles à la date de rédaction de ce livret.



Pour en savoir plus

GIBELIN A. L., DUBUISSON B., CORRE L. D., JOURDAIN S., LAVAL L., PIQUEMAL J. M., MESTRE O., DENNETIERE D., DESMITT S., TAMBURINI A. ; 2014. Evolution de la température en France depuis les années 1950. Climatologie (87), pp. 45-53.

Gibelin et al. 2014 : Evolution de la température en France depuis les années 1950 : Constitution d'un nouveau jeu de séries homogénéisées de référence, La Météorologie n°87 pp 45-53

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



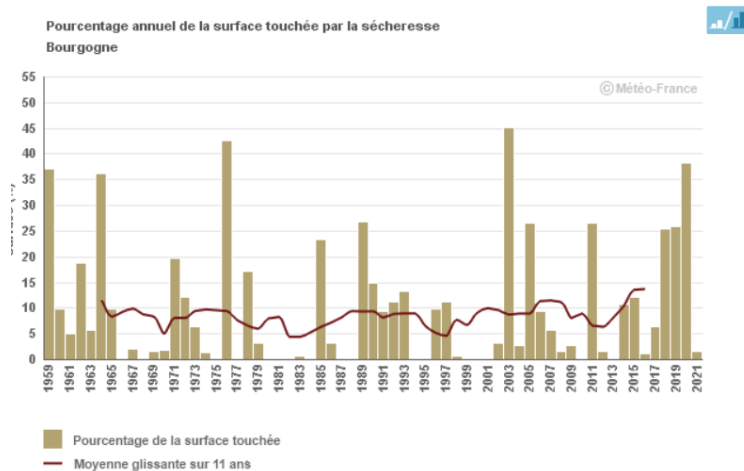
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Sécheresse en Bourgogne-Franche-Comté

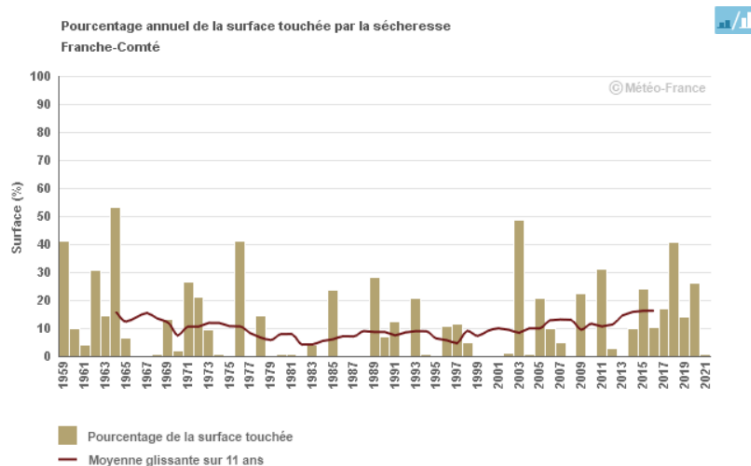
L'analyse du pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse des sols depuis 1959 permet d'identifier les années ayant connu les événements les plus sévères en Bourgogne comme 2003, 1976, 2020 et 2011 et en Franche-Comté comme 2003, 2018, 2011 et 1976.

L'évolution de la moyenne décennale en Bourgogne ne montre pas d'augmentation nette de la surface des sécheresses, on note toutefois des fortes valeurs de 2018 à 2020. Par contre en Franche-Comté l'évolution de la moyenne décennale montre une augmentation de la surface des sécheresses depuis les années 2000.

Bourgogne



Franche-Comté





Nombre de jours de gel par an

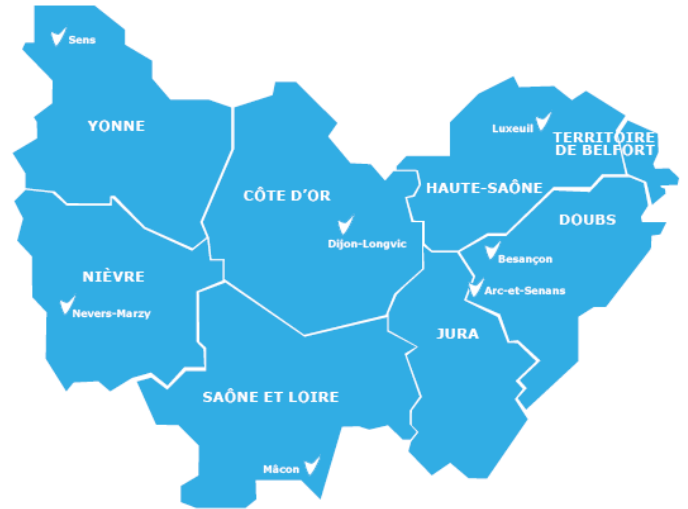
🔑 Nature et source des données

SH : séries quotidiennes de référence + données brutes jusqu'en 2022 (Cf. lexique). Données fournies par Météo France



Indicateur 3

Dijon-Longvic (21) 1983-2022
 Nevers-Marzy (58) 1964-2022
 Mâcon (71) 1959-2022
 Arc et Senans (25) 1963-2022
 Besançon (25) 1959-2022
 Aillevillers (70) 1985-2022
 Sens (89) 1959-2022

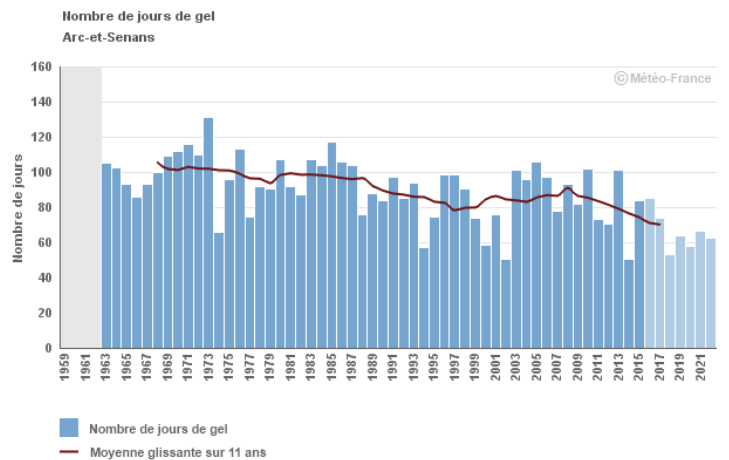
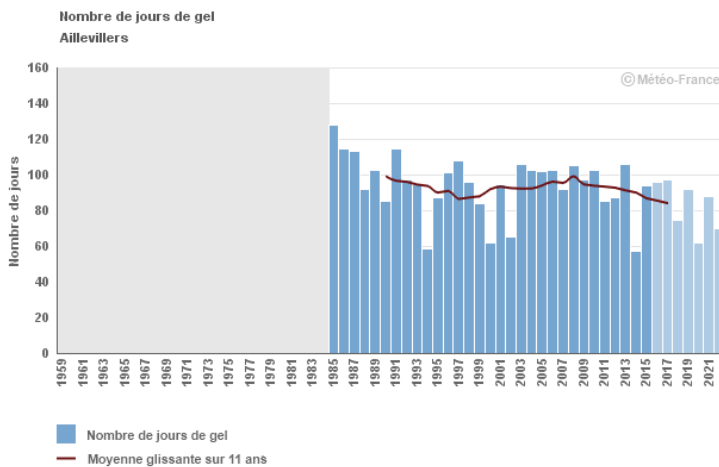


Calcul de l'indicateur 3

Dénombrement, entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre de chaque année, des jours où la température minimale journalière est inférieure ou égale à 0°C.

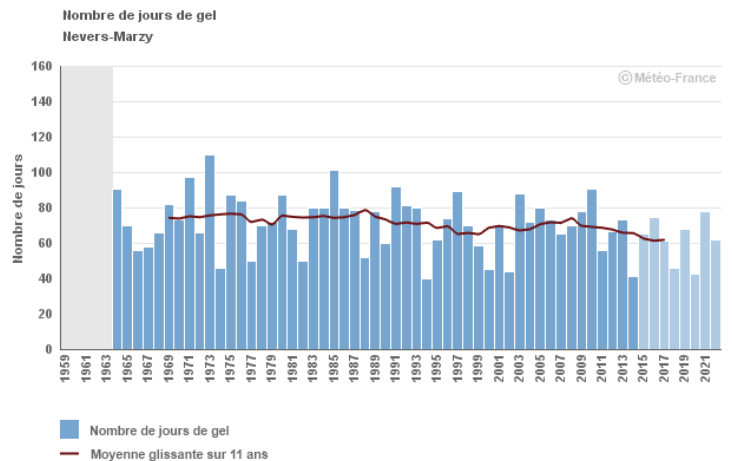
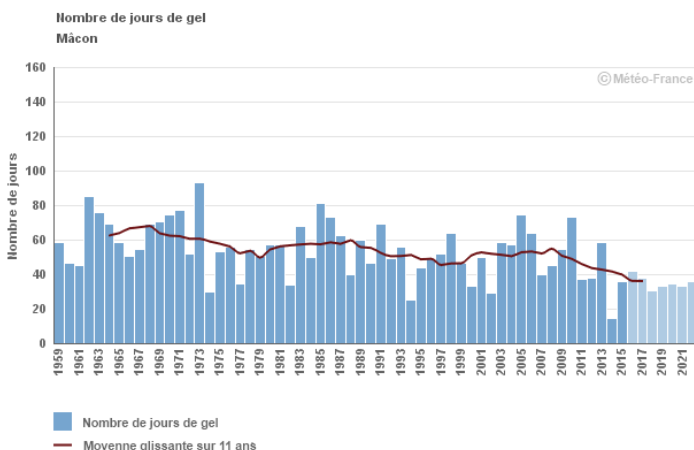
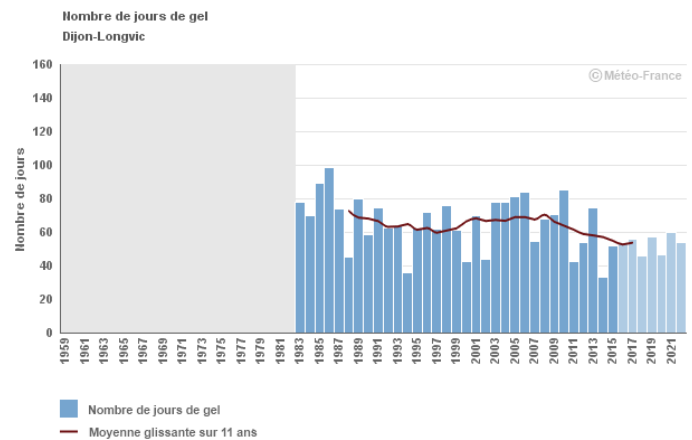
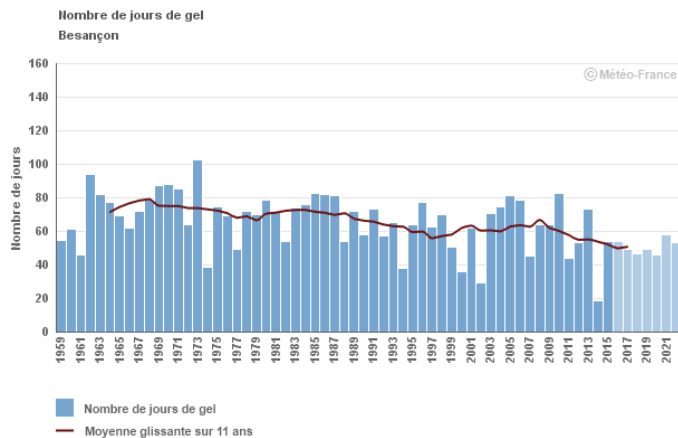


Évolution observée





Nombre de jours de gel par an



Analyse

L'évolution du nombre de jours de gel en Bourgogne-Franche-Comté depuis 1959 (ou 1963, 1964, 1983) pour chaque station d'étude montre que :

Les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble des périodes (1959-2022 / 1983-2022 / 1963-2022 / 1964-2022 suivant les stations) sont de :

- **3,74 j par décennie à Besançon** ($P < 0,001$) soit environ $- 23,6$ j en 63 ans ;
- **5,98 j par décennie à Arc et Senans** ($P < 0,001$) soit environ $- 35,3$ j en 59 ans ;
- **4,22 j par décennie à Mâcon** ($P < 0,001$) soit environ $- 26,6$ j en 63 ans ;
- **5,41 j par décennie à Dijon-Longvic** ($P < 0,001$) soit environ $- 21$ j en 39 ans ;
- **2,28 j par décennie à Nevers-Marzy** ($P < 0,05$) soit environ $- 13,22$ j en 58 ans.
- **5,97 j par décennie à Aillevillers** ($P < 0,001$) soit environ $- 22$ j en 37 ans.



Nombre de jours de gel par an

- Toutes les stations étudiées montrent une tendance significativement en baisse de ces jours de gel par an. Toutefois, un point de vigilance est à noter :
 - A Dijon, la série de données SQR débute en 1983 (33 ans)
- L'ensemble de l'indicateur est marqué par une variabilité interannuelle importante pour l'ensemble des stations étudiées ($R^2 \text{ max} < 0,24$ à Sens).

A RETENIR

Au cours des 63 dernières années, le nombre annuel de jours de gel a décliné en Bourgogne-Franche-Comté d'environ 4,6 jours par décennie, l'année 2014 ayant été marquée par les minima (jours de gel le plus faible) observés depuis 1959.

On observe également que 7 à 8 années sur 10 présentant le plus faible nombre de jours de gel sont au XXI^{ème} siècle (sauf pour Nevers – Marzy avec 5 années au XXI^{ème} siècle sur les 10 années avec le moins de jours de gel). Ce qui confirme l'accélération du réchauffement pointée avec l'indicateur des températures moyennes annuelles.

Les impacts de cette réduction du nombre de jours froids sur les productions agricoles doivent être étudiés au cas par cas.



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

OUZEAU G., DEQUE M., JOUINI M., PLANTON S., VAUTARD R. ; 2015 – Le climat de la France au XXI^{ème} siècle. Volume 4. Scénarios régionalisés : édition 2015 pour la métropole et les régions d'outre-mer. MEDE, 62 p.

TERRES INOVIA. Dégâts de neige, gel, grêle sur colza. [en ligne]. Disponible sur <http://www.terresinovia.fr/colza/cultiver-du-colza/accidents-climatiques/neige-gel-grele/>.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Nombre de jours estivaux par an

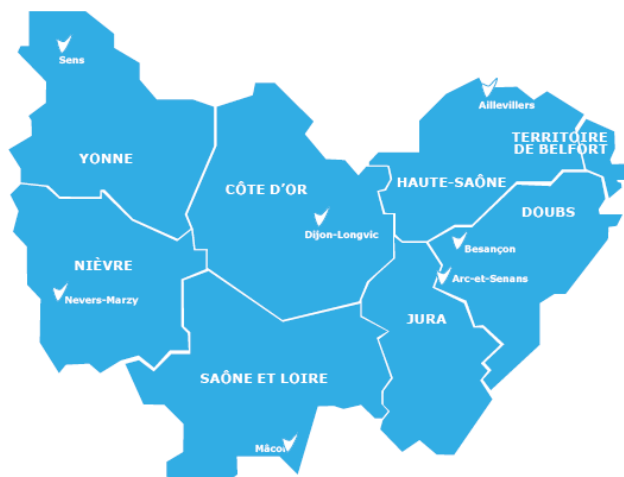
🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de référence (Cf. lexique)
+ données brutes jusqu'en 2022.

Données fournies par Météo France.

🌍 Indicateur 4

- Dijon-Longvic (21) 1959-2022
- Nevers-Marzy (58) 1959-2022
- Mâcon (71) 1959-2022
- Arc et Senans (25) 1982-2022
- Sens (89) 1959-2022
- Besançon (25) 1959-2022
- Aillevillers (70) 1970-2022



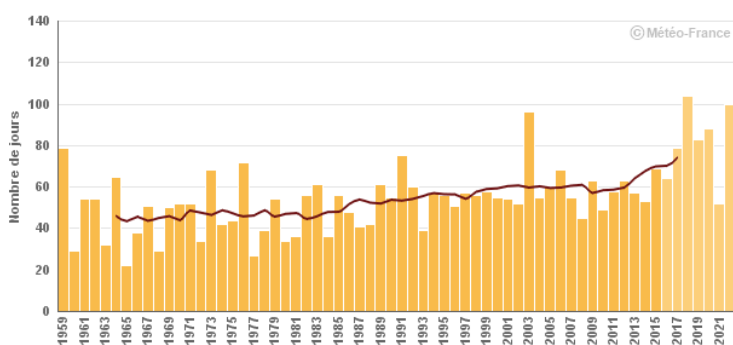
🧮 Calcul de l'indicateur 4

Dénombrement, entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre de chaque année, des jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 25°C.

Le seuil retenu pour les jours estivaux se trouve être le même que celui correspondant au phénomène d'échaudage chez les céréales à paille ou à la baisse de production de lait chez les bovins.

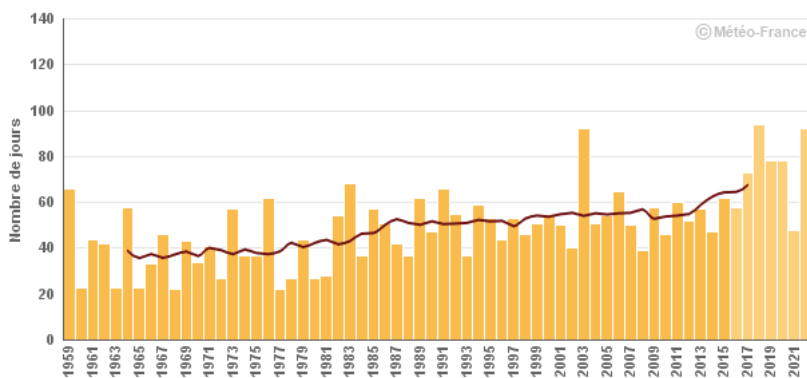
📈 Évolution observée

Nombre de journées chaudes
Dijon-Longvic



■ Nombre de journées chaudes
— Moyenne glissante sur 11 ans

Nombre de journées chaudes
Besançon



■ Nombre de journées chaudes
— Moyenne glissante sur 11 ans

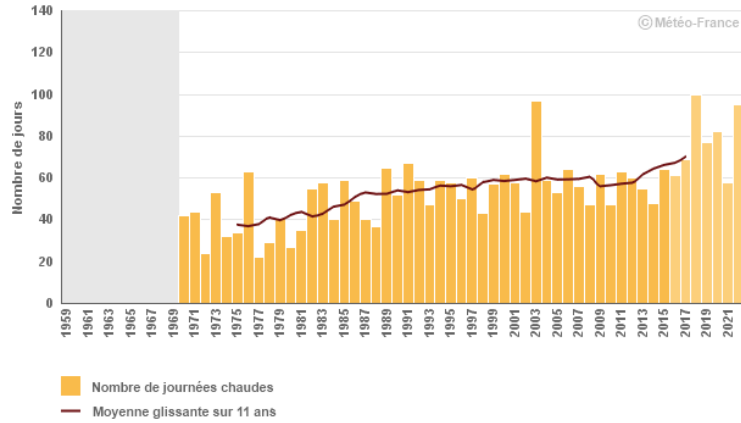
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



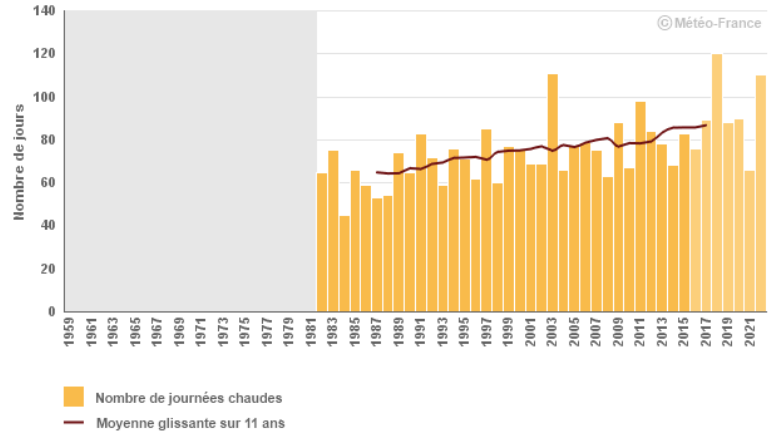
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Nombre de jours estivaux par an

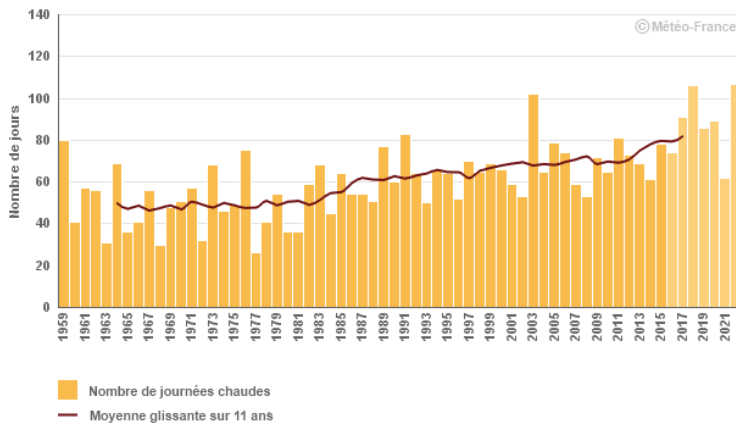
Nombre de journées chaudes
Aillevillers



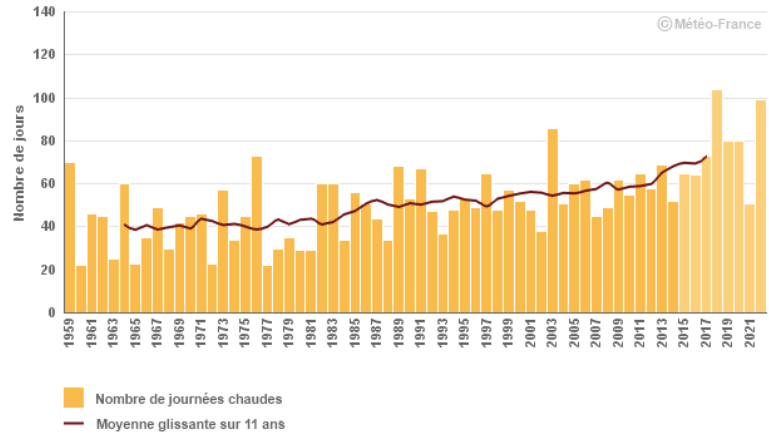
Nombre de journées chaudes
Arc-et-Senans



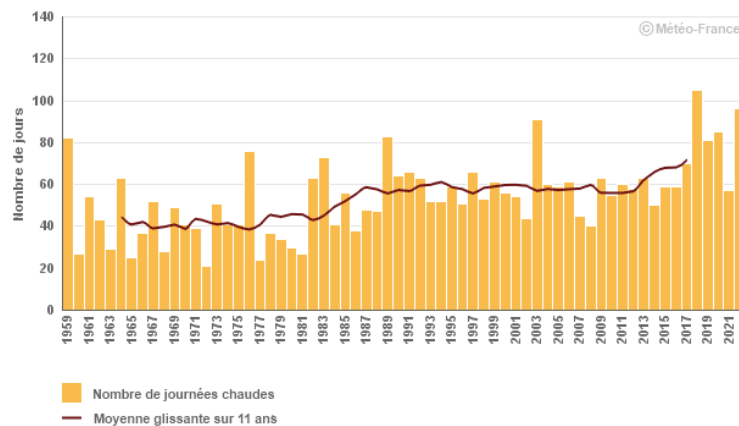
Nombre de journées chaudes
Mâcon



Nombre de journées chaudes
Nevers-Marzy



Nombre de journées chaudes
Sens





Nombre de jours estivaux par an

Analyse

Pour les sept sites étudiés, on observe une nette augmentation du nombre annuel de jours estivaux. Cette augmentation est tout à fait cohérente avec l'augmentation des températures moyennes annuelles (cf. fiche "Température moyenne annuelle"). Les profils de cette augmentation sont relativement divers et l'importance relative du phénomène varie fortement.

- Les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période sont de :

+ 4,8 j par décennie (soit 30,24 jours en 63 ans) à Dijon-Longvic ($P < 0,001$)

+ 5,15 j par décennie (soit 32,4 j en 63 ans) à Sens ($P < 0,001$)

+ 5,3 j par décennie (33,4 j en 63 ans) à Besançon ($P < 0,001$)

+ 4,7 j par décennie (soit 29,6 jours en 63 ans) à Nevers-Marzy ($P < 0,001$)

+ 6,1 j par décennie (soit 38,43 jours en 63 ans) à Mâcon ($P < 0,001$)

+ 7 j par décennie (soit 36,4 jours 52 ans) à Aillevillers ($P < 0,001$)

+ 7,68 j par décennie (soit 32,3 jours en 42 ans) à Arc et Senans ($P < 0,001$)

La variabilité interannuelle est majoritairement moyenne ($r^2 > 0,3$).

Pour l'agriculture régionale, cette augmentation des jours estivaux renvoie potentiellement à trois types de conséquences :

- des risques de stress thermique et plus spécifiquement d'échaudage au printemps et en été ;
- l'augmentation du nombre de jours chauds affecte la viticulture ; lors des vendanges, une température élevée des raisins peut favoriser une fermentation non désirée une fois le raisin en cuve ;
- le nombre de jours par an à forte évapotranspiration s'accroît en raison de la relation étroite entre température et évapotranspiration potentielle : la menace du stress hydrique se combine au stress thermique.

A RETENIR

Le nombre de jours estivaux par an a nettement augmenté en Bourgogne-Franche-Comté au cours des 60 dernières années : de 4,7 à 7,68 jours par décennie (en comparaison, l'augmentation était de + 3 à + 6,4 jours pour les sites étudiés jusqu'en 2015),

Les incidences de ces jours estivaux sur l'agriculture régionale sont multiples et nécessitent un examen détaillé de la répartition intra annuelle des augmentations observées.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Cumul annuel des précipitations

🔑 Nature et source des données

SH : série homogénéisée
+ données brutes jusqu'en 2022,
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateur 5

Dijon-Longvic (21) 1959-2022
Nevers-Marzy (58) 1959-2022
Mâcon (71) 1959-2022
Lons le Saunier (39) 1959-2022
Besançon (25) 1959-2022
Aillevillers (70) 1959-2022
Dorans (90) 1959-2022
Joigny (89) 1959-2022

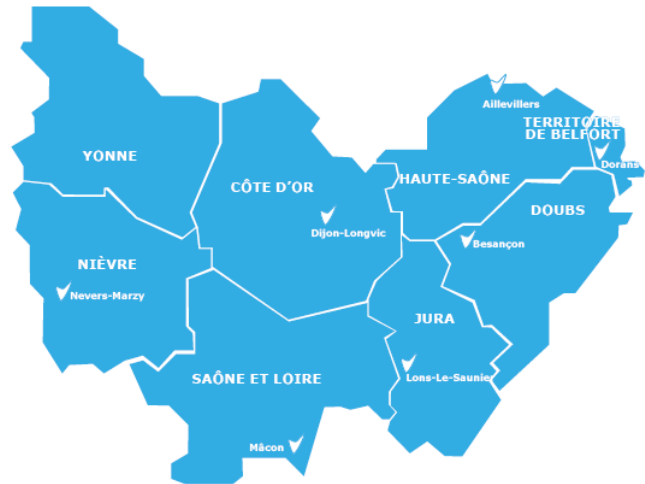


Calcul de l'indicateur 5

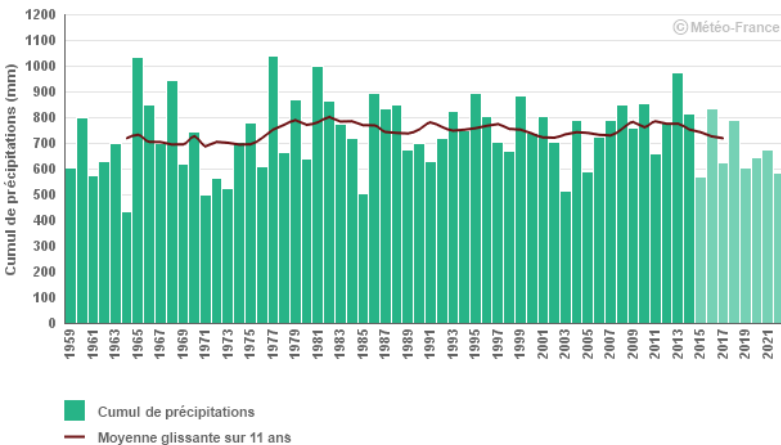
Cumul sur l'année des précipitations journalières.



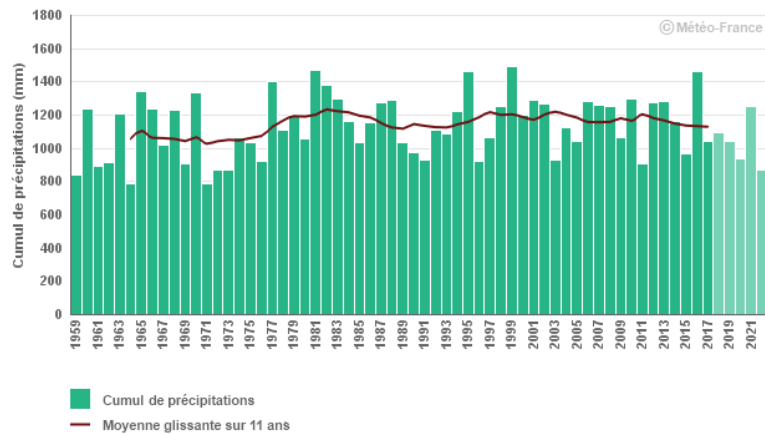
Évolution observée



Cumul annuel de précipitations
Dijon-Longvic



Cumul annuel de précipitations
Besançon



1

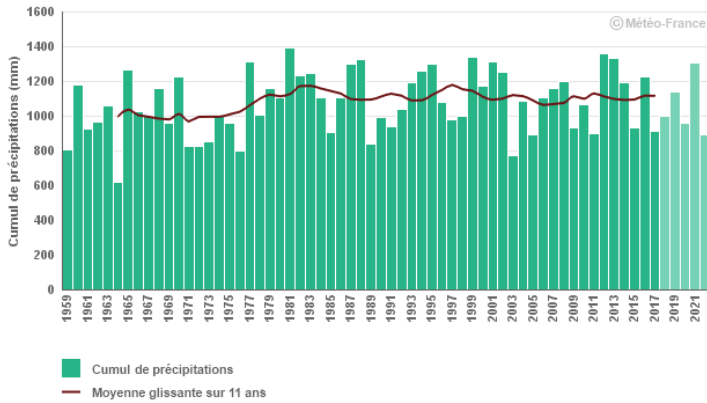
CHANGEMENT CLIMATIQUE



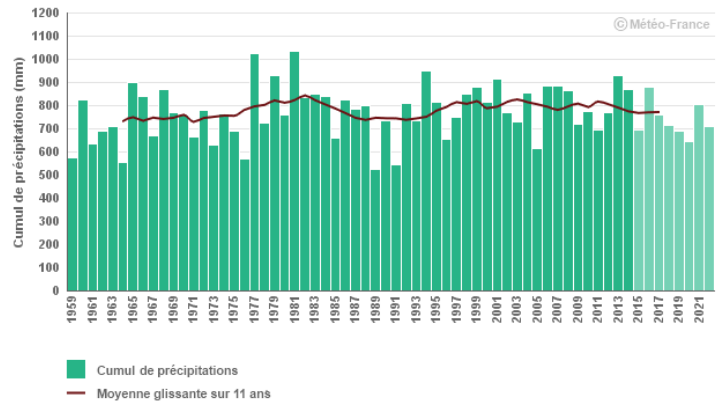
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Cumul annuel des précipitations

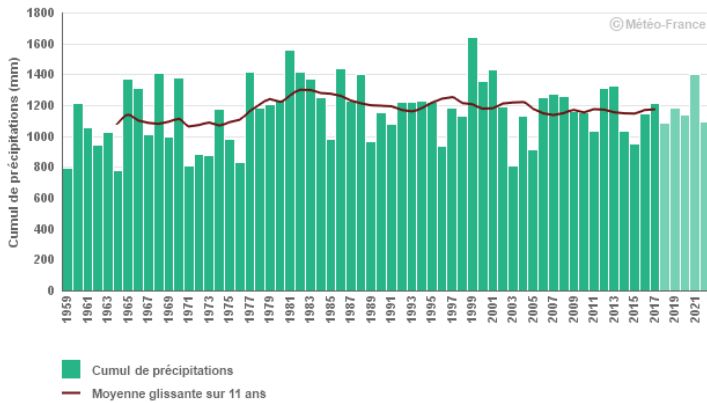
Cumul annuel de précipitations
Lons-le-Saunier



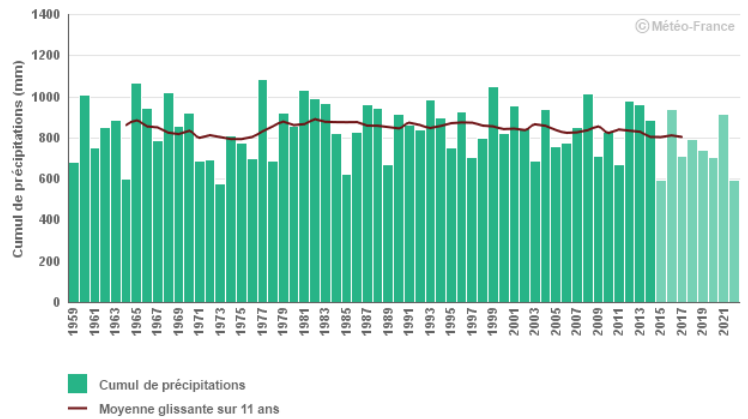
Cumul annuel de précipitations
Nevers-Marzy



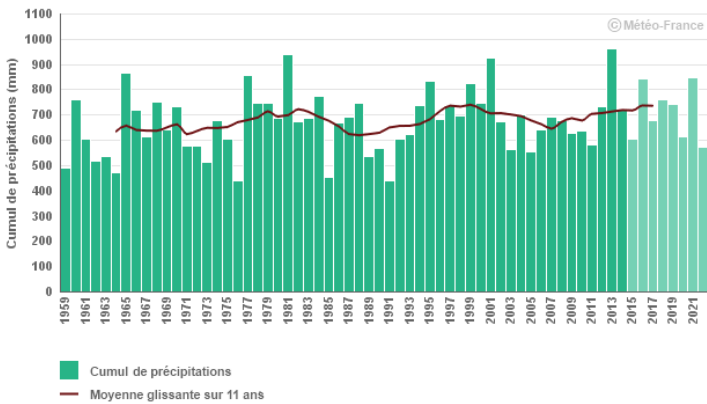
Cumul annuel de précipitations
Aillevillers



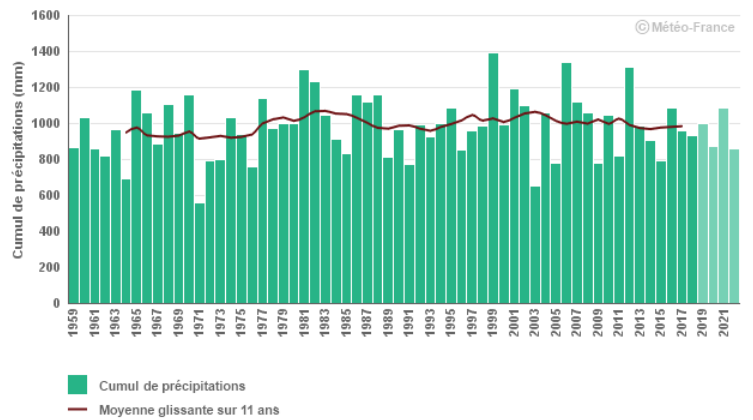
Cumul annuel de précipitations
Mâcon



Cumul annuel de précipitations
Joigny



Cumul annuel de précipitations
Dorans





Cumul annuel des précipitations

Analyse

L'évolution du cumul annuel des précipitations en Bourgogne-Franche-Comté depuis 1959 pour chaque station d'étude montre que les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période 1959-2022 sont de :

- + 3 mm par décennie à Dijon-Longvic (NS);**
- + 7,9 mm par décennie à Nevers-Marzy (NS);**
- 6,7 mm par décennie à Mâcon (NS);**
- + 18,2 mm par décennie à Lons-le-Saunier ($0,05 < P < 0,1$) soit environ + 115 mm en 63 ans;**
- + 15,5 mm par décennie à Besançon (NS);**
- + 16,88 mm par décennie à Aillevillers (NS)**
- + 9,16 mm par décennie à Dorans (NS)**
- + 14,8 mm par décennie à Joigny ($0,01 < P < 0,05$) soit environ + 93 mm en 63 ans**

- Les tendances observées pour le cumul annuel des précipitations sont en augmentation significative pour Lons-le-Saunier, et non significatives pour toutes les autres stations. Ces évolutions montrent l'absence de tendance générale à l'accroissement en Bourgogne-Franche-Comté et l'hétérogénéité spatiale pour cet indicateur.
- De très fortes variations de précipitations d'une année à l'autre sont présentes ($R^2 < 0,1$) pour l'ensemble des stations.
- La station de Sens avait été retirée en 2022 car la période couverte par celle-ci était trop courte (1959 à 2000) mais elle a été remplacée en 2023 par la station de Joigny,

A RETENIR

En région Bourgogne-Franche-Comté, le cumul annuel des précipitations montre une légère tendance à l'augmentation des pluies. Ce signal est cependant faiblement établi.

En outre, le fait de considérer des moyennes annuelles peut masquer des tendances différentes pour chacune des saisons, d'où l'importance d'étudier également l'évolution des précipitations saisonnières.

Pour en savoir plus

OUZEAU G., DEQUE M., JOUINI M., PLANTON S., VAUTARD R. ; 2015. Le climat de la France au XXIème siècle. Volume 4. Scénarios régionalisés : édition 2015 pour la métropole et les régions d'outre-mer. MEDE, 62 p.

1

CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

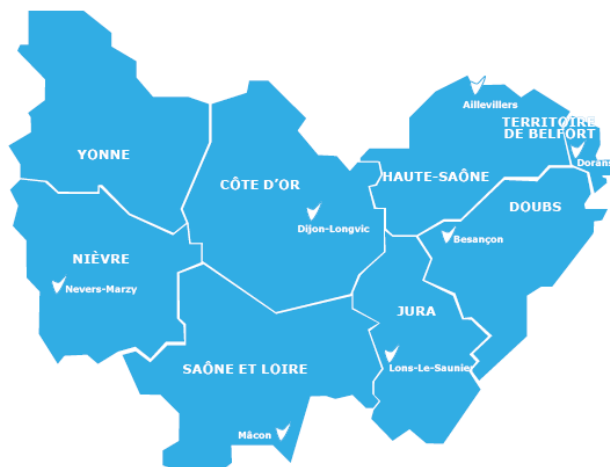
Cumul saisonnier des précipitations

🔑 Nature et source des données

SH : série homogénéisée
+ données brutes jusqu'en 2022
Données fournies par Météo France.

🕒 Indicateur 6

Dijon-Longvic (21) 1959-2022
Nevers-Marzy (58) 1959-2022
Mâcon (71) 1959-2022
Lons-le-Saunier (39) 1959-2022
Besançon (25) 1959-2022
Aillevillers (70) 1969-2022
Dorans (90) 1959-2022
Joigny (89) 1959-2022

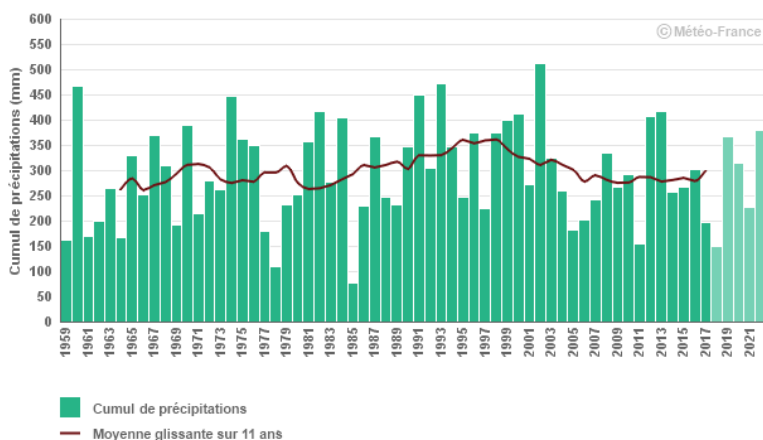


📊 Calcul de l'indicateur 6

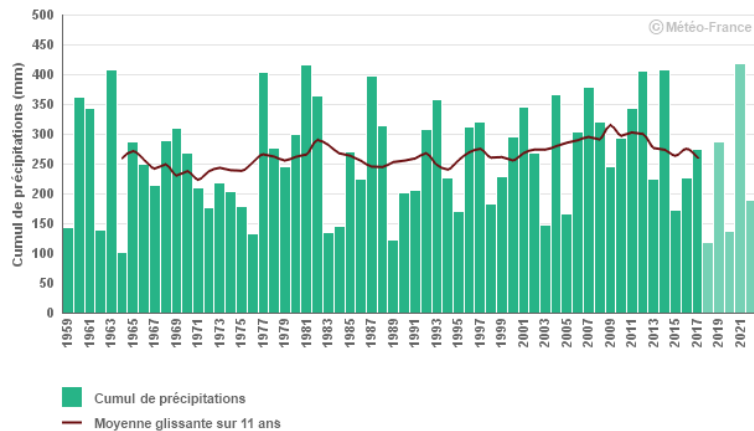
Cumul sur 3 mois des précipitations journalières : Décembre à Février, Mars à Mai, Juin à Août, Septembre à Novembre. De même que pour le cumul annuel de précipitations, la station de Sens a été retirée de l'échantillon original de 2021 car les données n'ont pas été retestées par Météo France car la période couverte était trop courte.

📈 Evolution observée – Exemple de la station de Lons Le Saunier

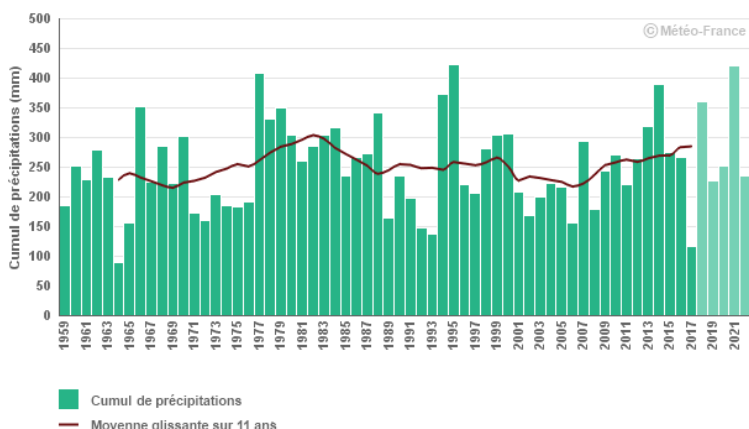
Cumul automnal de précipitations
Lons-le-Saunier



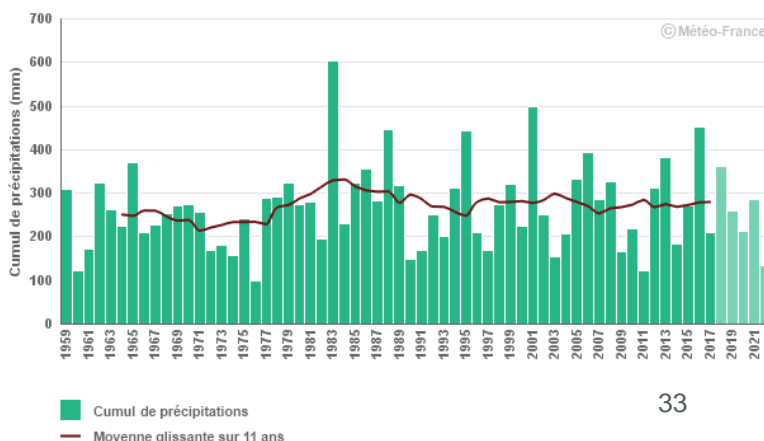
Cumul estival de précipitations
Lons-le-Saunier



Cumul hivernal de précipitations
Lons-le-Saunier



Cumul printanier de précipitations
Lons-le-Saunier





Cumul saisonnier des précipitations

Analyse

L'évolution du cumul saisonnier des précipitations à Lons Le Saunier depuis 1959 montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période d'étude (1959-2022) sont de :

- + 5,7 mm par décennie en hiver (NS);**
- + 4,4 mm par décennie au printemps (NS);**
- + 4,02 mm par décennie en été (NS);**
- + 4,23 mm par décennie en automne (NS);**

- l'accroissement des précipitations est non significatif pour toutes les saisons ;
- les variations interannuelles des précipitations au cours des saisons sont dites extrêmement importantes ($R^2 < 0,1$).

Les résultats de l'analyse des précipitations saisonnières des autres stations sont présentés dans le tableau suivant (cf. Tableau II).

Analyse

	Décembre – janvier – février (Hiver)		Mars-Avril-Mai (Printemps)		Juin – Juillet – Août (Eté)		Sept-octobre – nov (Automne)	
	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance
Dijon-Longvic	- 1,76	NS	0,035	NS	2,33	NS	2,16	NS
Besançon	5,4	NS	2,55	NS	5,22	NS	2,08	NS
Nevers Marzy	3,01	NS	0,17	NS	0,18	NS	3,97	NS
Aillevillers	8,09	NS	1,28	NS	2,41	NS	5,35	NS
Mâcon	- 3,87	NS	- 3,82	NS	1,53	NS	-0,4	NS
Dorans	2,14	NS	2,39	NS	2,2	NS	2,86	NS
Joigny	3,26	NS	2,19	NS	4,02	NS	5,34	NS

Tableau II : Evolution des précipitations saisonnières sur les 7 autres stations étudiées

La station de Mâcon laisse apparaître une diminution des précipitations sur les 63 dernières années en hiver, au printemps et à l'automne,

Selon les sites, la tendance modérée à la hausse varie de l'ordre de + 0,035 mm à +8,09 mm par décennie.

L'évolution observée du cumul annuel des précipitations (cf. fiche "Cumul annuel de précipitations") est la résultante de ces tendances saisonnières globalement à la hausse.

On rappelle ici qu'il s'agit de cumuls trimestriels de précipitations qui, par conséquent, ne décrivent en rien les "modalités" de ces précipitations (nombre d'épisodes pluvieux, intensité, nombre de jours consécutifs sans pluie, etc.).

Ces résultats ne dégagent pas de tendance forte, ce qui reste cohérent avec les observations à plus large échelle en France métropolitaine.



Cumul saisonnier des précipitations

A RETENIR

Entre 1959 et 2022, toutes les saisons ne montrent pas de tendance significative à l'augmentation ou à la baisse des précipitations.

L'évolution tendancielle des précipitations trimestrielles conforte les observations de cumuls annuels. Il n'y a pas de mise en évidence d'évolution marquée de cet indicateur.

L'évolution est très faible au regard des variations interannuelles.



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. ; 2002. Les changements climatiques en France au XXème siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de température et de précipitations, La Météorologie, n°38, 45-57.

OUZEAU G., DEQUE M., JOUINI M., PLANTON S., VAUTARD R. ; 2015 – Le climat de la France au XXIème siècle. Volume 4. Scénarios régionalisés : édition 2015 pour la métropole et les régions d'outre-mer. MEDE, 62 p.



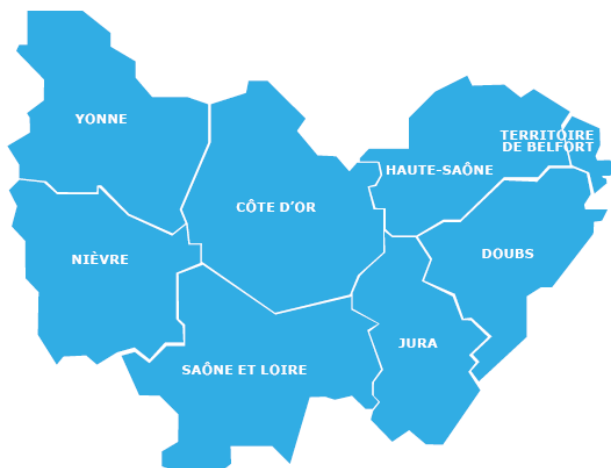
Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)

🔑 Nature et source des données

Chaîne de calcul SIM (Cf. lexique). Indicateur spatialisé rapporté au territoire de chaque département. Données fournies par Météo France.

🕒 Indicateur (1991-2022)

Département de Côte d'Or
 Département du Doubs
 Département du Jura
 Département de la Nièvre
 Département de Saône et Loire
 Département de l'Yonne
 Département de Haute-Saône
 Département du Territoire de Belfort



📊 Calcul de l'indicateur

Rappel : l'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité maximale d'eau évaporée par le sol et transpirée par les plantes dans des conditions climatiques données et lorsque la disponibilité d'eau n'est pas limitante.

Au moyen de la chaîne de modélisation SIM, les bilans d'eau et d'énergie au niveau du sol sont calculés jour par jour en chaque point d'une grille de 8 km de côté couvrant le territoire régional. Ceci fournit les évapotranspirations potentielles journalières en chacun de ces points.

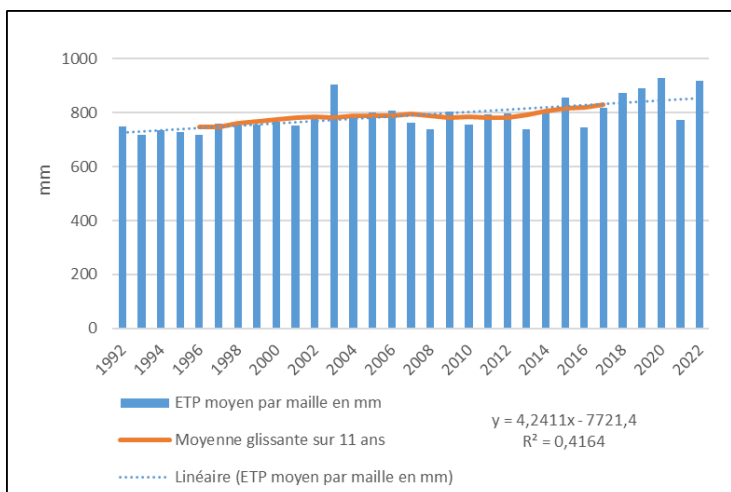
Ensuite, l'évapotranspiration potentielle en chacun de ces points est cumulée sur l'année : on obtient l'évapotranspiration potentielle annuelle par point.

En dernier lieu, dans chaque département, la moyenne des évapotranspirations potentielles annuelles de tous les points du département est calculée pour délivrer l'évapotranspiration potentielle annuelle départementale.

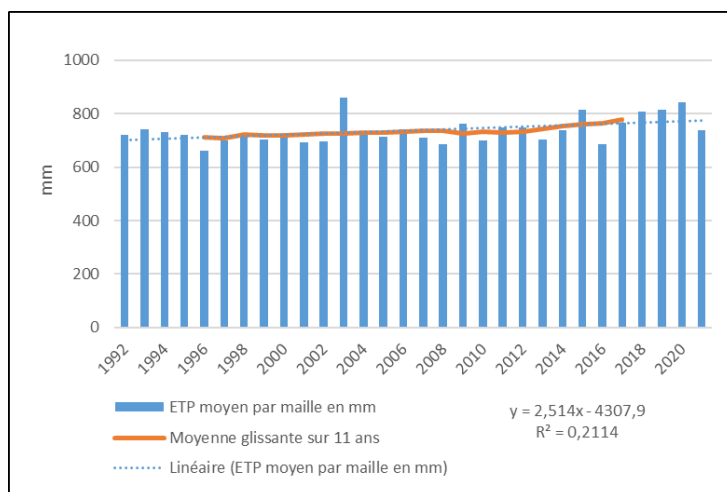
La série d'ETP fournie pour cette édition du livret se limite à la période 1991-2022.

📈 Évolution observée

Département de la Côte d'Or



Département du Doubs



1

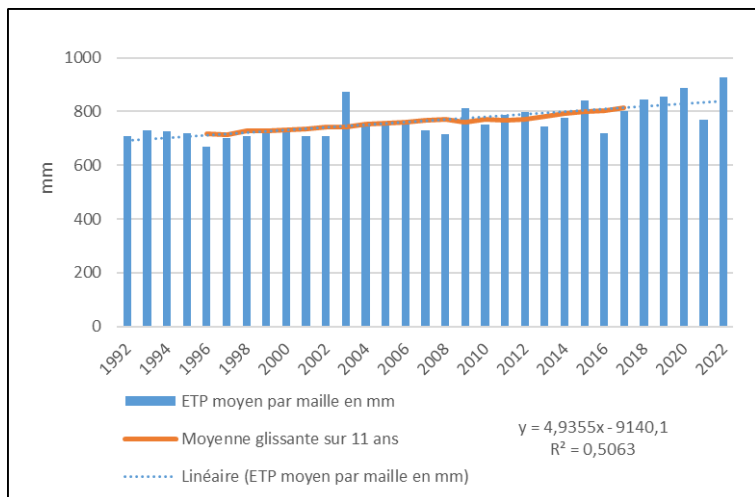
CHANGEMENT CLIMATIQUE



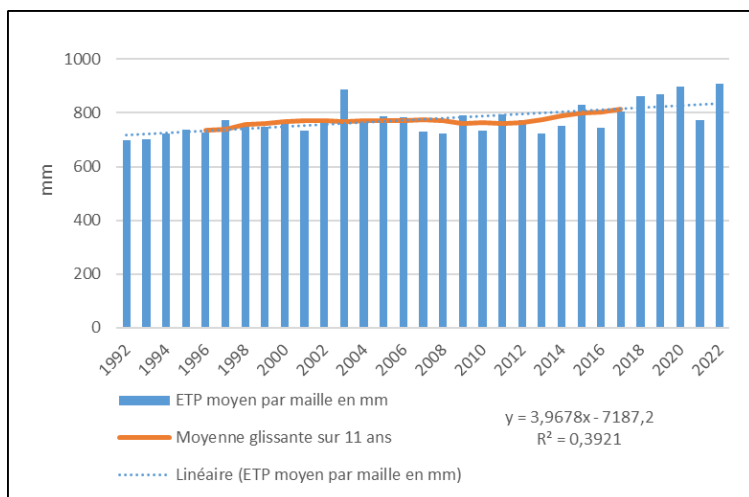
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)

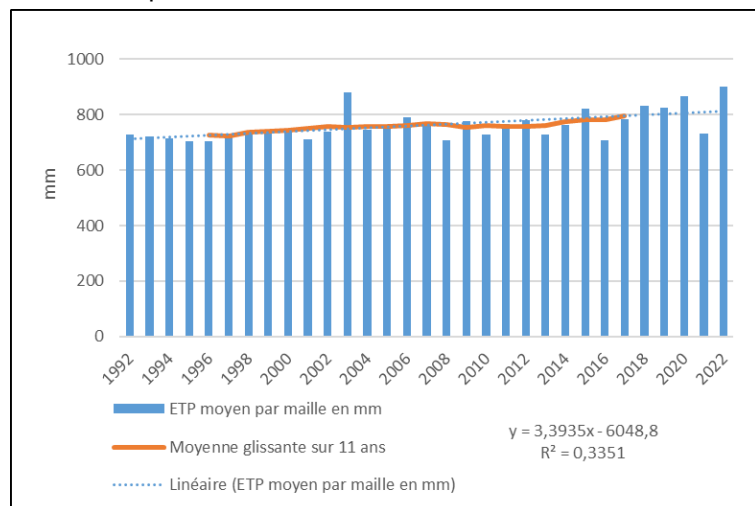
Département du Jura



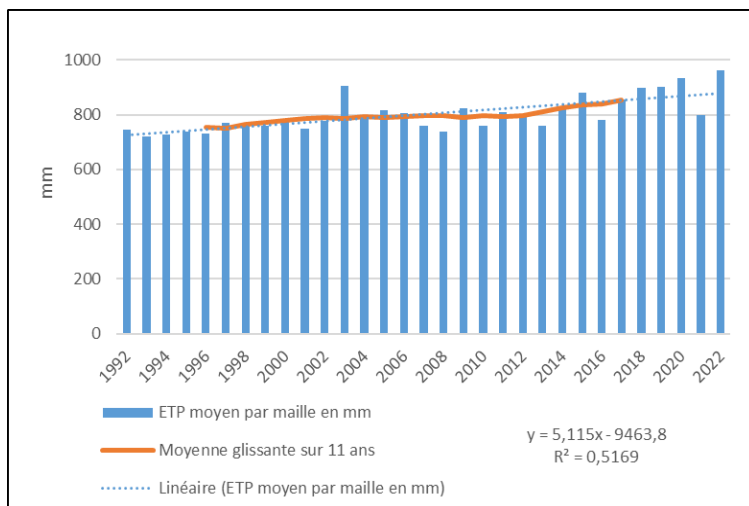
Département de la Nièvre



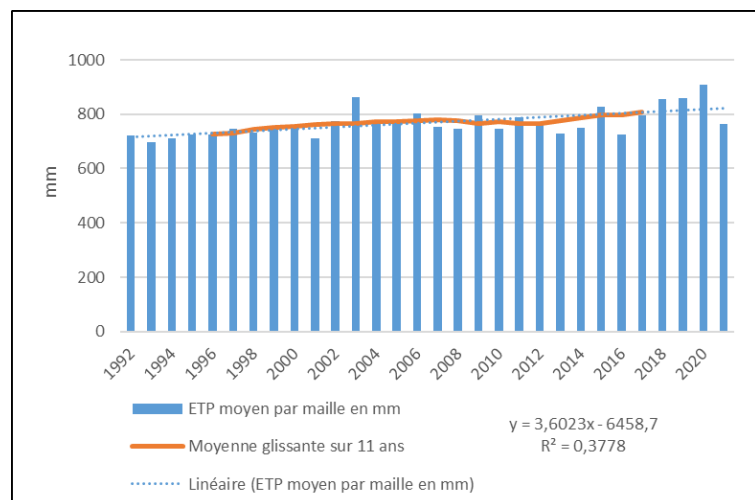
Département de Haute-Saône



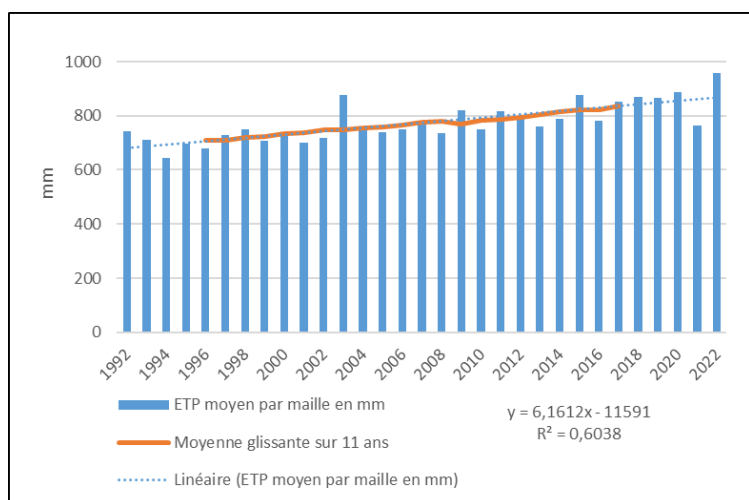
Département de Saône et Loire



Département de l'Yonne



Département du Territoire de Belfort





Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)

Analyse

L'évolution du cumul annuel des évapotranspirations potentielles en région Bourgogne-Franche-Comté depuis 1991 montre que les tendances linéaires sont de :

- + 38,6 mm par décennie**, soit + 119,66 mm en 31 ans en Côte d'Or
- + 29,16 mm par décennie**, soit + 90,4 mm en 31 ans dans le Doubs
- + 45,71 mm par décennie**, soit + 141,7 mm en 31 ans dans le Jura
- + 37,58 mm par décennie**, soit + 116,5 mm en 31 ans dans la Nièvre
- + 31,16 mm par décennie**, soit + 96,6 mm en 31 ans en Haute Saône
- + 45,33 mm par décennie**, soit + 140,52 mm en 31 ans en Saône et Loire
- + 38,16 mm par décennie**, soit + 118,3 mm en 31 ans dans l'Yonne
- + 58,44 mm par décennie**, soit + 181,16 mm en 31 ans dans le Territoire de Belfort

Cette tendance est très hautement significative car $P < 0,001$ (soit 99,99 % de chance que la tendance ne soit pas due au hasard).

- Il existe des variations interannuelles ($0,1 < R^2 < 0,60$).
- L'augmentation des évapotranspirations potentielles mise ici en évidence au seul pas de temps annuel ne nous renseigne pas sur la répartition au sein de l'année de cette augmentation. Pour cela, il faut consulter la partie sur le cumul saisonnier d'ETP.

La comparaison des départements entre eux est à manier avec précaution compte tenu des hypothèses (sols notamment) propres à la chaîne de calcul SIM. Le département du Territoire de Belfort présente une augmentation de l'évapotranspiration largement supérieure aux autres départements (+ 181,16 mm sur la période observée). Les départements du Jura et de la Saône et Loire présentent une augmentation de l'évapotranspiration très légèrement supérieure aux autres départements (entre + 140,52 et + 141,7 mm sur la période observée).

A précipitations inchangées, cet accroissement de l'évapotranspiration potentielle doit être compris comme un durcissement des conditions hydriques pour la végétation (naturelle ou cultivée) par augmentation de la « demande » atmosphérique en eau. Ceci posé, la caractérisation de l'état hydrique des cultures sur cette période d'étude nécessite le calcul de l'évapotranspiration réelle des plantes durant les cycles culturaux. Un tel calcul, qui nécessite un paramétrage fin (durée des cycles, coefficients culturaux, réserve utile des sols), constitue un prolongement possible de la présente fiche.

A RETENIR

Depuis 1991, en Bourgogne-Franche-Comté, l'évapotranspiration potentielle annuelle a augmenté dans les 8 départements d'une valeur comprise entre + 29,16 et + 58,44 mm par décennie. Cet accroissement de l'évapotranspiration découle de l'augmentation des températures. Il devrait par conséquent se poursuivre au cours des prochaines décennies. Cette augmentation de l'évapotranspiration potentielle annuelle, associée à une stagnation de la pluviométrie, peut être interprétée comme un durcissement des conditions hydriques.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

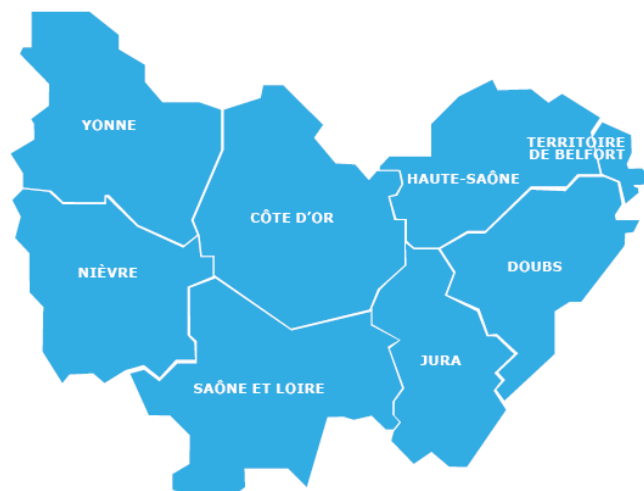
Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

Nature et source des données

Chaîne de calcul SIM (Cf. lexique). Indicateur spatialisé rapporté au territoire de chaque département. Données fournies par Météo France.

Indicateur (1959-2019)

Département de Côte d'Or
 Département du Doubs
 Département du Jura
 Département de la Nièvre
 Département de Saône et Loire
 Département de l'Yonne
 Département de Haute-Saône
 Département du Territoire de Belfort



Calcul de l'indicateur

Rappel : l'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité maximale d'eau évaporée par le sol et transpirée par les plantes dans des conditions climatiques données et lorsque la disponibilité d'eau n'est pas limitante.

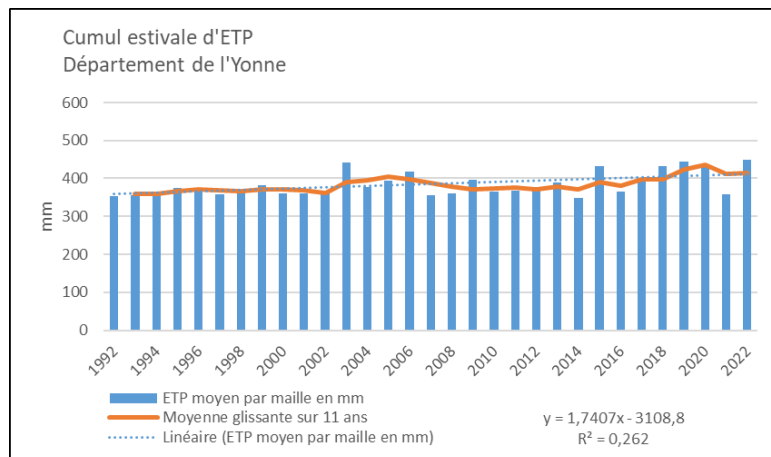
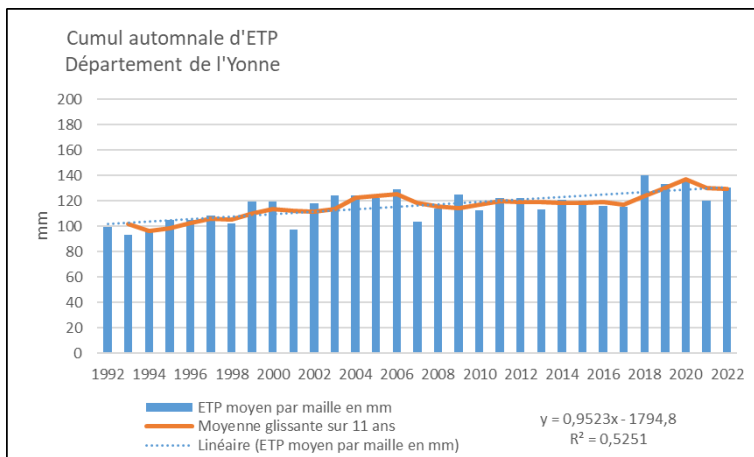
Au moyen de la chaîne de modélisation SIM, les bilans d'eau et d'énergie au niveau du sol sont calculés jour par jour en chaque point d'une grille de 8 km de côté couvrant le territoire régional. Ceci fournit les évapotranspirations potentielles journalières en chacun de ces points.

Ensuite, l'évapotranspiration potentielle en chacun de ces points est cumulée sur l'année : on obtient l'évapotranspiration potentielle annuelle par point.

En dernier lieu, dans chaque département, la moyenne des évapotranspirations potentielles saisonnières de tous les points du département est calculée pour délivrer l'évapotranspiration potentielle saisonnière départementale.

La série d'ETP fournie pour cette édition du livret se limite à la période 1991-2022.

Évolution observée – Exemple du Département de l'Yonne



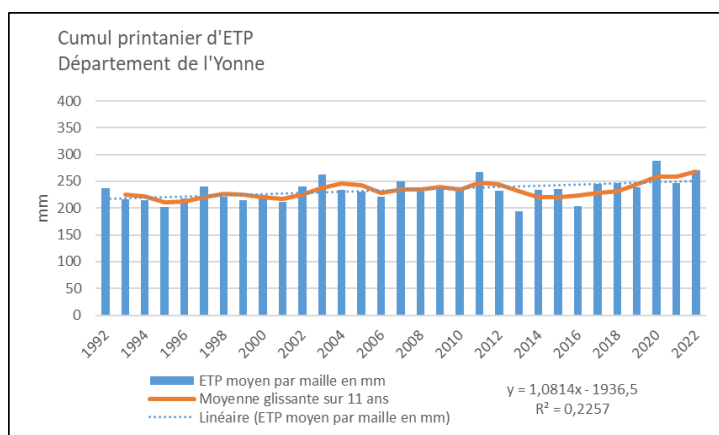
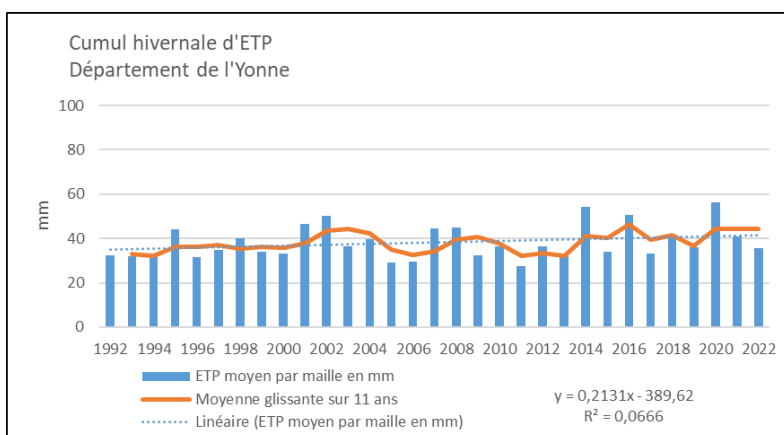
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatique

Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

Évolution observée – Exemple du Département de l'Yonne



Analyse

L'évolution du cumul saisonnier de l'ETP dans l'Yonne depuis 1991 montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période d'étude (1991-2022) sont de :

- + 2,15 mm par décennie en hiver** ($0,05 < P < 0,1$) ;
- + 10,5 mm par décennie au printemps** ($P < 0,001$) ;
- + 16,8 mm par décennie en été** ($P < 0,001$) ;
- + 8,81 mm par décennie en automne** ($P < 0,001$) ;

- les variations interannuelles de l'ETP au cours des saisons sont dites de moyennement importantes à très importantes ($0,1 < R^2 < 0,4$).

Les résultats de l'analyse des ETP saisonniers des autres stations sont présentés dans le tableau suivant (cf. Tableau III).

	Décembre – janvier – février (Hiver)		Mars-Avril-Mai (Printemps)		Juin – Juillet – Août (Été)		Sept-octobre – nov (Automne)	
	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance	Tendance (mm/décennie)	Certitude de la tendance
Côte d'Or	2,27	0,05	10,62	0,01	16,05	0,01	9,7	0,001
Doubs	-0,03	NS	8,89	0,01	14,3	0,01	6,22	0,001
Jura	2,5	0,05	12,98	0,001	19,9	0,001	10,5	0,001
Nièvre	1,12	NS	8,78	0,01	17,43	0,001	10,3	0,001
Saône et Loire	3,08	0,05	11,05	0,001	19,35	0,001	11,8	0,001
Haute Saône	1,08	NS	8,99	0,01	13,76	0,01	7,42	0,001
Territoire de Belfort	6,34	0,001	15,55	0,001	23,26	0,001	13,5	0,001

Tableau III : Evolution des ETP saisonniers sur les 7 autres stations étudiée



Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

- Pour l'ensemble des saisons et des départements, il existe une variabilité interannuelle d'intensité différente. A noter :
 - Extrêmement importante en hiver, pour 6 départements sur 8;
 - Moyennement importante en automne, pour tous les départements

La comparaison des départements entre eux est à manier avec précaution compte tenu des hypothèses (sols notamment) propres à la chaîne de calcul SIM. L'été est la saison présentant les plus fortes augmentations (entre 13,76 et 23,26 mm) suivi par le printemps puis l'automne (à l'exception de la Nièvre). L'hiver est la seule saison présentant des augmentations en dessous de 7 mm. Le Territoire de Belfort possède la plus forte augmentation au cours de toutes les saisons ce qui est cohérent par rapport aux résultats observés annuellement.

Pour rappel :

A précipitations inchangées, cet accroissement de l'évapotranspiration potentielle doit être compris comme un durcissement des conditions hydriques pour la végétation (naturelle ou cultivée) par augmentation de la « demande » atmosphérique en eau. Ceci posé, la caractérisation de l'état hydrique des cultures sur cette période d'étude nécessite le calcul de l'évapotranspiration réelle des plantes durant les cycles culturaux. Un tel calcul, qui nécessite un paramétrage fin (durée des cycles, coefficients culturaux, réserve utile des sols), constitue un prolongement possible de la présente fiche.

A RETENIR

Toutes les saisons sont marquées par une augmentation de l'ETP en Bourgogne-Franche-Comté (à l'exception du Doubs en hiver). Par exemple, l'évapotranspiration potentielle estivale a augmenté dans les 8 départements d'une valeur comprise entre + 13,76 et + 23,26 mm par décennie depuis 1991.

Cet accroissement de l'évapotranspiration découle de l'augmentation des températures. Il devrait par conséquent se poursuivre au cours des prochaines décennies.

Cette augmentation de l'évapotranspiration potentielle saisonnière, associée à une stagnation de la pluviométrie, peut être interprétée comme un durcissement des conditions hydriques.



Nombre de jours chauds $\geq 27^\circ\text{C}$ du 01/05 au 31/10 – Pousse de l'herbe

🔑 Nature et source des données

Série quotidiennes fournies par Météo France + données brutes jusqu'en 2022.

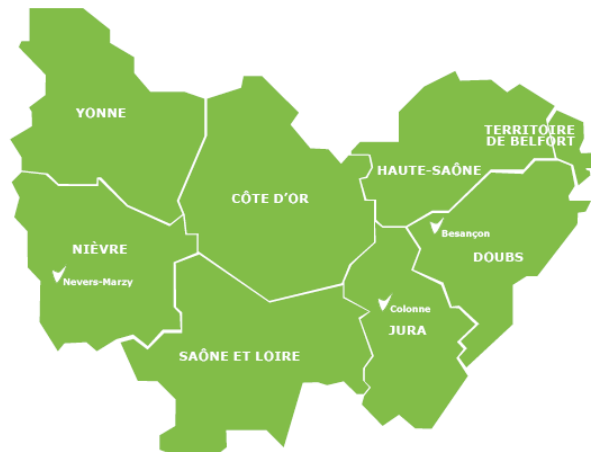
🕒 Indicateur 1

Besançon (25) 1959-2022
 Colonne (39) 1987-2022
 Nevers-Marzy (58) 1959-2022

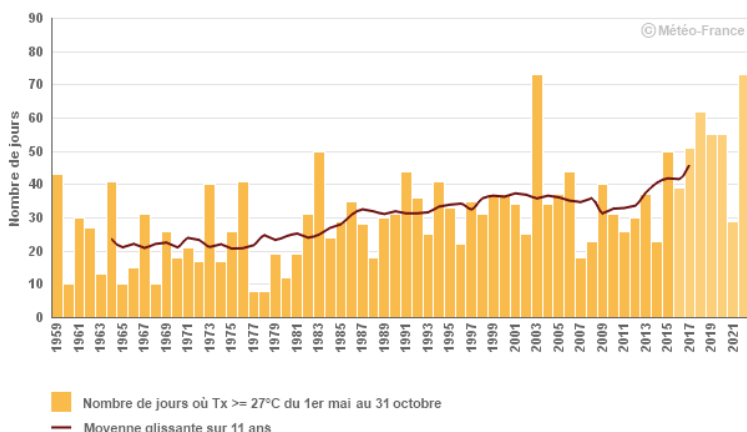
📊 Calcul de l'indicateur

Nombre de jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 27°C du 1^{er} mai au 31 octobre.

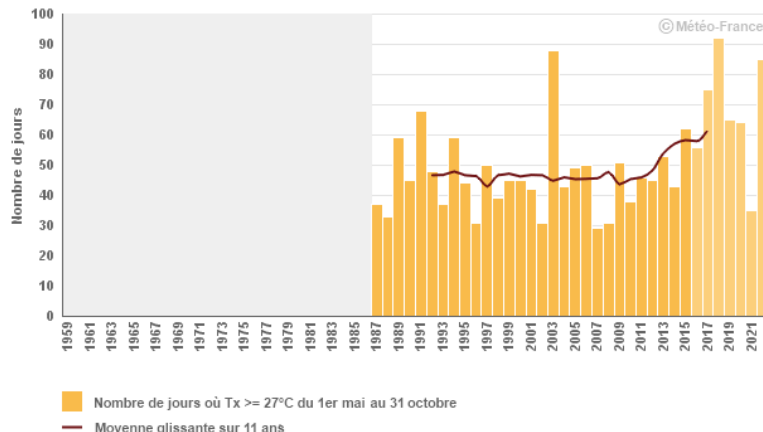
📈 Évolution observée



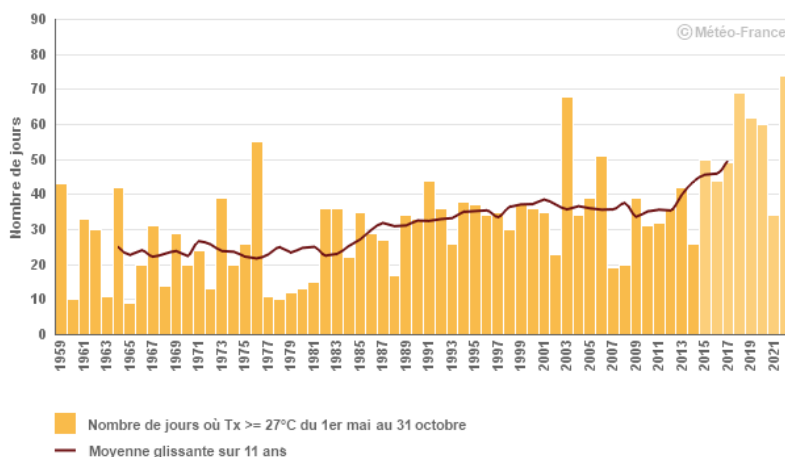
Nombre de jours où la température maximale journalière $\geq 27^\circ\text{C}$ du 1er mai au 31 octobre
 Besançon



Nombre de jours où la température maximale journalière $\geq 27^\circ\text{C}$ du 1er mai au 31 octobre
 Colonne



Nombre de jours où la température maximale journalière $\geq 27^\circ\text{C}$ du 1er mai au 31 octobre
 Nevers-Marzy





Nombre de jour chaud $\geq 27^{\circ}\text{C}$ du 01/05 au 31/10 – Pousse de l'herbe

Analyse

L'évolution du nombre de jours $\geq 27^{\circ}\text{C}$ du 01/05 au 31/10 montre que les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période sont de :

Dépt	Stations	1 ^{ère} année disponible	Nb d'années analysées	Evolution/10 ans	Evolution/30 ans	Force de la tendance
25	Besançon	1959	63	+ 4,2	+ 12,6	0,001
39	Colonne	1987	35	+ 5,7	+ 17,1	0,05
58	Marzy-Nevers	1959	63	+ 4,5	+ 13,5	0,001

Pour toutes les stations, on constate au cours de la période observée une augmentation marquée du nombre de jours où la température atteint ou dépasse 27°C entre les mois de mai et octobre, ainsi que des variations interannuelles importantes dans le nombre de jours (R^2 moyen = 0,25).

Ces jours chauds impactent négativement la croissance de l'herbe, indépendamment du contexte hydrique. Le pâturage de l'herbe durant l'été s'en trouve limité, ce qui peut être compensé par la constitution de stocks en sortie d'hiver permise par le démarrage plus précoce de la végétation. Cette évolution se traduit par un ralentissement de la pousse de l'herbe (conditions hydriques mises à part) et par un inconfort accru des bovins, affectant la production laitière. Le décalage de la période de gestation peut également être envisagé pour profiter du radoucissement des automnes.

A RETENIR

Le nombre de jours chauds a augmenté sur chacune des stations entre 1959 et 2022. En tendance, cela correspond à **+ 4,2 jours / décennie à Besançon (gain le plus faible) et + 5,7 jours / décennie à Colonne en 35 ans** (gain le plus fort).



Nombre de jours chauds $\geq 30^{\circ}\text{C}$ du 01/05 au 15/09 – Remplissage des grains

🔑 Nature et source des données

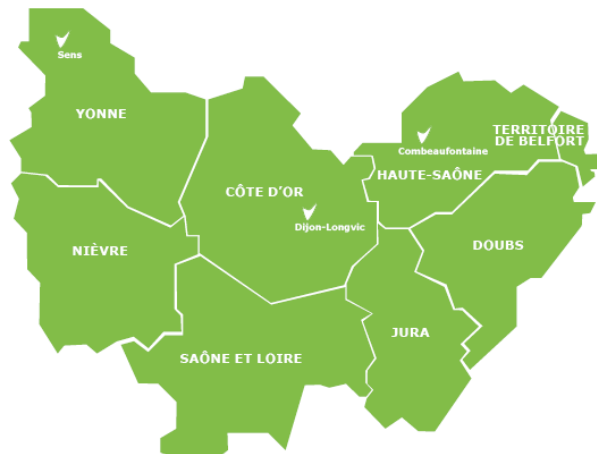
Série quotidiennes fournies par Météo France + données brutes jusqu'en 2022.

🕒 Indicateur 2

Combeau Fontaine (70) 1975-2022
Dijon-Longvic (21) 1959-2022
Sens (89) 1959-2022

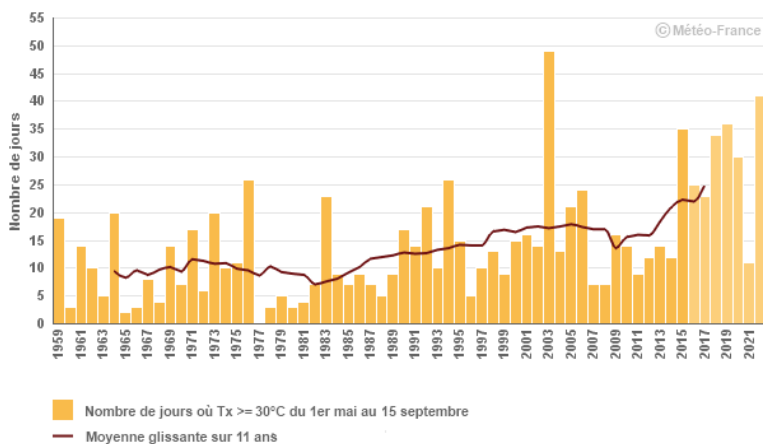
🧮 Calcul de l'indicateur

Nombre de jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 30°C du 1^{er} mai au 15 septembre. Cet indicateur est calculé à partir de séries quotidiennes de référence.

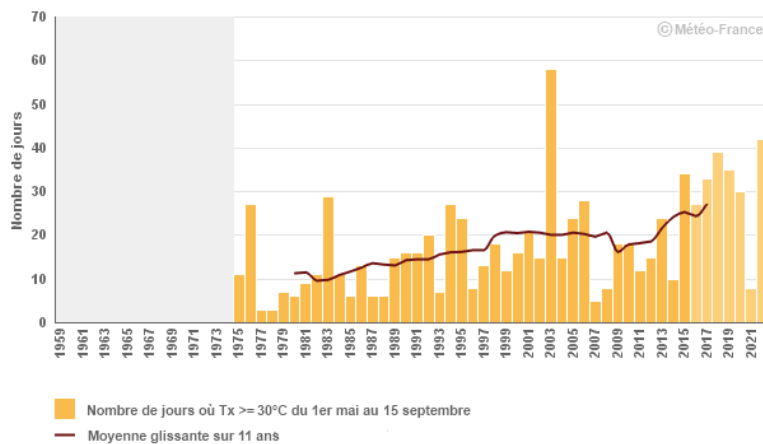


📈 Évolution observée

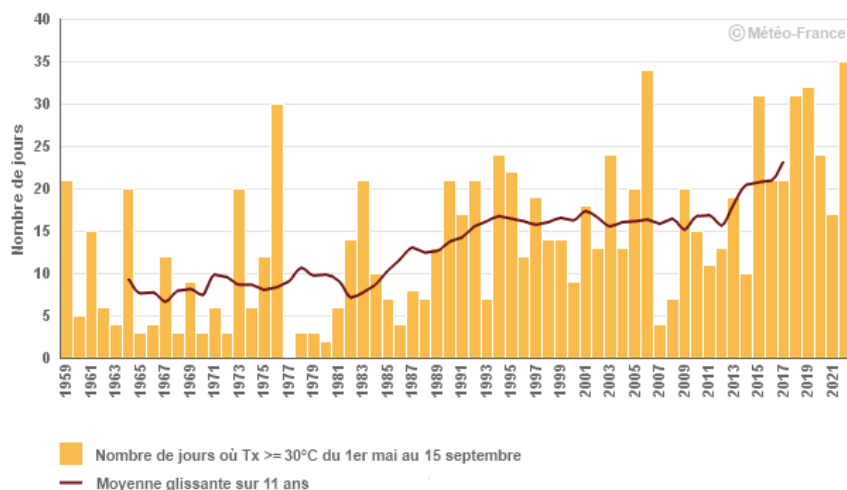
Nombre de jours où la température maximale journalière $\geq 30^{\circ}\text{C}$ du 1er mai au 15 septembre
Dijon-Longvic



Nombre de jours où la température maximale journalière $\geq 30^{\circ}\text{C}$ du 1er mai au 15 septembre
Combeaufontaine



Nombre de jours où la température maximale journalière $\geq 30^{\circ}\text{C}$ du 1er mai au 15 septembre
Sens





Nombre de jours chauds $\geq 30^{\circ}\text{C}$ du 01/05 au 15/09 – Remplissage des grains

Analyse

Les températures élevées, si elles se situent pendant le remplissage des grains, ont des répercussions physiologiques (concurrence entre photosynthèse et photorespiration, accroissement de la respiration nocturne, fermeture stomatique) appelées « échaudage thermique », qui pénalise le rendement. Ce phénomène existe, en particulier chez le blé. Pour les céréales à paille, on considère que ces mécanismes préjudiciables à la production se manifestent à partir de 25°C (Brisson et al. 2010).

La température d'échaudage thermique pour le blé tendre est la même que celle des journées estivales (voir « Nombre de jours estivaux »).

Les céréales à paille subissent de plus en plus de jours à risque en phase de remplissage des grains et devront certainement faire face à une hausse de ces jours avec le réchauffement annoncé. Arvalis annonce que l'augmentation de ce stress thermique est l'une des causes principales de la stagnation des rendements de blé en France (source Arvalis).

En théorie, le réchauffement climatique entraînera une accélération des cycles végétatifs qui permettra d'esquiver partiellement ces jours échaudant supplémentaires, atténuant ainsi en partie les effets négatifs sur le rendement. Deux voies d'adaptation apparaissent alors : l'avancement des dates de semis (mais cela pose des problèmes d'augmentation du salissement par les adventices des parcelles et du risque de transmission de la JNO par les pucerons) et l'amélioration variétale orientée vers le raccourcissement des cycles et la tolérance aux températures élevées.

A RETENIR

Au cours des 63 dernières années, le nombre moyen de jours échaudants entre le 01/05 et le 15/09 :

- est passé, en moyenne sur des périodes de 20 ans, **de 9,85 jours** dans les années « 1970 » à **11,15 jours** dans les années « 1990 », puis à **20,8 jours** dans les années « 2010 », à **Dijon-Longvic**,
- est passé, en moyenne sur des périodes de 20 ans, **de 8,55 jours** dans les années « 1970 » à **13,15 jours** dans les années « 1990 », puis à **19,21 jours** dans les années « 2010 », à **Sens**.

Le nombre de jours supérieur à 30°C sur cette période a plus que doublé en 63 ans.

L'évolution tendancielle constatée (ajustement linéaire) sur l'ensemble de la période étudiée est de :

- **Combeau Fontaine**, période 1975 -2022, **+ 4,08 jours / décennie**,
- **Dijon-Longvic**, période 1959-2022, **+ 2,67 jours / décennie**,
- **Sens**, période 1959-2022, **+ 2,57 jours / décennie**.

Même si des adaptations tels que les choix variétaux ou l'avancée des dates de semis pourraient être envisagées, l'augmentation rapide du nombre de jours échaudants observée est inquiétante. L'augmentation de ce stress thermique serait la cause principale de la stagnation du rendement en blé depuis les années 2000 (Gate & Goache, 2010).



Pour en savoir plus

GATE F., GOUACHE D. ; 2010 – séance du 5 mai. « Les Causes du plafonnement du rendement du blé en France : d'abord une origine climatique ». Académie d'Agriculture de France.

BRISSON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.



Date de franchissement des 950 °C base 0 initiée au 15/04 - Date de floraison du Maïs



Nature et source des données

SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France
+ données brutes jusqu'en 2022.



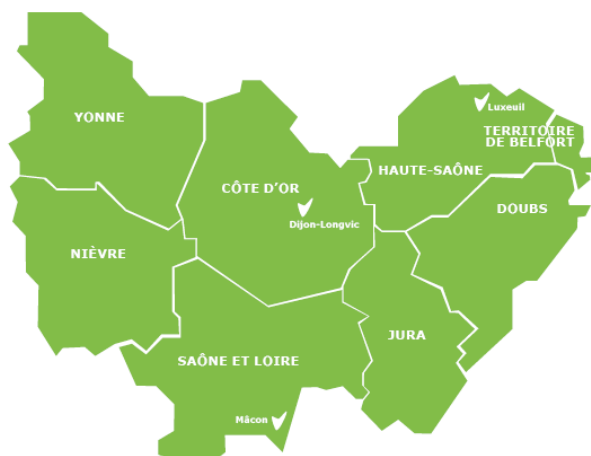
Indicateur 3

Saint Sauveur (70) 1985-2022
Dijon-Longvic (21) 1983-2022
Mâcon (71) 1959-2022



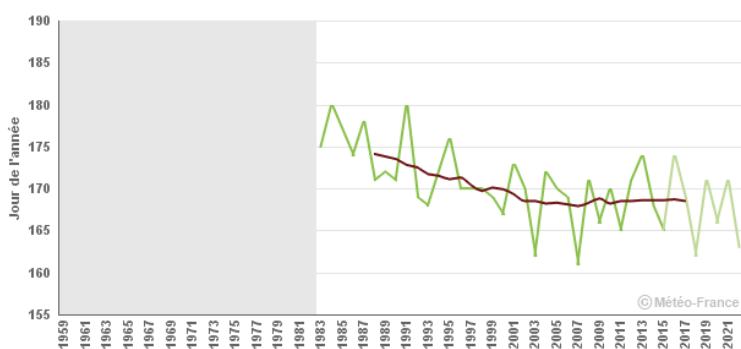
Calcul de l'indicateur

Date de franchissement du seuil 950°CJ par une somme des températures moyennes journalières base 0°C, initialisée au 15 avril.



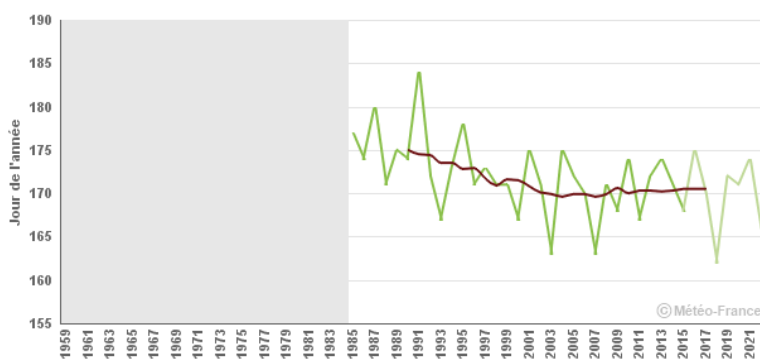
Évolution observée

Date de franchissement de 950°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 15 avril
Dijon-Longvic



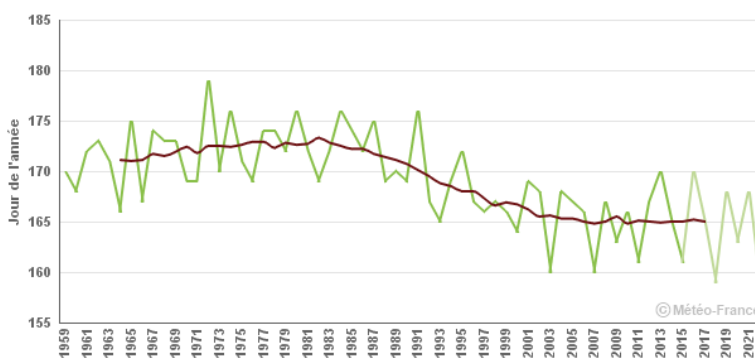
— Date de franchissement de 950°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 15/04
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 950°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 15 avril
Luxeuil



— Date de franchissement de 950°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 15/04
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 950°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 15 avril
Mâcon



— Date de franchissement de 950°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 15/04
— Moyenne glissante sur 11 ans



Date de franchissement des 950 °C base 0 initiée au 15/04 - Date de floraison du Maïs



Analyse

L'évolution tendancielle constatée (ajustement linéaire) sur l'ensemble de la période étudiée est de :

- **Dijon-Longvic**, période 1983 – 2022 : - **8,66 Jours** en 39 ans ($P < 0,001$)
- **Saint Sauveur**, période 1985 – 2022 : - **6,44 Jours** en 37 ans ($P < 0,001$)
- **Mâcon**, période 1959 – 2022 : - **9,76 Jours** en 63 ans ($P < 0,001$)

La variabilité interannuelle est importante pour toutes les stations.

La date de franchissement des 950°CJ correspondant à la floraison du maïs (pour des variétés ½ précoce denté- G3) avance dans les trois stations. Les deux stations étudiées sur environ 40 ans présentent une avancée d'environ 2,22 jours/décennie pour Dijon et 1,74 jours pour Saint Sauveur.

La station de Mâcon présente une avancée de **-1,55 jours/décennie**.

Cet avancement de la date cause une floraison précoce du maïs et un avancement du cycle de celui-ci.



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.



Date de franchissement des 1500 °CJ base 6 initiée au 15/04 - Date de récolte du maïs ensilage

🔑 Nature et source des données

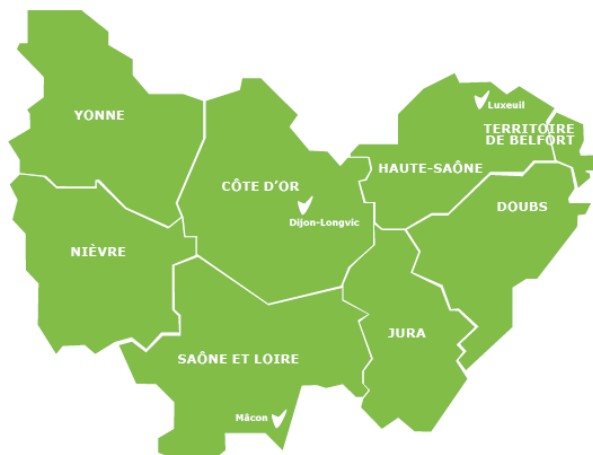
SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France
+ données brutes jusqu'en 2022.

🕒 Indicateur 4

Saint Sauveur (70) 1985-2015
Dijon-Longvic (21) 1983-2015
Mâcon (71) 1959-2015

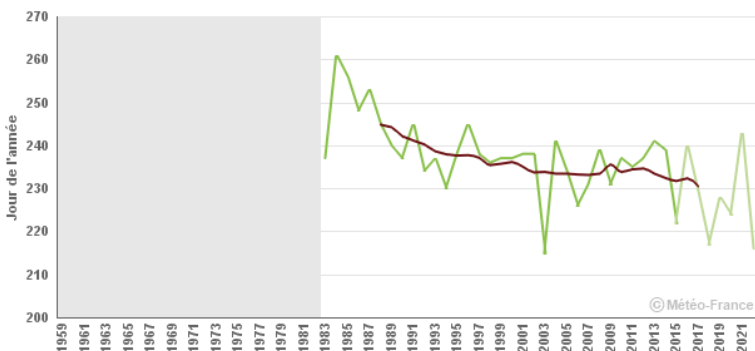
📊 Calcul de l'indicateur

Date de franchissement du seuil 1500°CJ par une somme des températures moyennes journalières base 6°C, initialisée au 15 avril.



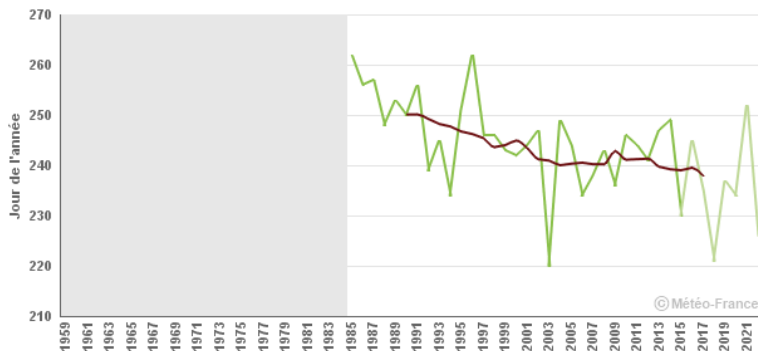
📈 Évolution observée

Date de franchissement de 1500°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15 avril
Dijon-Longvic



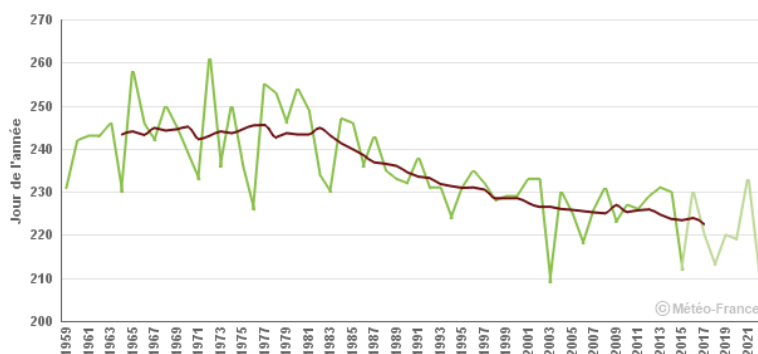
— Date de franchissement de 1500°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15/04
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 1500°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15 avril
Luxeuil



— Date de franchissement de 1500°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15/04
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 1500°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15 avril
Mâcon



— Date de franchissement de 1500°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15/04
— Moyenne glissante sur 11 ans



Date de franchissement des 1500 °CJ base 6 initiée au 15/04 - Date de récolte du maïs ensilage (variété demi-précoce – S2)



Analyse

L'évolution tendancielle constatée (ajustement linéaire) sur l'ensemble de la période étudiée est de :

- **Dijon-Longvic**, période 1983-2022 : - **19,97 Jours** en 39 ans ($P < 0,001$)
- **Saint Sauveur**, période 1985-2022 : - **18,87 Jours** en 37 ans ($P < 0,001$)
- **Mâcon**, période 1959-2022 : - **27,9 Jours** en 63 ans ($P < 0,001$)

La variabilité interannuelle est moyenne ($R^2 > 0,3$) pour toutes les stations.

De même que pour la floraison, une tendance à la diminution de la période de récolte du maïs ensilage est observable. Sur les trois stations on constate en moyenne une avancée d'environ 5 jours/décennie.

Cet avancement de la date de récolte du maïs ensilage présente des risques car la période de remplissage des grains est raccourcie et elle est décalée à une période plus sèche et chaude. De plus la récolte se fera dans une période plus précoce, beaucoup plus chaude et le stade optimum de récolte (32 à 35 % de MS) sera plus réduit, avec le risque de récolter des fourrages trop secs.



Pour en savoir plus

BRISSEON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

2 AGROCLIMAT



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatique



Date de franchissement des 1800 °C base 6 initiée au 15/04 - Date de récolte du maïs grain (variété ½ précoce – G2)

🔑 Nature et source des données

SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France
+ données brutes jusqu'en 2022.

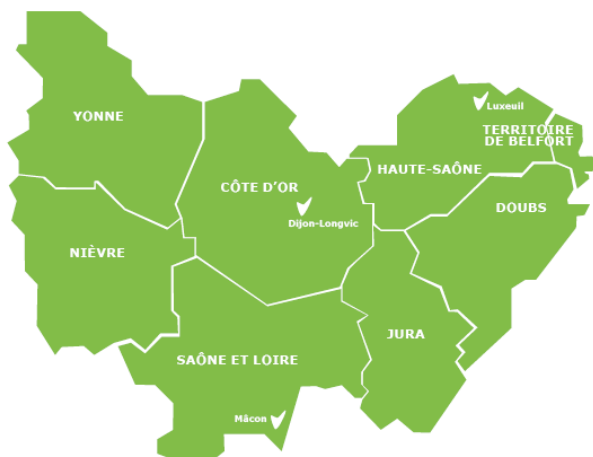
🕒 Indicateur 5

Saint Sauveur (70) 1985-2022
Dijon-Longvic (21) 1983-2022
Mâcon (71) 1959-2022

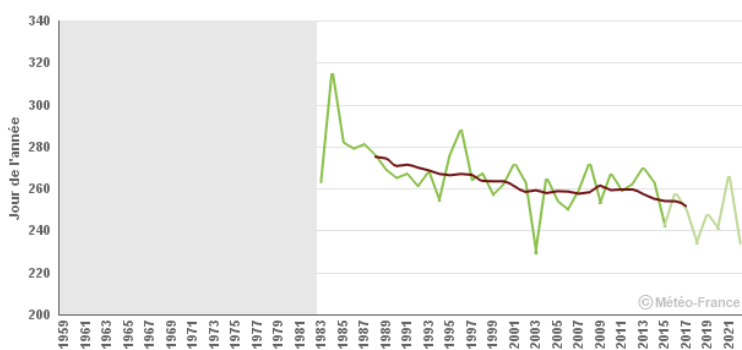
📊 Calcul de l'indicateur

Date de franchissement du seuil 1800°CJ par une somme des températures moyennes journalières base 6°C, initialisée au 15 avril.

📈 Évolution observée



Date de franchissement de 1800°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15 avril
Dijon-Longvic



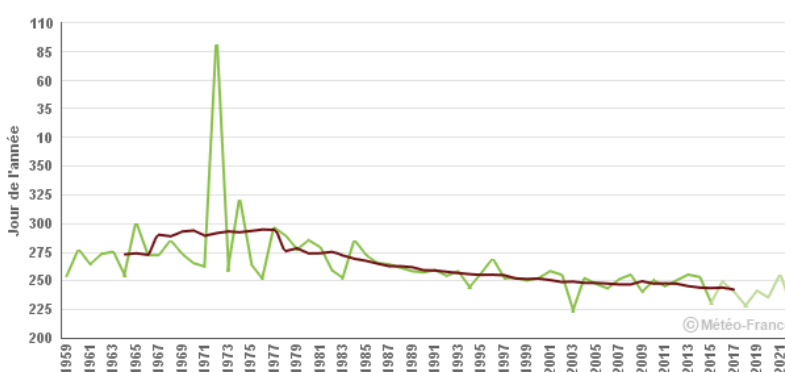
— Date de franchissement de 1800°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15/04
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 1800°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15 avril
Luxeuil



— Date de franchissement de 1800°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15/04
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 1800°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15 avril
Mâcon



— Date de franchissement de 1800°CJ de la somme de température base 6°C, à partir du 15/04
— Moyenne glissante sur 11 ans



Date de franchissement des 1800 °C base 6 initiée au 15/04 - Date de récolte du maïs grain (variété ½ précoce – G2)



Analyse

L'évolution tendancielle constatée (ajustement linéaire) sur l'ensemble de la période étudiée est de :

- **Dijon-Longvic**, période 1983-2022 : - **33,15 Jours** en 39 ans (P < 0,001)
- **Saint Sauveur**, période 1985-2022 : - **41,44 Jours** en 37 ans (NS)
- **Mâcon**, période 1959-2022 : - **51,28 Jours** en 63 ans (P < 0,001)

La variabilité interannuelle est importante pour toutes les stations.

Le franchissement du seuil de température correspondant à la date de récolte du maïs grain est le plus avancé des trois seuils étudiés pour le maïs. Les stations de Dijon-Longvic et Mâcon présentent une avancée d'environ 8 jours/décennie et Saint Sauveur une avancée d'environ 11 jours/décennie.

Cet avancement de la date de récolte du maïs grain présente des risques car la période de remplissage des grains est raccourcie et elle est décalée à une période plus sèche et chaude. Toutefois, ce réchauffement du climat permettra de faire des récoltes plus sèches et de limiter voir supprimer les frais de séchage comme on a pu l'observer en 2020,2022 et 2023.

A RETENIR - Maïs

L'ensemble du calendrier phénologique du maïs est impacté par l'augmentation des températures. En effet, on observe une tendance à l'avancement pour les trois dates étudiées (floraison, récolte maïs ensilage, récolte maïs grain). La date de récolte du maïs grain présente l'avancée la plus élevée.

Cette tendance a pour conséquence le raccourcissement de la période de remplissage des grains et le décalage de celle-ci en période plus sèche et chaude. Ces changements peuvent avoir des impacts sur la production, des formes d'adaptations sont donc possible pour réduire ces impacts (consulter la fiche adaptation Grande culture).



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

2 AGROCLIMAT



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatique



Nombre de jours de gel de printemps

🔑 Nature et source des données

Données fournies par Météo France

SH : série homogénéisée
+ données brutes jusqu'en 2022.

Mâcon (71) 1959-2022
Aillevillers (70) 1985-2022
Dole (39) 1989-2022

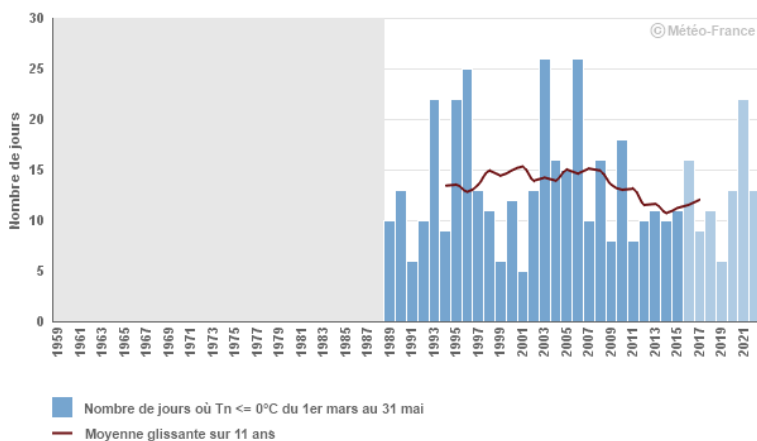
📊 Calcul de l'indicateur 6

Nombre de jours où la température minimale journalière est inférieure ou égale à 0 °C du 1er mars au 31 mai.

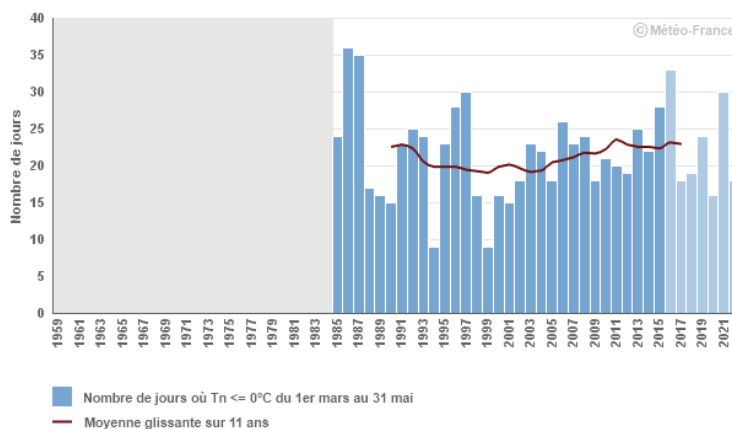


📈 Évolution observée

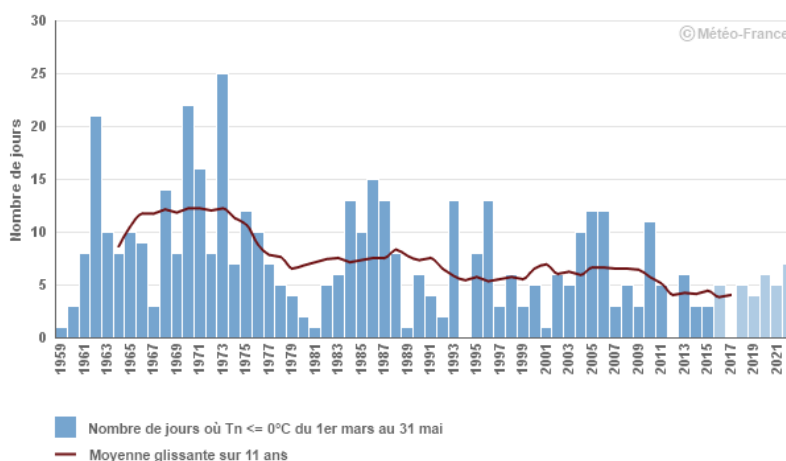
Nombre de jours de gel du 1er mars au 31 mai
Dole



Nombre de jours de gel du 1er mars au 31 mai
Aillevillers



Nombre de jours de gel du 1er mars au 31 mai
Mâcon





Nombre de jour de gel de printemps



Analyse

L'évolution du nombre de jours de gel du 1^{er} mars au 31 mai montre que :

Les tendances saisonnières (ajustement linéaire) observées sur les périodes d'étude sont de :

- **1,02 j par décennie à Mâcon** ($P < 0,001$) soit - 6,426 j en 63 ans ;
- **1,51 j par décennie à Aillevillers** (NS) ;
- **0,32 j par décennie à Dole** (NS) ;

La station de Mâcon montre une tendance à la baisse du nombre de jours de gel sur les mois de mars à mai. Les stations d'Aillevillers et de Dole montrent une tendance non significative.

De très importantes variations interannuelles dans le nombre de jours de gel de mars à mai sont observées dans les 3 stations ($R^2 < 0,1$).

A RETENIR

Le nombre de jours de gel du 1^{er} mars au 31 mai est en diminution significative sur 1 station sur 3 étudiées dans la région Bourgogne-Franche-Comté.

Malgré cette tendance, l'avancement des stades phénologiques des cultures et la forte variation interannuelle du nombre de gelées font que le risque de gel reste une problématique pour les cultures de raisins, de cerises et pour les cultures de printemps.



Indice de WINKLER



Nature et source des données

SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France
+ données brutes jusqu'en 2022.



Indicateur 7.1

Mâcon (71) 1959-2022
Chatillon-sur-Seine (21) 1959-2022



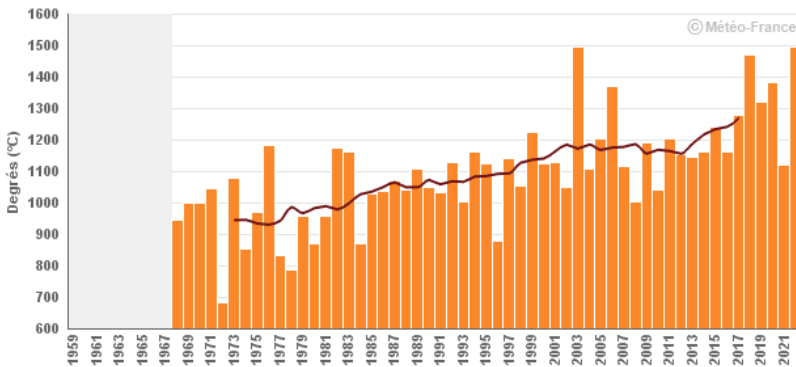
Calcul de l'indicateur.

Cumul des températures moyennes journalières à partir de la base de 10 °C (zéro de végétation de la vigne) pour la période du 1^{er} avril au 31 octobre.
L'indice de Winkler est basé sur le principe des degrés-jours de croissance, il calcule la somme des températures moyennes journalières au-dessus de 10 °C, sur une période de sept mois. Il estime ainsi le potentiel thermique d'une région viticole.



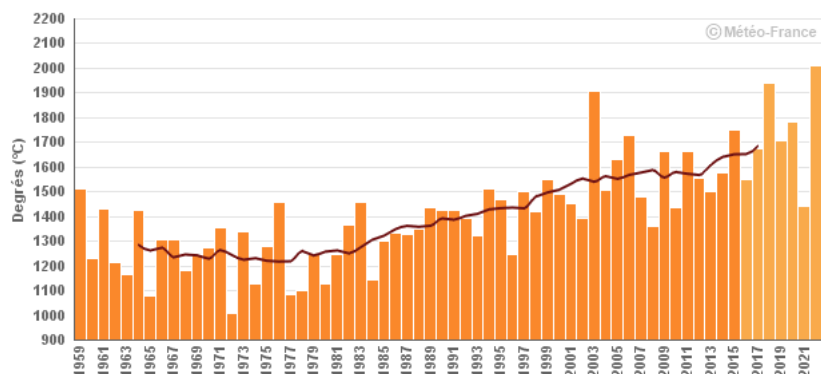
Évolution observée

Somme des températures moyennes base 10°C du 1er avril au 31 octobre
Chatillon-sur-Seine



■ Somme des températures moyennes journalières base 10°C du 1er avril au 31 octobre
— Moyenne glissante sur 11 ans

Somme des températures moyennes base 10°C du 1er avril au 31 octobre
Mâcon



■ Somme des températures moyennes journalières base 10°C du 1er avril au 31 octobre
— Moyenne glissante sur 11 ans



Indice de WINKLER



Analyse

L'évolution de l'indice de Winkler pour les stations de Bourgogne-Franche-Comté sur les différentes périodes allant de 1959 à 2022 montre que :

- Les tendances observées sur les périodes d'étude sont de :
+ 526,87 °CJ à Mâcon, en 63 ans (P < 0,001) ;
+ 368,8 °CJ à Châtillon-sur-Seine, en 63 ans (P < 0,001) ;
- Les tendances sont significatives sur les deux stations.



Indicateur 7.2 : Classes des indices de Winkler

Série de 1959 à 2022 sur la station de Mâcon



Calcul de l'indicateur

Classement des indices de Winkler selon les classes climatiques (défini par Winkler et al. 1974) pour différentes moyennes trentennaires (1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010)



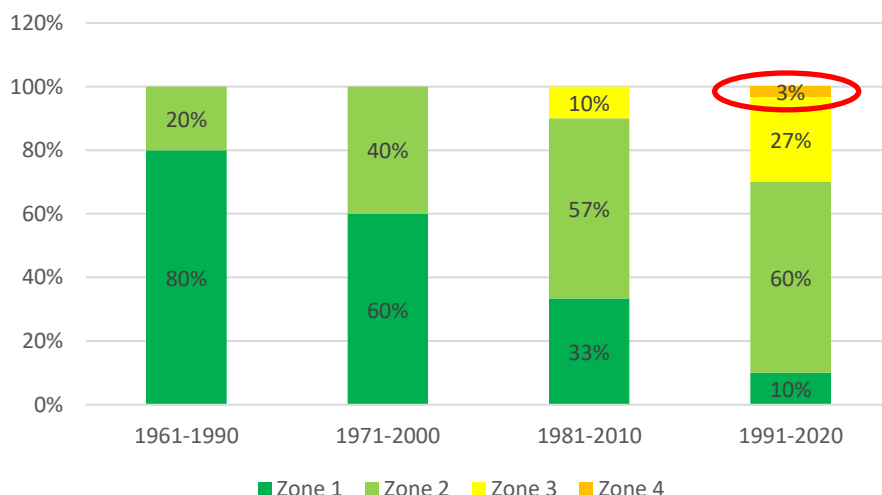
Évolution observée des classes des Indices de Winkler

- En abscisse : Période trentenaire
- En ordonnée : Pourcentage

L'indice de Winkler est classé en 5 zones climatiques selon le tableau ci-dessous :

Zone	°C.jours	Exemples : Villes (Pays)
5	$x \geq 2205$	Jerez (E), Hunter (Aus), Palerme (I), Fresno (USA)
4	$1927 \leq x < 2205$	Venise (I), Mendoza (Arg), Stellenbosch (RSA)
3	$1650 \leq x < 1926$	Montpellier (F) , Milan (I), Porto (P), Napa (USA)
2	$1371 \leq x < 1649$	Rioja (E), Côtes du Rhône (F) , Barolo (I), Santiago (C)
1	$x < 1371$	Geisenheim (D), Champagne (F) , Dijon, (F) , Bordeaux (F)

Charnay Les Mâcon





Indice de WINKLER



Analyse

Ainsi, même si le nombre de jours de gel annuel diminue sensiblement, l'évolution de la date de dernière gelée n'a pas de tendance claire. La forte augmentation de l'indice de Winkler entraîne une avancée de la date de débourrement de la vigne, ce qui a pour conséquence de maintenir le risque de gel à ce stade phénologique critique.

A RETENIR

L'indice de Winkler est en augmentation significative sur les deux stations de Bourgogne-Franche-Comté entre 1959 et 2022.

A Mâcon, la zone 1 de Winkler ($IW < 1371$ °C.J) apparaissait 8 années sur 10 sur la période 1961-1990 et 6 années sur 10 sur la période 1971-2000, 3 années sur 10 sur la période 1981-2010 et enfin 1 année sur 10 sur la période 1991-2020.

Il faut également noter qu'il apparaît pour la première fois la zone 4 sur la période 1991-2020.

En 2022, l'indice de Winkler était également en zone 4.

Cette hausse entraîne un avancement des stades phénologiques de la vigne. Cela s'accompagne d'un risque de gel accru, provoqué par l'avancement du débourrement et par la variabilité interannuelle du nombre de jours de gel du 1^{er} mars au 30 avril.



Pour en savoir plus

Cuccia C. Impacts du changement climatique sur la phénologie du Pinot noir en Bourgogne. Biogéosciences. Université de Bourgogne, 2013.

Neethling. E. Adaptation de la viticulture au changement climatique : vers des stratégies à haute résolution. Géographie. Université Rennes 2, 2016. Français.



Date de formation des tubercules de la Pomme de Terre

🔑 Nature et source des données

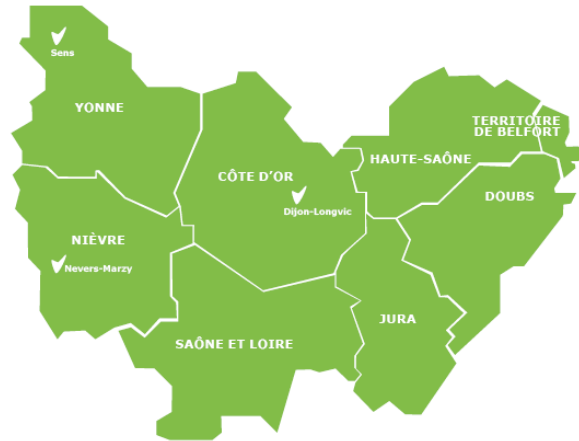
SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France
+ données brutes jusqu'en 2022.

🕒 Indicateur 8

Dijon-Longvic (21) 1983-2022
Nevers-Marzy (58) 1964-2022
Sens (89) 1959-2022

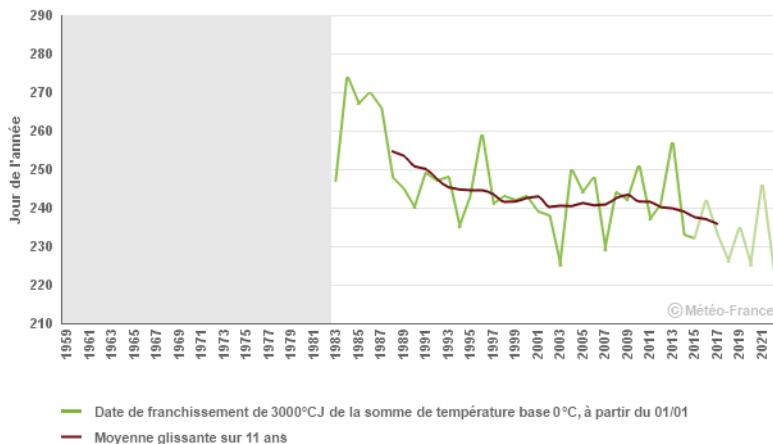
📊 Calcul de l'indicateur

Date de franchissement des 3000 °C base 0 initiée au 01/01. Cet indicateur est calculé à partir de séries quotidiennes de référence et permet de déterminer la date de formation des tubercules.

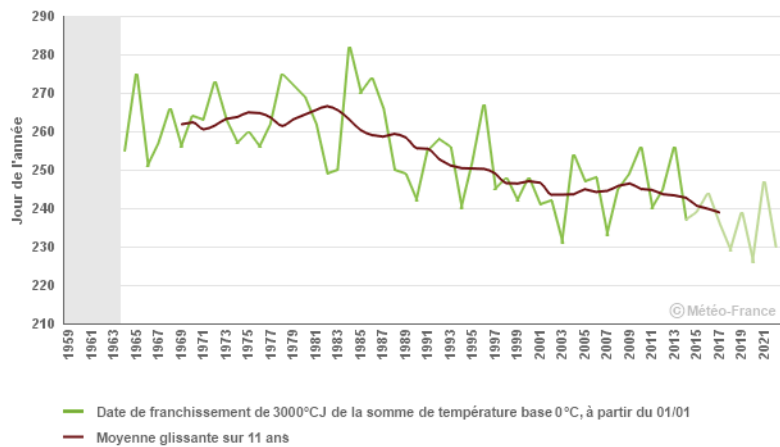


📈 Évolution observée

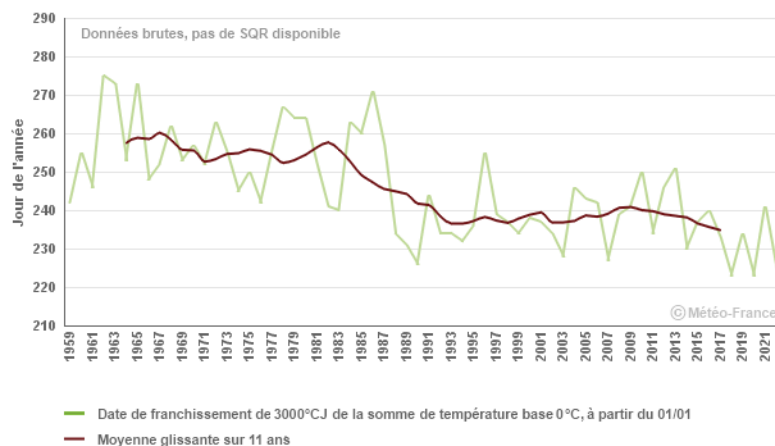
Date de franchissement de 3000°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er janvier
Dijon-Longvic



Date de franchissement de 3000°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er janvier
Nevers-Marzy



Date de franchissement de 3000°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er janvier
Sens





Date de formation des tubercules de la Pomme de Terre



Les tendances observées sur les périodes d'étude sont de :

- - **6,4 jours par décennie à Dijon-Longvic** ($P < 0,001$) soit – 24,96 jours en 39 ans ;
- - **5,3 jours par décennie à Never-Marzy** ($P < 0,001$) soit – 30,74 jours en 58 ans;
- - **4,7 jours par décennie à Sens** ($P < 0,001$) soit – 29,61 jours en 63 ans;

Deux tendances sont observables :

- Les 3 stations relatent une avancée de l'ordre de 25 à 30 jours en une cinquantaine d'années.
- La station de Never-Marzy présente une avancée de 30,74 jours en 58 ans.



Cumul de précipitations en période de tubérisation du 30/05 au 15/07

🔑 Nature et source des données

SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France
+ données brutes jusqu'en 2022.

🕒 Indicateur 9

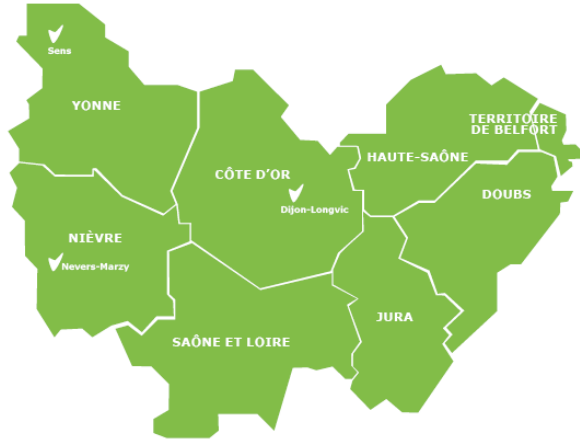
Dijon-Longvic (21) 1983-2022
Nevers-Marzy (58) 1964-2022
Saint Denis les Sens (89) 1959-2022

📊 Calcul de l'indicateur

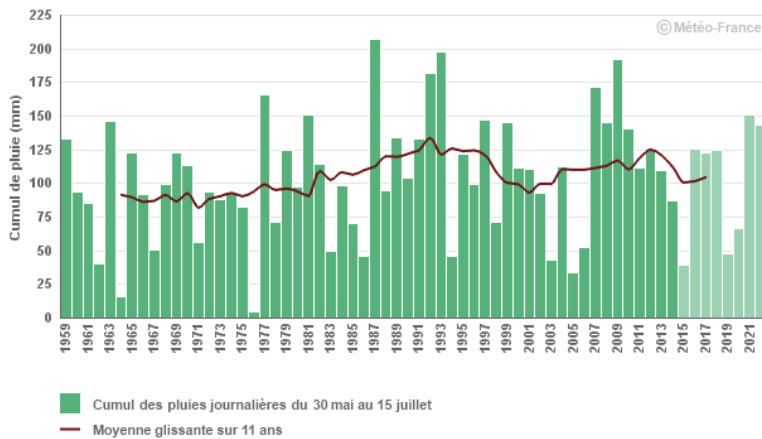
Cumul de précipitations journalier du 30 mai au 15 juillet. Cet indicateur est calculé à partir de séries quotidiennes de référence et permet d'identifier la quantité d'eau reçue par les plantes en période de tubérisation.



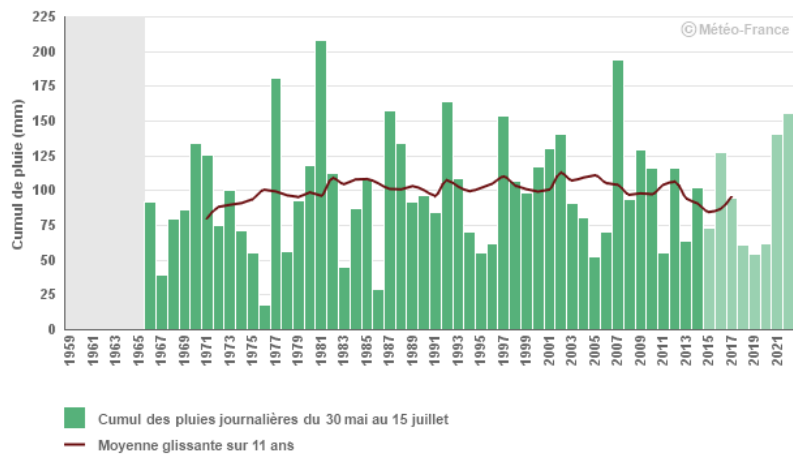
Évolution observée



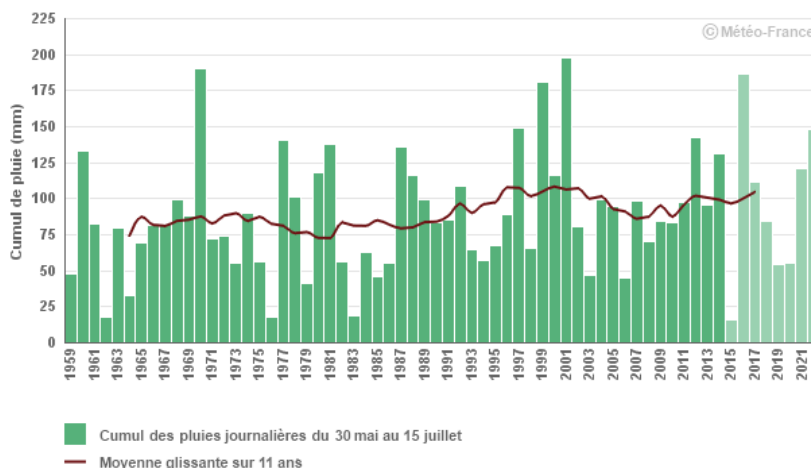
Cumul des pluies journalières du 30 mai au 15 juillet
Dijon-Longvic



Cumul des pluies journalières du 30 mai au 15 juillet
Nevers-Marzy



Cumul des pluies journalières du 30 mai au 15 juillet
Saint-Denis-lès-Sens





Cumul de précipitations en période de tubérisation



Analyse

L'évolution du cumul journalier des précipitations en Bourgogne-Franche-Comté du 30 mai au 15 juillet montre que les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble des périodes (1959-2022 / 1966-2022 / 1983-2022) sont de :

- + 4,10 mm par décennie à **Dijon-Longvic** (NS);
- + 1,79 mm par décennie à **Nevers-Marzy** (NS);
- + 4,78 mm par décennie à **Saint-Denis-les-Sens** ($P < 0,05$) soit environ + 30,114 mm en 63 ans;

Une tendance à l'augmentation est constatable sur une des stations étudiées. Elle est de l'ordre d'environ

+30 mm en 63 ans pour Saint-Denis-Les-Sens.

Globalement, le risque de manque de précipitation pendant la tubérisation semble ne pas s'être accentué. Cependant il faut relier cette donnée avec les températures plus élevées sur cette période qui augmentent l'ETP et donc le besoin en eau des plantes.



Température moyenne écrêtée à 18°C – Récolte Pomme de Terre

🔑 Nature et source des données

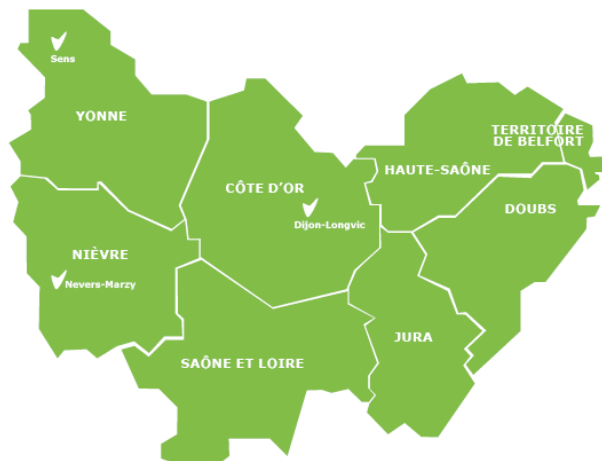
SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France
+ données brutes jusqu'en 2022.

🕒 Indicateur 10

Dijon-Longvic (21) 1983-2022
Nevers-Marzy (58) 1964-2022
Sens (89) 1959-2022

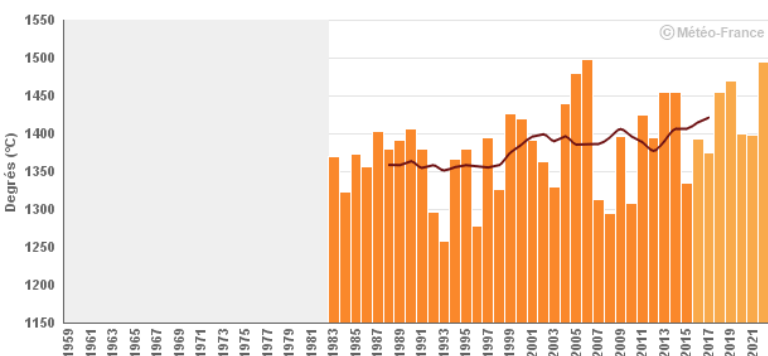
📊 Calcul de l'indicateur

Somme de températures moyennes base 0 écrêtée à 18°C du 01 août au 31 octobre. Cet indicateur est calculé à partir de séries quotidiennes de référence.



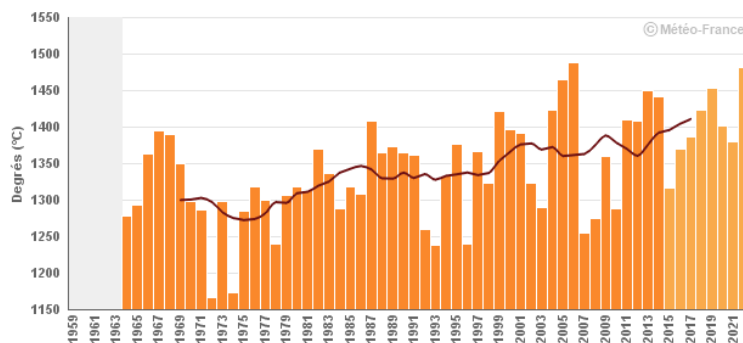
📈 Évolution observée

Somme des températures moyennes base 0°C écrêtées à 18°C du 1er août au 31 octobre
Dijon-Longvic



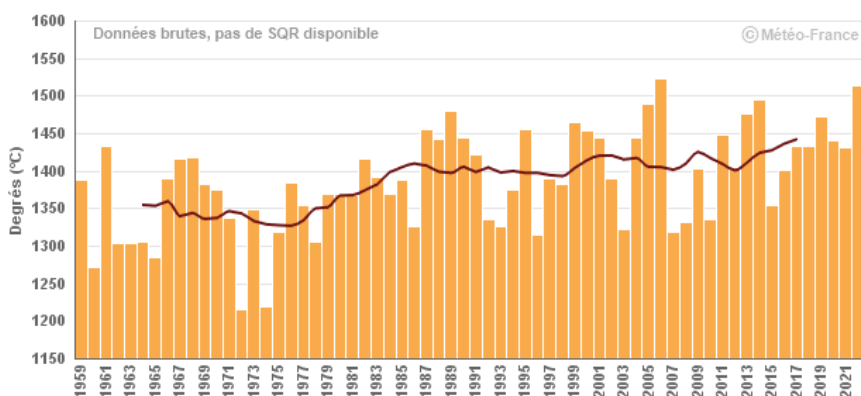
■ Somme des températures moyennes journalières base 0°C écrêtées à 18°C du 1er août au 31 octobre
— Moyenne glissante sur 11 ans

Somme des températures moyennes base 0°C écrêtées à 18°C du 1er août au 31 octobre
Nevers-Marzy



■ Somme des températures moyennes journalières base 0°C écrêtées à 18°C du 1er août au 31 octobre
— Moyenne glissante sur 11 ans

Somme des températures moyennes base 0°C écrêtées à 18°C du 1er août au 31 octobre
Sens



■ Somme des températures moyennes journalières base 0°C écrêtées à 18°C du 1er août au 31 octobre
— Moyenne glissante sur 11 ans



Température moyenne écartée à 18°C – Récolte Pomme de Terre

Analyse

Les tendances observées sur les périodes d'étude sont de :

- + 76 °CJ à Dijon-Longvic, en 39 ans ($P < 0,001$) ;
- + 121,68 °CJ à Nevers-Marzy, en 58 ans ($P < 0,001$) ;
- + 117,24 °CJ à Sens, en 63 ans ($P < 0,001$) ;

La variabilité inter annuelle est très importante ($0,15 < R < 0,26$) pour les 3 stations.

A RETENIR – Pomme de Terre

Des désordres physiologiques surviennent sur les tubercules notamment lors des sécheresses pendant la tubérisation et lorsque les températures sont élevées pendant la récolte.

Ainsi, on peut observer des tubercules déformés, avec des excroissances ou en "diabolo". Ceci est lié à l'alternance de périodes de croissance et de non-croissance au cours du cycle végétatif.

Le stress des fortes températures et du manque d'eau stoppe la tubérisation et lors de la reprise de la croissance avec les pluies, les tubercules deviennent difformes.

L'augmentation de la température en période de récolte peut également causer un assèchement du sol et rendre difficile l'extraction des tubercules.

Par ailleurs, la récolte doit se faire de préférence par temps frais pour limiter les problèmes de conservation lors du stockage et le développement de maladies. Enfin, la chaleur en cours de stockage impacte fortement sur la durée de conservation des tubercules. Ainsi, le recours à des installations de ventilation voire des systèmes frigorifiques devient une nécessité dans de nombreuses zones.

2 AGROCLIMAT



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE



Date de franchissement des 300 °C J base 0 initiée au 01/02 - Date de mise à l'herbe



Nature et source des données

SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France
+ données brutes jusqu'en 2022.



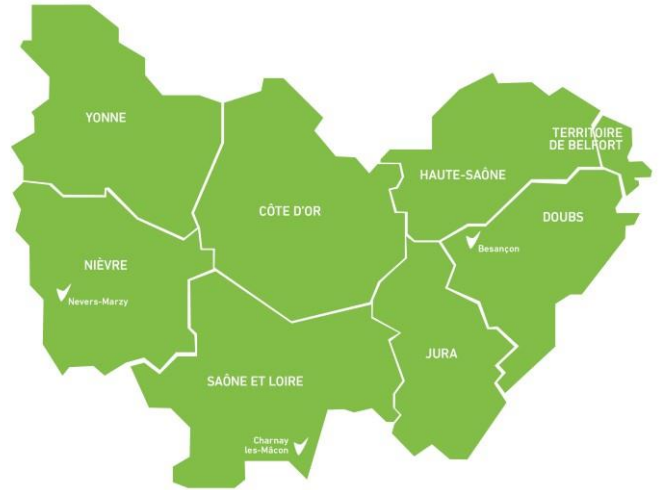
Indicateur 11

Mâcon (71) 1959-2022
Nevers-Marzy (58) 1964-2022
Besançon (25) 1959-2022



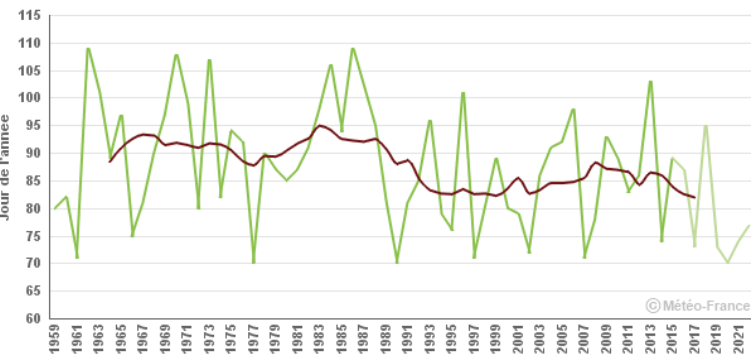
Calcul de l'indicateur.

Date de franchissement des 300 °C base 0 initiée au 01/02. Cet indicateur est calculé à partir de séries quotidiennes de référence.



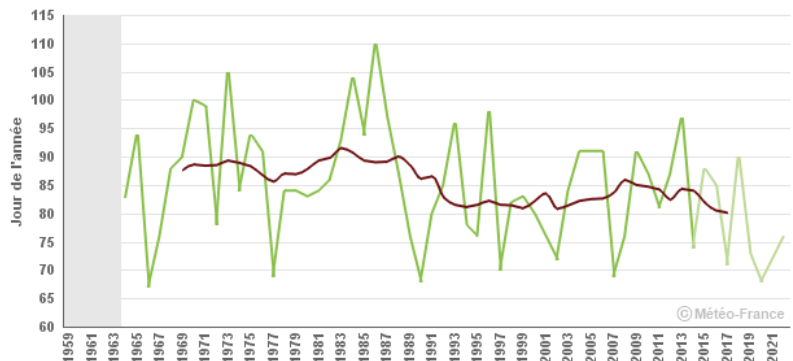
Évolution observée

Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
Besançon



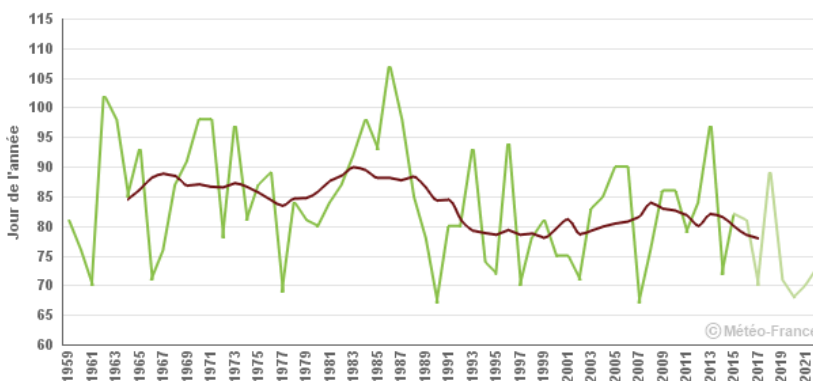
— Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/02
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
Nevers-Marzy



— Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/02
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
Mâcon



— Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/02
— Moyenne glissante sur 11 ans



Date de franchissement des 300 °C J base 0 initiée au 01/02 - Date de mise à l'herbe



L'évolution de la date de mise à l'herbe dans les 3 stations étudiées depuis 1959 (1964 pour Nevers-Marzy) montre que :

- Les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période d'étude (1959-2022) sont de :
 - **1,69 jours par décennie à Mâcon** ($P < 0,001$) soit – 10,65 jours en 63 ans ;
 - **1,68 jours par décennie à Nevers-Marzy** ($P < 0,05$) soit – 10,58 jours en 63 ans ;
 - **1,70 jours par décennie à Besançon** ($P < 0,01$) soit – 10,71 jours en 63 ans ;
- De très fortes variations interannuelles de la date de mise à l'herbe sont observées ($R^2 < 0,1$).

Avec l'augmentation de la température moyenne au printemps (voir «Température moyenne saisonnière») il est logique de penser que la reprise de l'herbe démarrera plus tôt et donc que la date de mise à l'herbe sera avancée. C'est ce qui est observé de manière significative sur les 3 stations avec un gain de plus de 10 jours en 63 ans.

De plus, la très grande variabilité des résultats reflète la variabilité interannuelle de la température.

Cet avancement de la mise à l'herbe impacte la gestion du pâturage et la conduite des troupeaux en interagissant avec :

- la portance qui peut être insuffisante si les sols ne sont pas ressuyés (déprimage pénalisé) ;
- le choix des espèces cultivées pour favoriser la qualité fourragère ;
- l'avancement des dates de mise bas pour les bovins allaitants (reproduction à la mise à l'herbe) ;
- la production de stock pour l'été, si la baisse de production estivale se confirme.

A RETENIR

La date de mise à l'herbe a avancé d'un peu plus de 10 jours en 63 ans sur les 3 stations. La mise à l'herbe avance donc de plus en plus et cette tendance va probablement se poursuivre au vue des scénarios de projection des températures dans le futur (Brisson & Levrault, 2010).



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

2 AGROCLIMAT



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE



Date de franchissement des 800 °CJ - Date de fauche précoce des prairies



Nature et source des données

SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France
+ données brutes jusqu'en 2022.



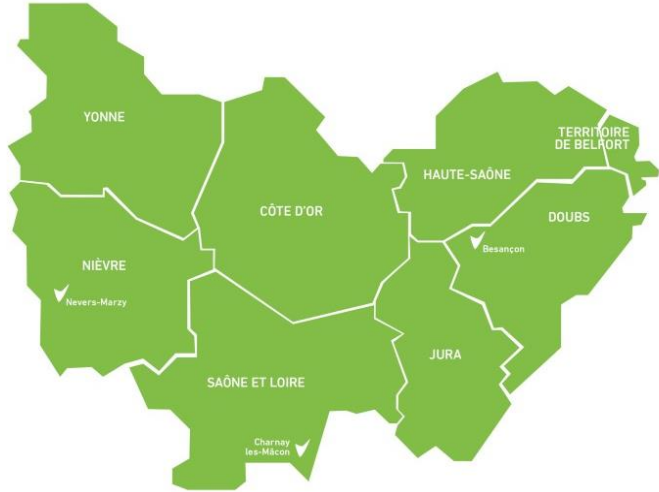
Indicateur 12

Mâcon (71) 1959-2022
Nevers-Marzy (58) 1964-2022
Besançon (25) 1959-2022



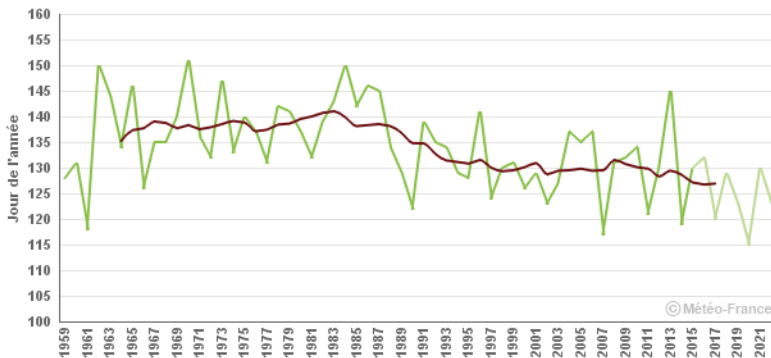
Calcul de l'indicateur.

Date de franchissement (en jours juliens) du seuil 800°CJ par une somme des températures moyennes journalières base 0°C initialisée au 01/02.



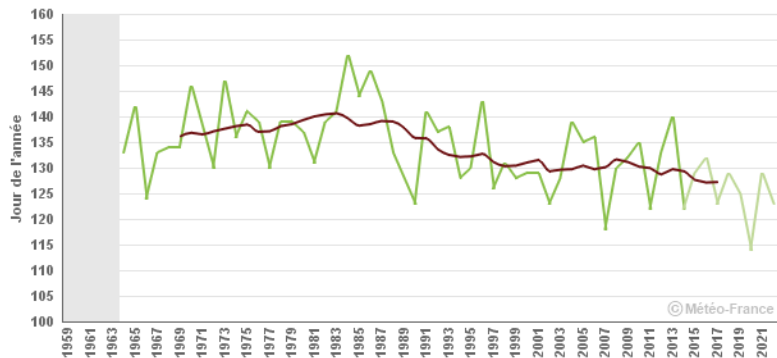
Évolution observée

Date de franchissement de 800°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
Besançon



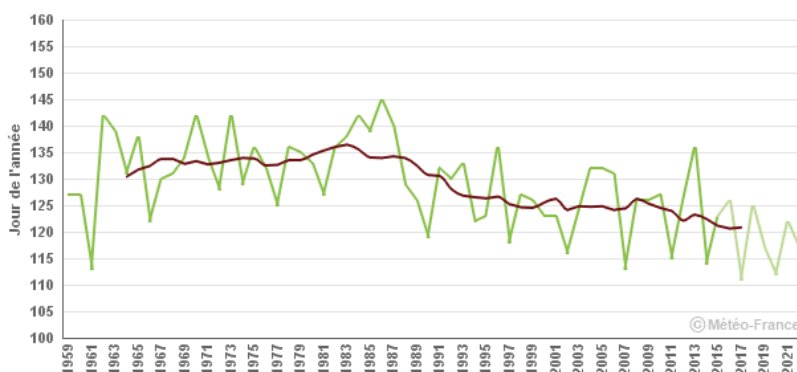
— Date de franchissement de 800°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/02
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 800°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
Nevers-Marzy



— Date de franchissement de 800°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/02
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 800°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
Mâcon



— Date de franchissement de 800°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/02
— Moyenne glissante sur 11 ans



Date de franchissement des 800 °CJ - Date de fauche précoce des prairies



L'évolution de la date de fauche précoce dans les 3 stations étudiées depuis 1959 (1964 pour Nevers-Marzy) montre que :

Les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période d'étude (1959-2022) sont de :

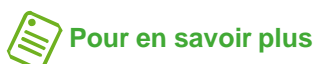
- **2,33 jours par décennie à Mâcon** ($P < 0,001$) soit $- 14,68$ jours en 63 ans ;
- **2,28 jours par décennie à Nevers-Marzy** ($P < 0,001$) soit $- 14,36$ jours en 63 ans ;
- **2,12 jours par décennie à Besançon** ($P < 0,001$) soit $- 13,36$ jours en 63 ans ;

D'importantes variations interannuelles de la date de fauche précoce sont observées ($0,2 < R^2 < 0,3$).

L'augmentation des températures (voir «Température moyenne annuelle») a pour conséquence le franchissement des seuils de température plus tôt que la norme. Une tendance à l'avancement de la date de fauche précoce d'environ 2,24 jours/décennie est observable sur les trois stations étudiées.

A RETENIR

La date de fauche précoce a avancé d'environ 2,24 jours/décennie. Il est possible que l'avancement de cette date continue si les températures restent dans une tendance à l'augmentation.



BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

2 AGROCLIMAT



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE



Date de franchissement des 1200 °CJ base 0 initiée au 01/02 - Date de récolte des foins



Nature et source des données

SH : série homogénéisée
+ données brutes jusqu'en 2022.
Données fournies par Météo France.



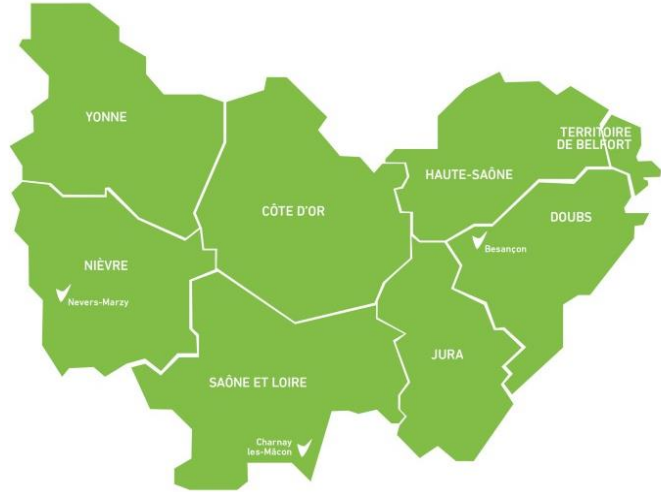
Indicateur 13

Mâcon (71) 1959-2022
Nevers-Marzy (58) 1964-2022
Besançon (25) 1959-2022



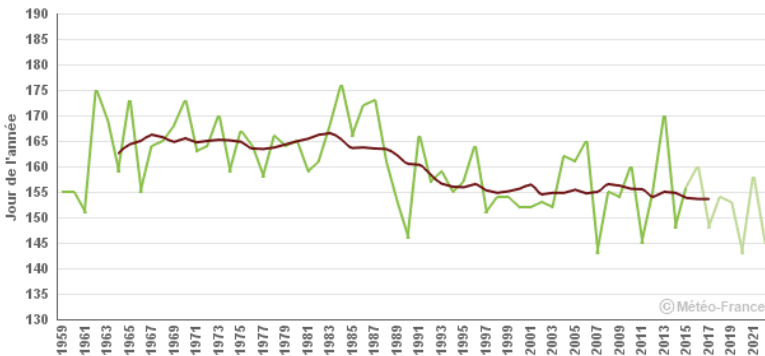
Calcul de l'indicateur.

Date de franchissement (en jours juliens) du seuil 1200°CJ par une somme des températures moyennes journalières base 0°C initialisée au 01/02.



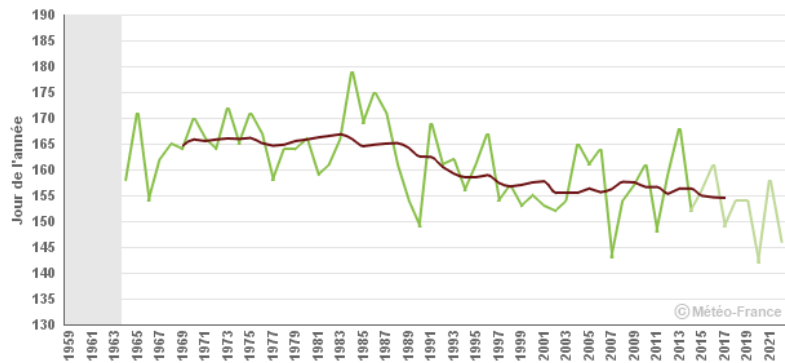
Évolution observée

Date de franchissement de 1200°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
Besançon



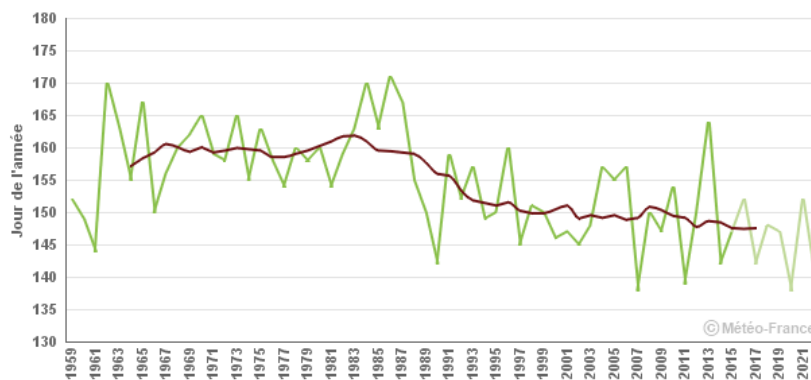
— Date de franchissement de 1200°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 1200°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
Nevers-Marzy



— Date de franchissement de 1200°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 1200°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 1er février
Mâcon



— Date de franchissement de 1200°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/02
— Moyenne glissante sur 11 ans



Date de franchissement des 1200 °CJ base 0 initiée au 01/02 - Date de récolte des foins



L'évolution de la date de récolte des foins dans les 3 stations étudiées depuis 1959 (1964 pour Nevers-Marzy) montre que :

- Les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période d'étude (1959-2022) sont de :
 - **2,42 jours par décennie à Mâcon** ($P < 0,001$) soit – 15,25 jours en 63 ans ;
 - **2,58 jours par décennie à Nevers-Marzy** ($P < 0,001$) soit – 14,96 jours en 58 ans ;
 - **2,12 jours par décennie à Besançon** ($P < 0,001$) soit – 13,36 jours en 63 ans ;

D'importantes variations interannuelles de la date de mise à l'herbe sont observées ($0,2 < R^2 < 0,3$).

De même que pour la date de fauche précoce, la date de récolte des foins est avancée. On observe un avancement d'environ 2,37 jours/décennie.

A RETENIR

La date de récolte des foins a avancé d'environ 2,4 jours/décennie. Il est possible que l'avancement de cette date continue si les températures restent dans une tendance à l'augmentation.



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

2 AGROCLIMAT



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE



Nombre de jour où $RR \leq 1$ mm entre le 01/02 et le 30/04 – Semis de printemps



Nature et source des données

SH : série homogénéisée
+ données brutes jusqu'en 2022
Données fournies par Météo France



Indicateur 14

Saint-Denis-les-Sens (89) 1959-2022
Nevers-Marzy (58) 1966-2022
Dijon Longvic (21) 1959-2022

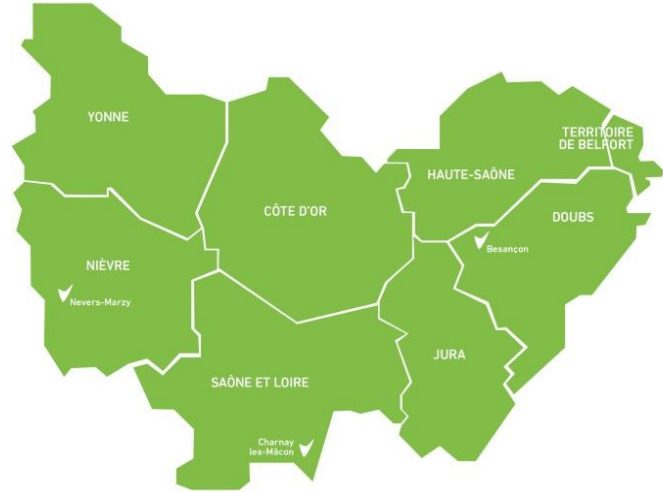


Calcul de l'indicateur

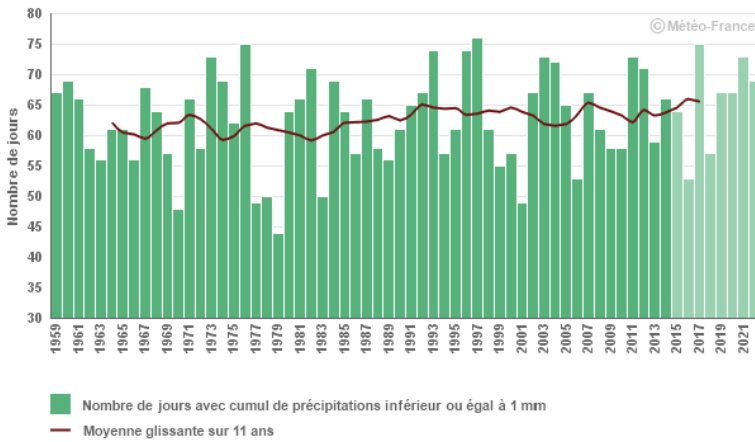
Nombre de jours sans pluie (précipitations inférieures à 1 mm) entre le 1^{er} février et le 30 avril.



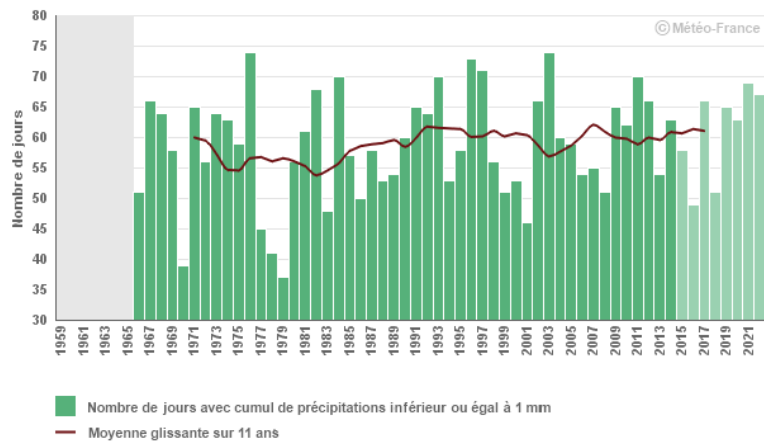
Évolution observée



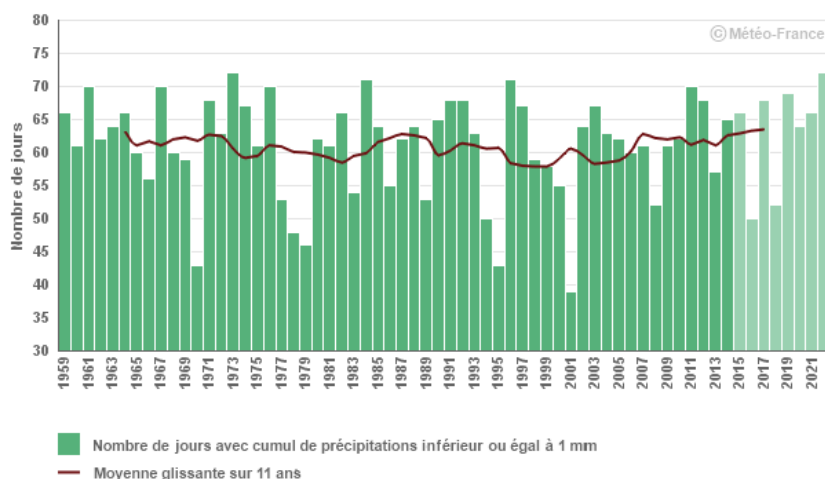
Nombre de jours sans pluie du 1er février au 30 avril
Dijon-Longvic



Nombre de jours sans pluie du 1er février au 30 avril
Nevers-Marzy



Nombre de jours sans pluie du 1er février au 30 avril
Saint-Denis-lès-Sens





Nombre de jour où $RR \leq 1$ mm entre le 01/02 et le 30/04 – Semis de printemps



Analyse

Les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période d'étude (1959-2022) sont de :

- + 0,70 jours par décennie à **Dijon Longvic** (NS)
- +1 jour par décennie à **Nevers-Marzy** (NS)
- + 0,04 jours par décennie à **Saint Denis les Sens** (NS)

La période du 1^{er} février au 30 avril est propice au travail du sol pour préparer les semis de printemps.

A RETENIR

Un semis de printemps peut être sensible à un risque de salissement et de pertes liées à une sécheresse printanière.

Globalement, même si les précipitations sont légèrement plus importantes, les sécheresses des sols pendant l'été maintiendront les sols portant au printemps suivant.

Du fait de la pluviométrie, le drainage dans certains secteurs pourrait encore se justifier.



Déficit hydrique - Cumul des précipitations - ETP du 01/04 au 30/09

🔑 Nature et source des données

SH : série homogénéisée
Données fournies par Météo France



Indicateur 16

Données spatialisées départementales



Calcul de l'indicateur

Cumul des précipitations – ETP journalière du 01/04 au 30/09.

Sur une période donnée (approximativement la période de végétation dans le cas étudié ici), la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle constitue une appréciation du degré d'aridité du climat.

Le changement climatique se traduisant par une hausse de l'évapotranspiration (liée à l'accroissement de la température) et, jusqu'à présent, une relative constance des précipitations, le déficit hydrique climatique estival a vocation à se renforcer sur le long terme, signal d'une contrainte hydrique climatique croissante.

Les précipitations et l'ETP journalière sont déterminées par combinaison d'observations et de modélisations (on parle de ré analyse) en chaque point d'une grille (un point tous les 8 km) couvrant le territoire régional. Pour chacun des points, les pluies et l'ETP journalière sont cumulées du 1^{er} avril au 30 septembre. On obtient ainsi les cumuls de précipitations et les cumuls d'ETP en chaque point de la grille. Puis, on calcule la différence entre ces deux cumuls ; ce qui délivre le déficit hydrique estival en chaque point de grille. Ensuite on calcule la moyenne départementale de cette différence pour l'ensemble des points couvrant chaque département, ce qui fournit le déficit hydrique départemental pour la période considérée. Enfin, cette succession d'opérations est répétée pour chacune des années allant de 1991 à 2022.

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

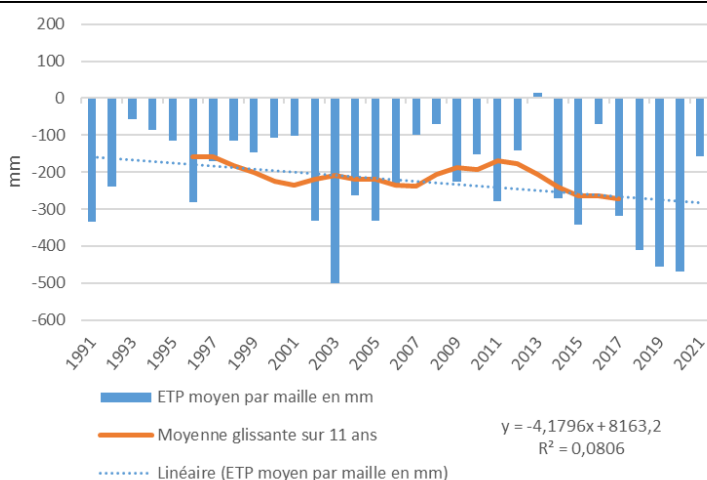
Pour rappel, pour l'ETP :

La série d'ETP fournie pour cette édition du livret correspond à la période 1991-2022. Cette nouvelle série se base sur une méthode de spatialisation de l'ETP qui respecte nettement mieux les tendances de l'ETP.

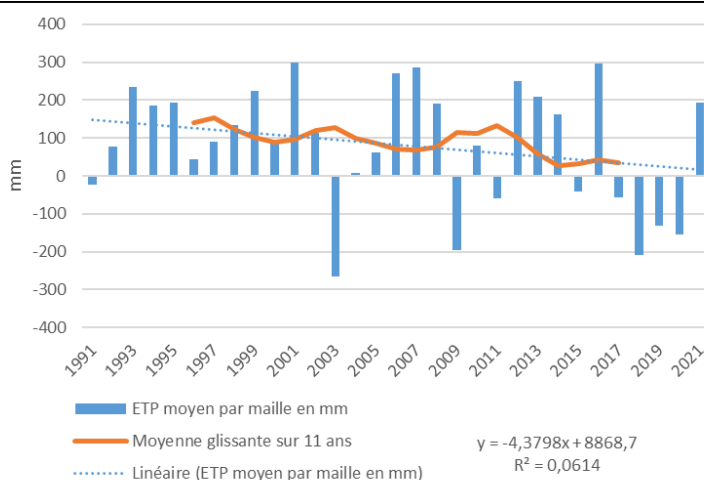


Évolution observée

Département de Côte d'Or



Département du Doubs



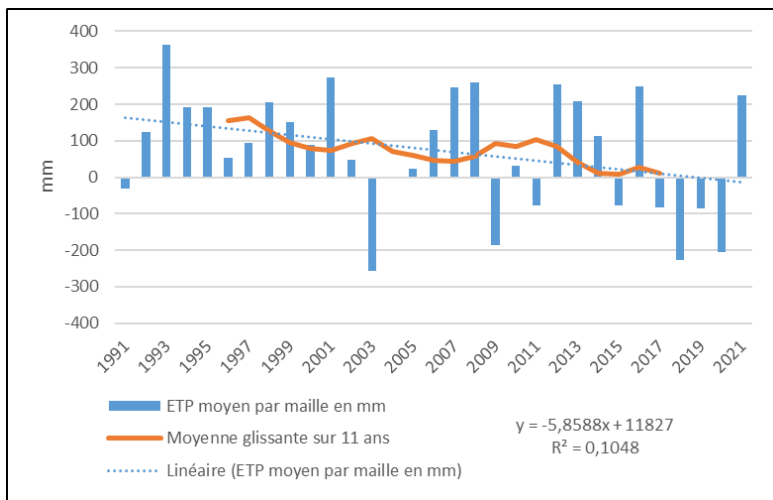


Déficit hydrique - Cumul des précipitations – ETP du 01/04 au 30/09

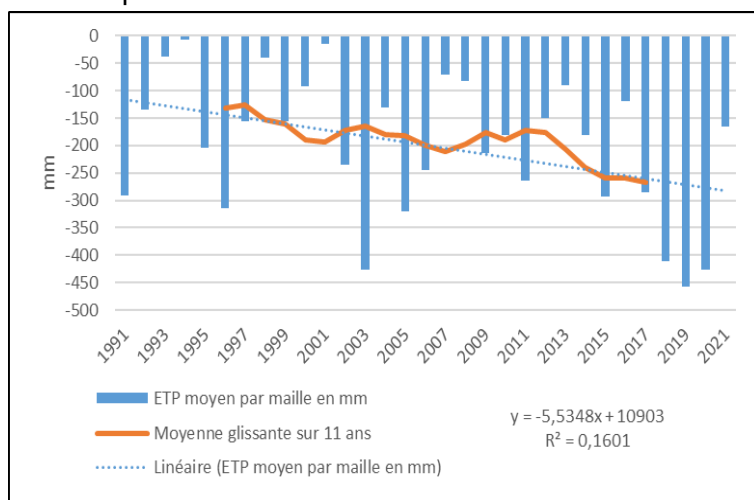


Évolution observée

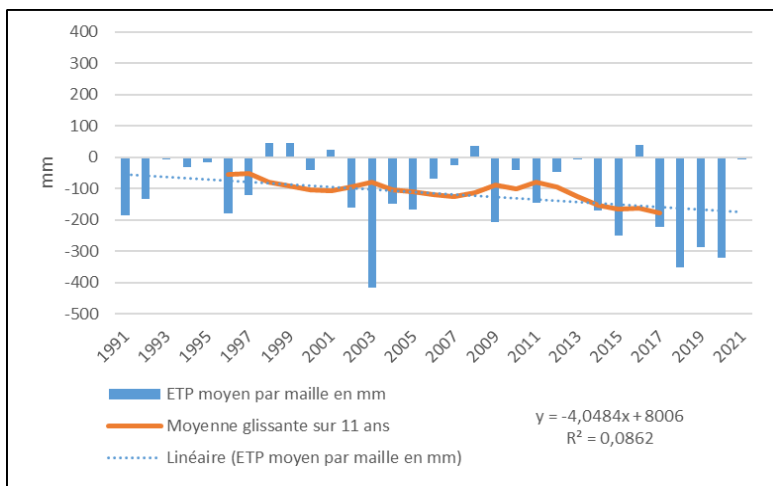
Département du Jura



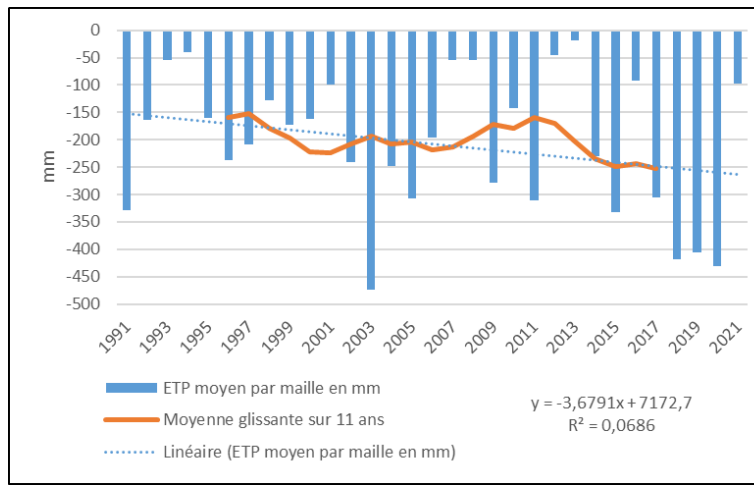
Département de la Nièvre



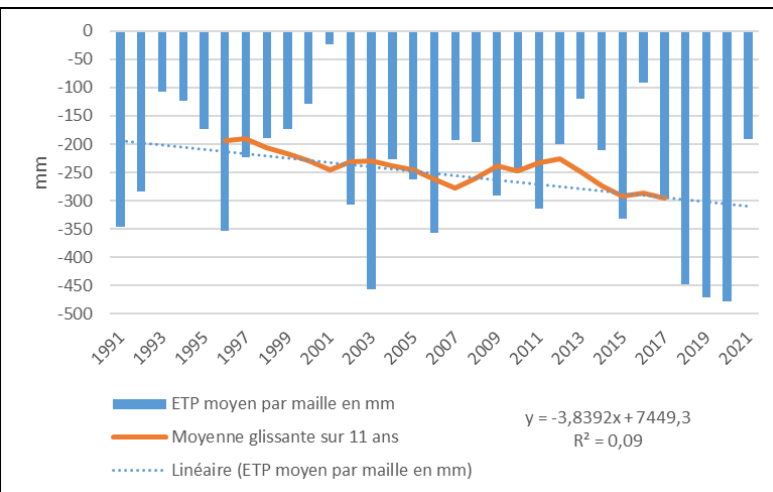
Département de Haute Saône



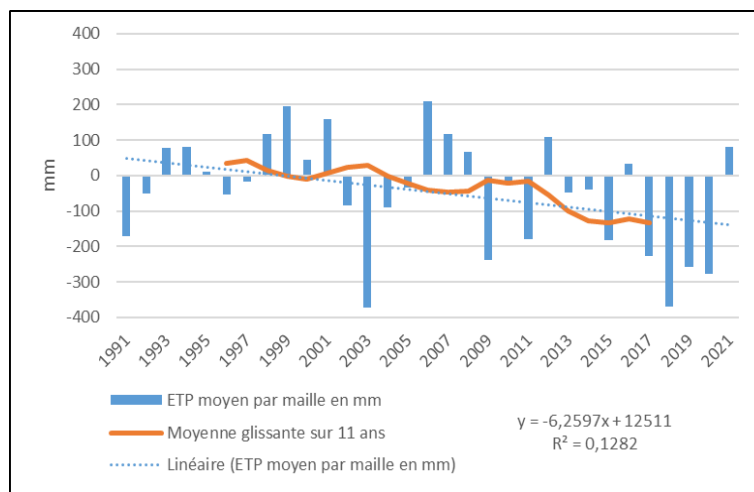
Département de la Saône et Loire



Département de l'Yonne



Département du Territoire de Belfort





Déficit hydrique - Cumul des précipitations – ETP du 01/04 au 30/09



On distingue parmi les 8 départements étudiés 2 catégories :

-La Saône-et-Loire, l'Yonne, la Nièvre, la Côte d'Or et la Haute Saône présentent un déficit hydrique quasi systématique depuis les années 1991.

-Tandis que le Doubs, le Jura et le Territoire de Belfort présentent un bilan hydrique majoritairement excédentaire. A noter que pour le Territoire de Belfort, la moyenne glissante sur 11 ans devient négative à partir des années 2010. **Attention, ce dernier point semble indiquer un durcissement du déficit hydrique pour les années à venir.**

Les tendances (ajustements linéaires) sont négatives pour tous les départements.
La variabilité interannuelle est très importante ($0,1 < R^2 < 0,2$) pour tous les départements.

Sur la période étudiée (1991 à 2022), la tendance (ajustement linéaire) s'établit à :

- **47,14 mm** par décennie pour la Côte d'Or,
- **44,46 mm** par décennie pour la Saône et Loire ;
- **59,35 mm** par décennie pour la Nièvre;
- **43,81 mm** par décennie pour l'Yonne ;
- **48,77 mm** par décennie pour la Haute Saône ;
- **53 mm** par décennie pour le Doubs ;
- **70,89 mm** par décennie pour le Jura ;
- **70,22 mm** par décennie pour le Territoire de Belfort ;

On rappelle que le déficit hydrique climatique (pluie – ETP), s'il est une estimation de l'aridité du climat sur une période donnée, ne constitue pas une quantification du besoin en eau des plantes. Cette dernière nécessite le calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR). Cela implique un paramétrage précis de la réserve utile des sols et des dynamiques de croissance foliaire des plantes.

A RETENIR

Le déficit hydrique estival (pluie – ETP) du 1^{er} avril au 30 septembre en Bourgogne-Franche-Comté s'établit de façon hétérogène sur le territoire et évolue diversement.

Malgré des évolutions de précipitations légèrement positives, ce déficit hydrique climatique nous a permis de mettre en évidence la pression qui s'exerce sur la disponibilité de l'eau pour les cultures.



Etat hydrique des sols – SWI < 0,4 sol sec

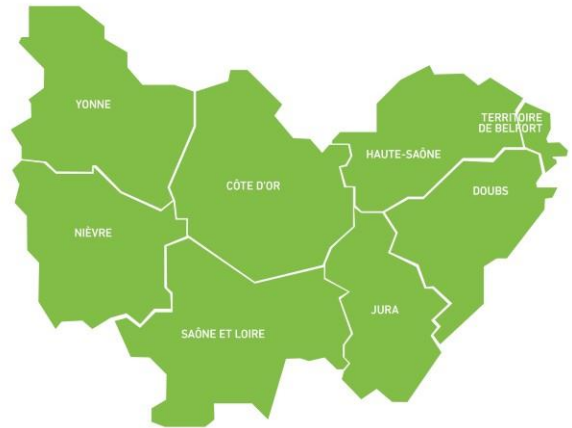
🔑 Nature et source des données

SH : série homogénéisée.
Données fournies par Météo France.

🕒 Indicateur 17

Données spatialisées départementales

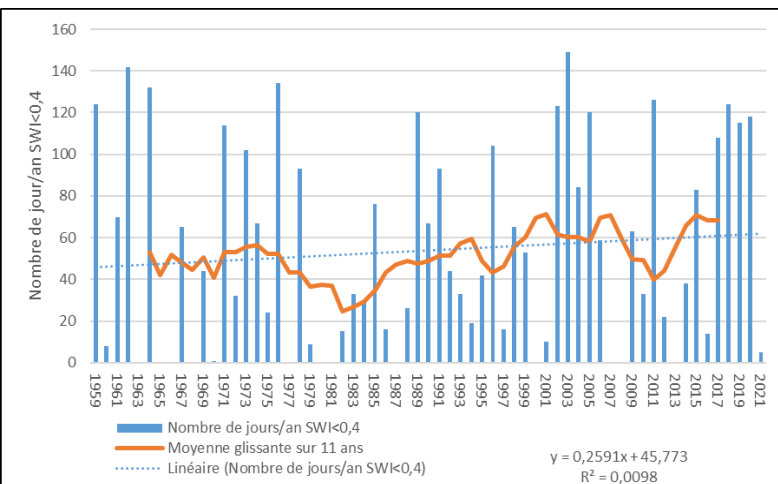
📊 Calcul de l'indicateur.



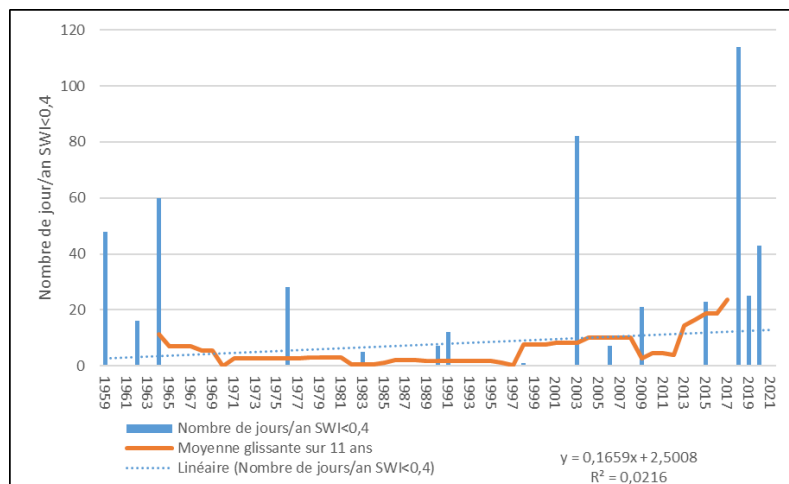
Nombre de jours par an où le SWI (Soil Wetness Index) < 0,4. Le SWI est un indice d'humidité des sols, il représente sur une profondeur d'environ 2 mètres l'état de la réserve d'eau du sol par rapport à la réserve utile pour les plantes. Si le SWI est égale à 0, le sol est très sec et les végétaux ne peuvent plus en tirer d'eau. Tandis que quand le SWI est égale à 1, le sol est saturé d'eau et a atteint sa réserve utile. Il est calculé à partir du modèle SIM (Safran-Isba-Modcou). Un seuil de SWI à 0,4 reflète la nécessité d'irriguer lorsque le SWI est sous cette valeur.

📈 Évolution observée

Département de Côte d'Or



Département du Doubs



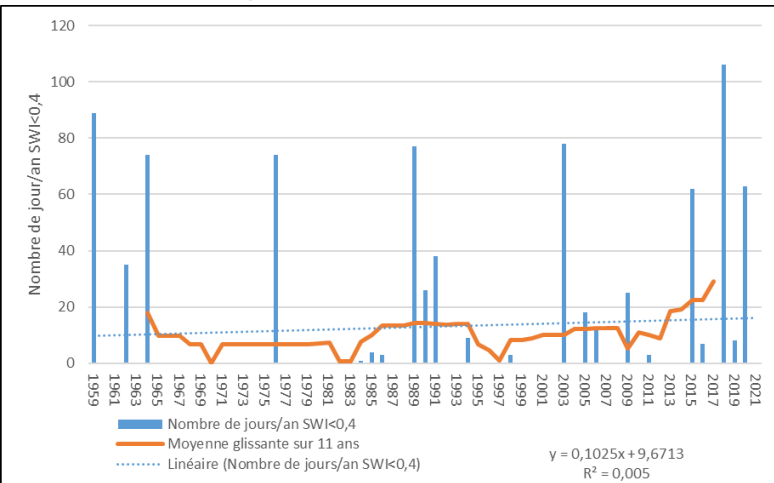


Etat hydrique des sols – SWI < 0,4 sol sec

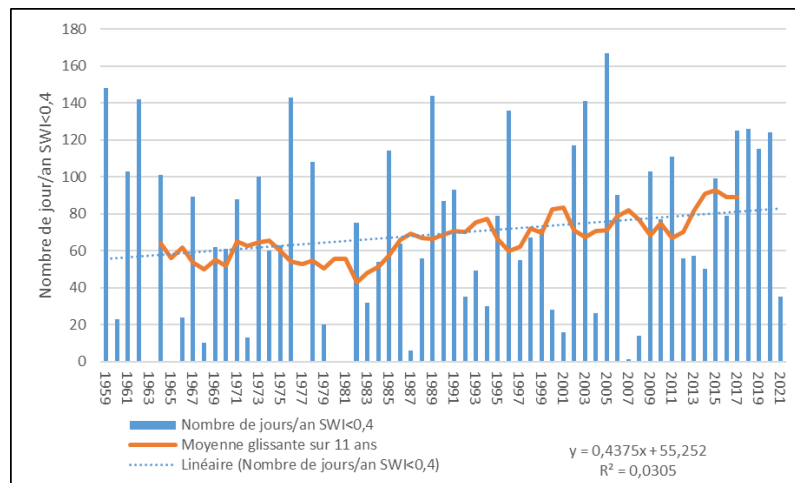


Évolution observée

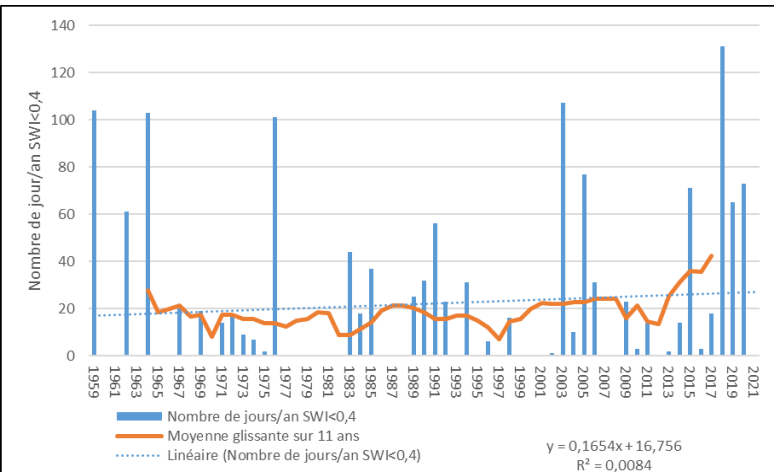
Département du Jura



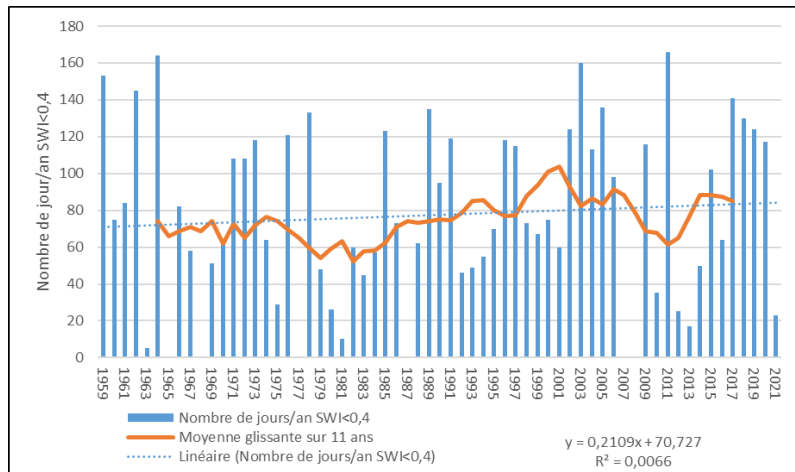
Département de la Nièvre



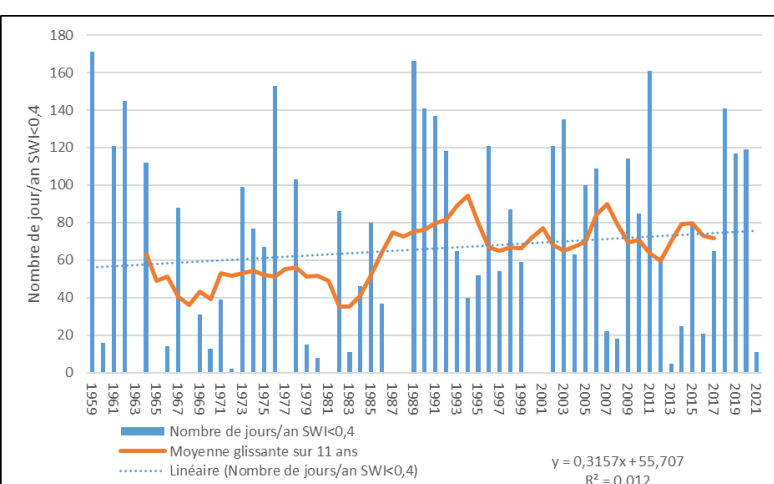
Département de Haute Saône



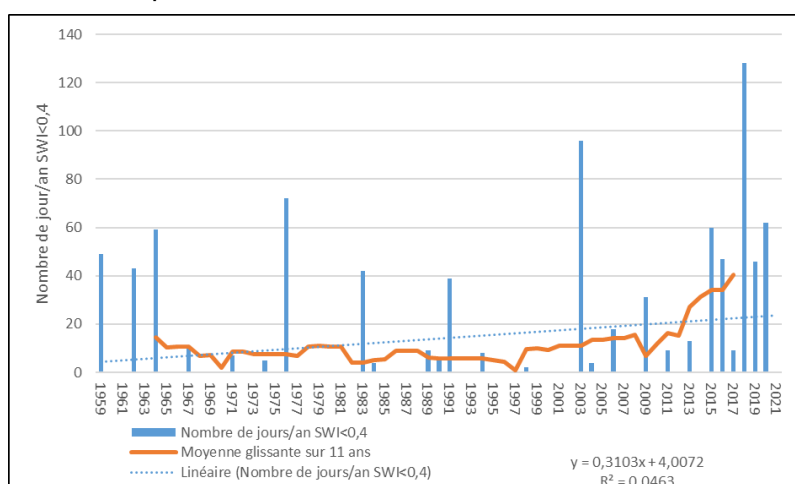
Département de Saône et Loire



Département de l'Yonne



Département du Territoire de Belfort





Etat hydrique des sols – SWI < 0,4 sol sec



Les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période d'étude (1991-2022) sont de :

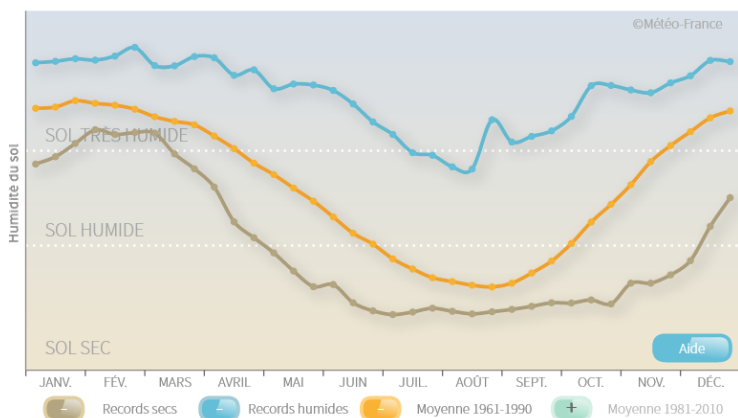
- + 3,49 jours par décennie en Côte d'Or ;
- + 2,28 jour par décennie dans le Doubs ;
- + 1,87 jours par décennie dans le Jura ;
- + 4,79 jours par décennie dans la Nièvre ;
- + 2,56 jours par décennie en Haute-Saône ;
- + 2,57 jours par décennie en Saône et Loire ;
- + 4,14 jours par décennie dans l'Yonne ;
- + 3,93 jours par décennie dans le Territoire de Belfort ;

Point de vigilance : la variabilité interannuelle est extrêmement importante ($R < 0,05$) pour toutes les stations.

A RETENIR

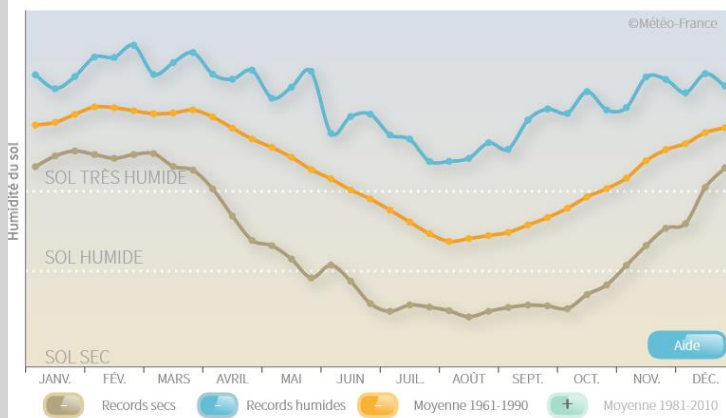
Bourgogne

Cycle annuel d'humidité du sol
Moyenne et records



Franche-Comté

Cycle annuel d'humidité du sol
Moyenne et records



Les données issues de Climat HD permettent de faire la comparaison du cycle annuel d'humidité du sol entre les périodes de référence climatique 1961-1990 et 1981-2010 sur la Bourgogne et la Franche-Comté.

Elles montrent un assèchement faible de l'ordre de 3 % sur l'année, concernant principalement le printemps et l'été.

En termes d'impact potentiel pour la végétation et les cultures non irriguées, cette évolution se traduit par un léger allongement moyen de la période de sol sec (SWI inférieure à 0,5) en été et d'une diminution faible de la période de sol très humide (SWI supérieur à 0,9) au printemps. Pour les cultures irriguées, cette évolution se traduit potentiellement par un accroissement du besoin en irrigation. À l'inverse, l'humidité plus forte du sol en automne et début d'hiver favorise la recharge des ressources souterraines.

On note que les événements récents de sécheresse de 2011 et 2003 correspondent aux records de sol sec depuis 1959 respectivement pour les mois de mai et août.

L'analyse du pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse des sols depuis 1959 permet d'identifier les années ayant connu les événements les plus sévères comme les années 1976, 2003, 2011 et 2020 en Bourgogne et 1976, 2003, 2011 et 2018 en Franche-Comté.

Point de vigilance : ces données sont mises à jour une fois par an et les records d'humidité des sols bas partout dans la région cet été 2022 or les données de 2022 ne sont pas encore prises en compte à la date de rédaction de ce livret.

Nous identifions la piste de l'étude du SWI à un seuil de 0,9 pour identifier les périodes de sol très humide dans la prochaine édition.



Etat hydrique des sols – SWI > 0,95 sol très humide



Nature et source des données

SH : série homogénéisée.
Données fournies par Météo France.



Indicateur 18

Données spatialisées départementales.



Calcul de l'indicateur.



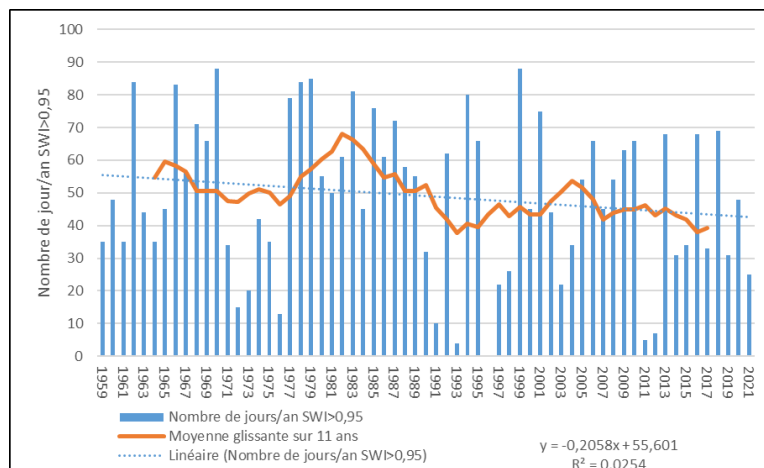
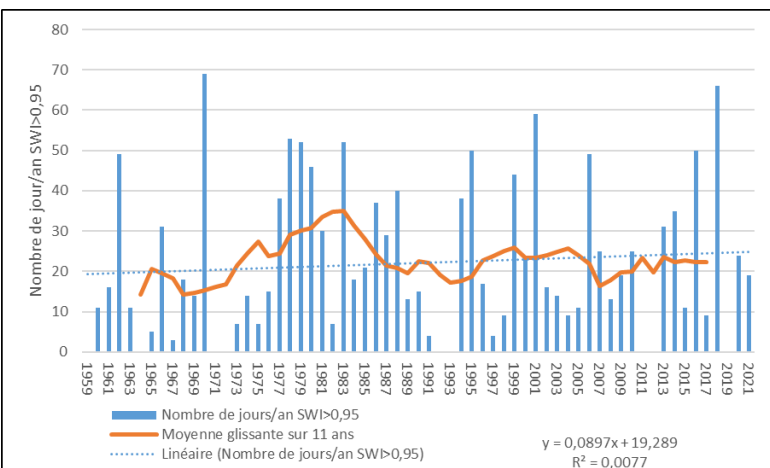
Nombre de jours par an où le SWI (Soil Wetness Index) > 0,95. Le SWI est un indice d'humidité des sols, il représente sur une profondeur d'environ 2 mètres l'état de la réserve d'eau du sol par rapport à la réserve utile pour les plantes. Si le SWI est égale à 0, le sol est très sec et les végétaux ne peuvent plus en tirer d'eau. Tandis que quand le SWI est égale à 1, le sol est saturé d'eau et a atteint sa réserve utile. Il est calculé à partir du modèle SIM (Safran-Isba-Modcou). Un seuil de SWI à 0,95 reflète la non nécessité d'irriguer lorsque le SWI est supérieur cette valeur.



Évolution observée

Département de Côte d'Or

Département du Doubs



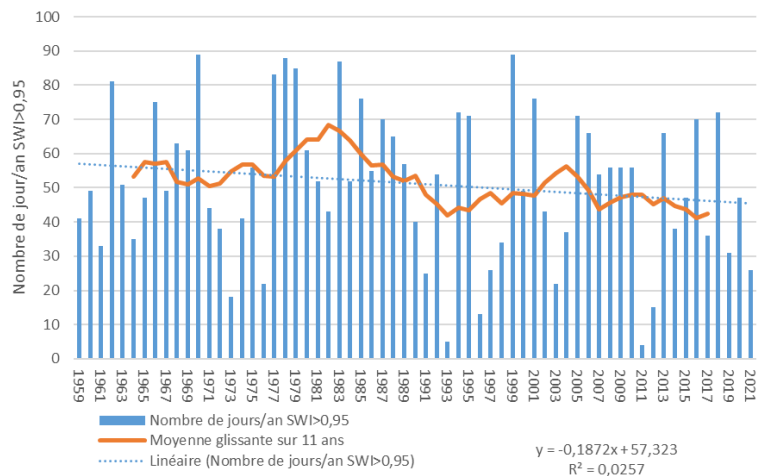


Etat hydrique des sols – SWI > 0,95 sol très humide

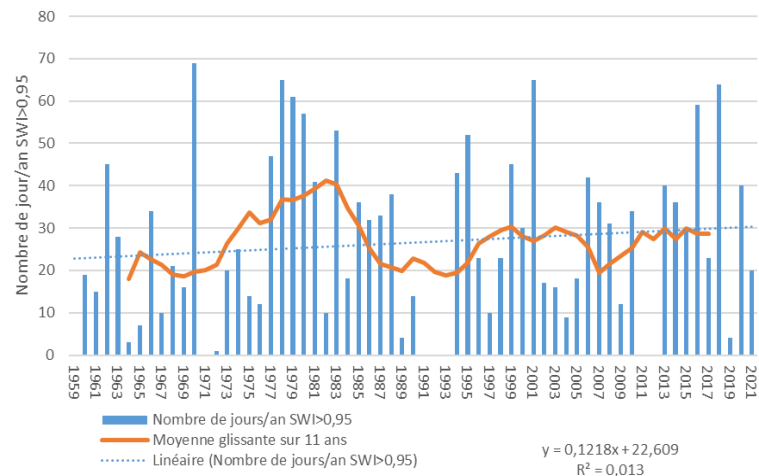


Évolution observée

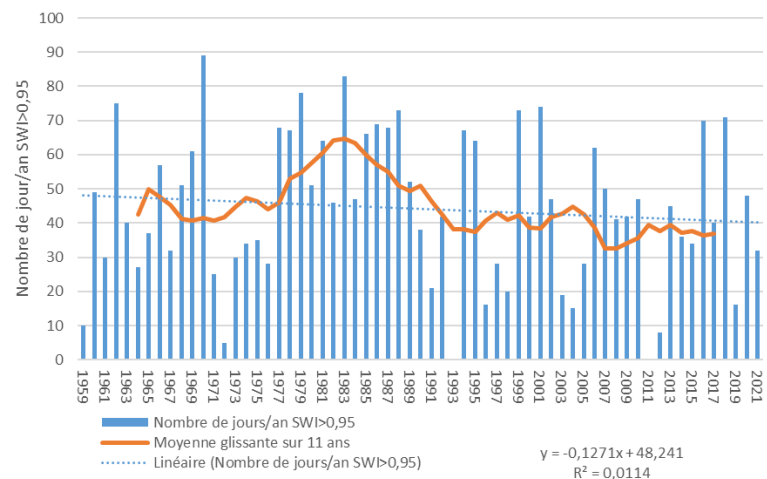
Département du Jura



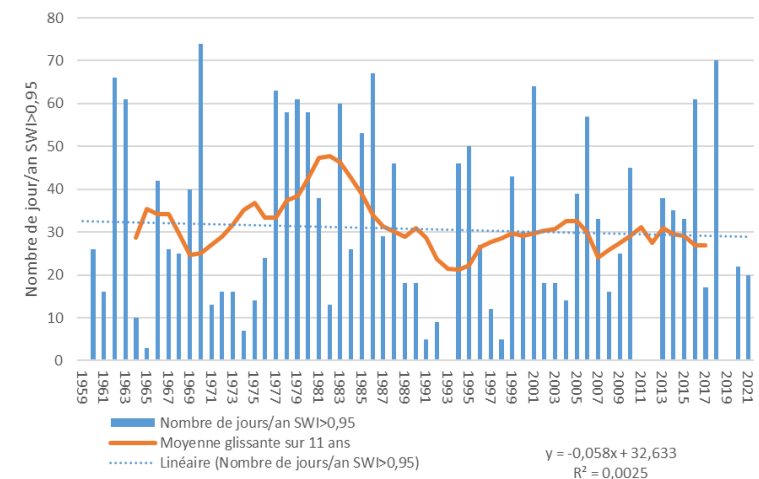
Département de la Nièvre



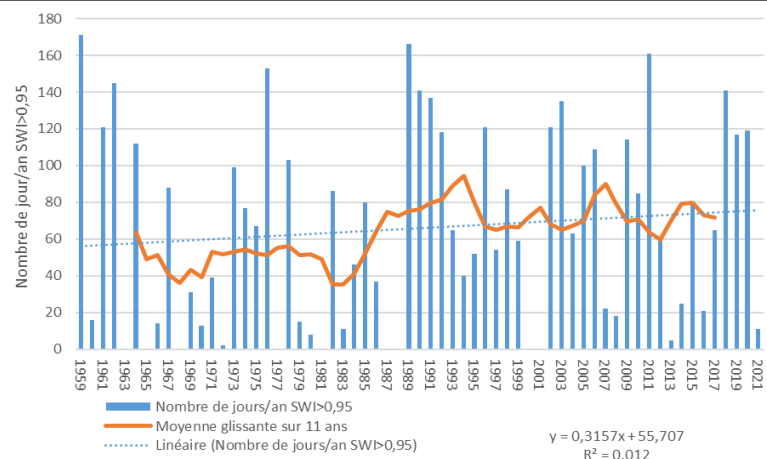
Département de Haute Saône



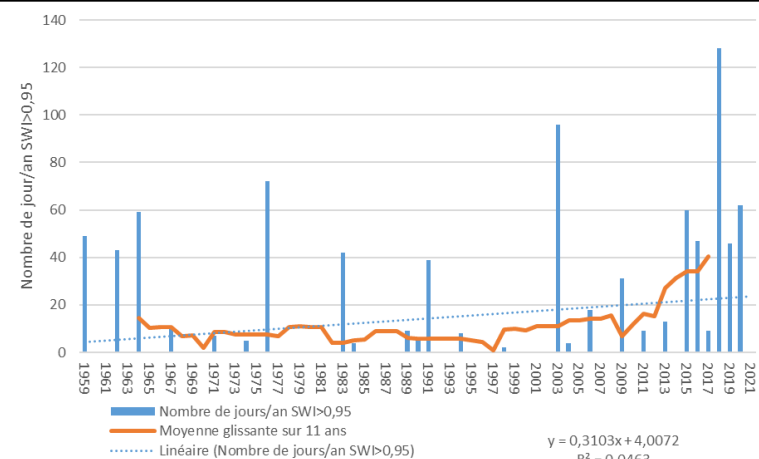
Département de Saône et Loire



Département de l'Yonne



Département du Territoire de Belfort





Etat hydrique des sols – SWI > 0,95 sol très humide => à compléter



Analyse

Les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période d'étude (1991-2022) sont de :

- + **0,53 jours par décennie en Côte d'Or ;**
- + **2,39 jours par décennie dans le Doubs ;**
- + **2,26 jours par décennie dans le Jura ;**
- + **0,78 jours par décennie dans la Nièvre ;**
- **1,18 jours par décennie en Haute-Saône ;**
- **0,99 jours par décennie en Saône et Loire ;**
- + **0,65 jours par décennie dans l'Yonne;**
- **3,48 jours par décennie dans le Territoire de Belfort ;**

Point de vigilance : la variabilité interannuelle est extrêmement importante ($R < 0,05$) pour toutes les stations.

Nous connaissons toujours des années où les sols resteront très humides principalement de la fin de l'automne au début du printemps. La culture du colza restera toujours délicate dans les sols hydromorphe non drainés. Dans ces situations l'intérêt du drainage demeure notamment au printemps pour assurer des implantations de plus en plus précoces du maïs et tournesol et des récoltes d'herbe.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE



Evolution des stades phénologiques de la vigne

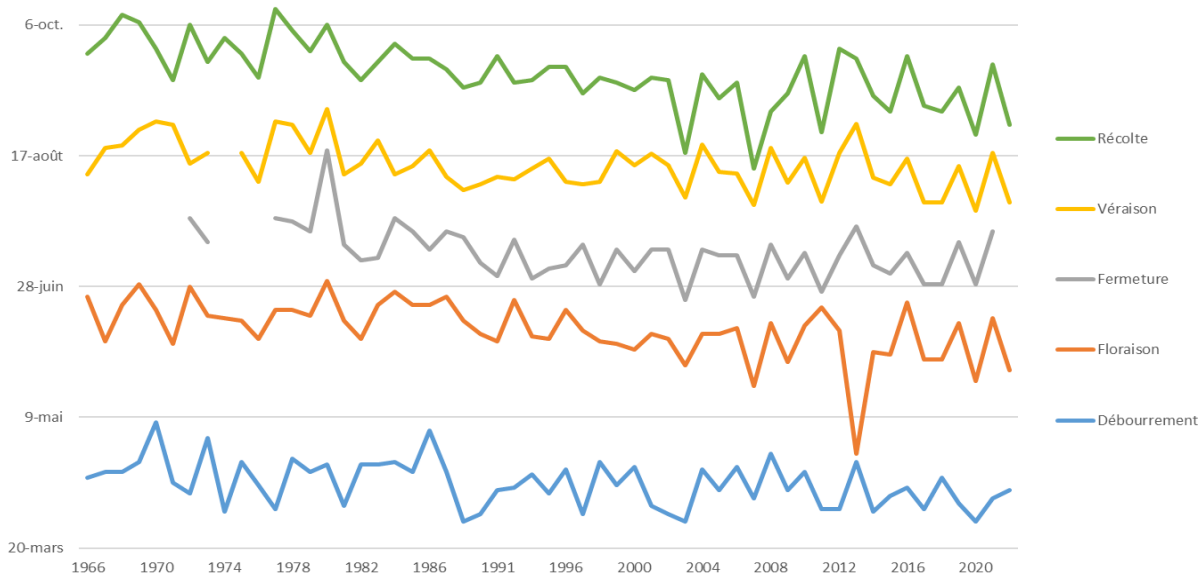
🔑 Nature et source des données

Observations sur réseau viticole de Bourgogne
Données fournies par le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne

🕒 Indicateur 1

Date de début de vendanges dans le vignoble de Bourgogne, date de début véraison, de fermeture de la grappe, de début floraison et débourrement : 1966 à 2022

📈 Évolution observée



Évolution des stades phénologiques

Stade	Avant 1987	Après 1988	Ecart en jours
Débourrement 	▶ 19 avril	▶ 12 avril	▶ - 7 jours
Floraison 	▶ 19 juin	▶ 8 juin	▶ - 11 jours
Fermeture 	▶ 20 juillet	▶ 8 juillet	▶ - 12 jours
Véraison 	▶ 21 août	▶ 12 août	▶ - 9 jours
Récolte 	▶ 28 septembre	▶ 13 septembre	▶ - 15 jours

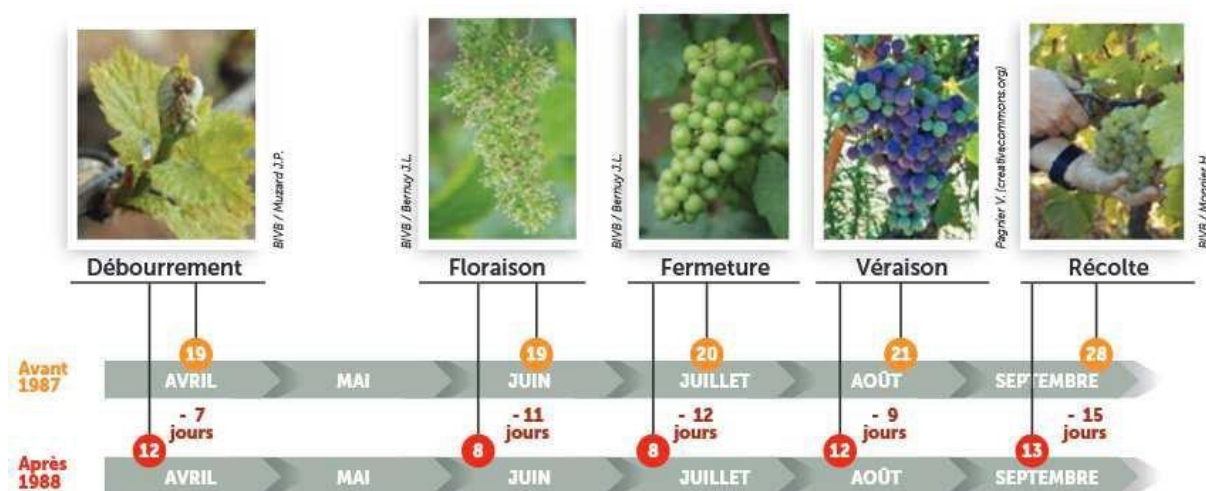
3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Evolution des stades phénologiques de la vigne



Source : Bureau interprofessionnel des vins de Bourgogne (BIVB)

Analyse

Dans le vignoble bourguignon, l'observatoire du millésime du BIVB suit depuis 1988 la date des principaux stades phénologiques (débourrement, floraison, fermeture de la grappe, véraison et récolte), l'évolution des données météorologiques ainsi que la composition physico-chimique des baies et des moûts. Les dates des principaux stades phénologiques depuis 1966 montrent une grande variabilité interannuelle.

Cependant, on observe une rupture avec une précocité des différents stades depuis 1987/1988 (voir figure). La floraison a eu lieu, en moyenne, avec 11 jours d'avance après 1988 (en comparaison à avant 1987). Les vendanges se font de plus en plus tôt ; il a été observé en moyenne **15 jours d'avance sur cette dernière**. Du fait de l'avancée de la véraison et de l'augmentation de la température moyenne, la maturation se déroule donc plus tôt en saison et les raisins subissent des températures plus élevées pendant cette période. Les conditions de la maturation, moment-clé pour la typicité du vin sont modifiées. Ces résultats sont corroborés par une étude réalisée en 2010 à partir des données thermiques pour deux sites en Côte de Beaune et en Hautes-Côtes de Beaune (Savigny-lès-Beaune et La Rochepot). Les résultats montrent également un « double effet » du réchauffement climatique lors de la maturation, lié à l'augmentation des températures et au décalage temporel de cette période, qui se place de plus en plus souvent en août.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Evolution de l'acidité totale et du sucre

🔑 Nature et source des données

Observations sur le réseau viticole de Bourgogne
Données fournies par le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne.

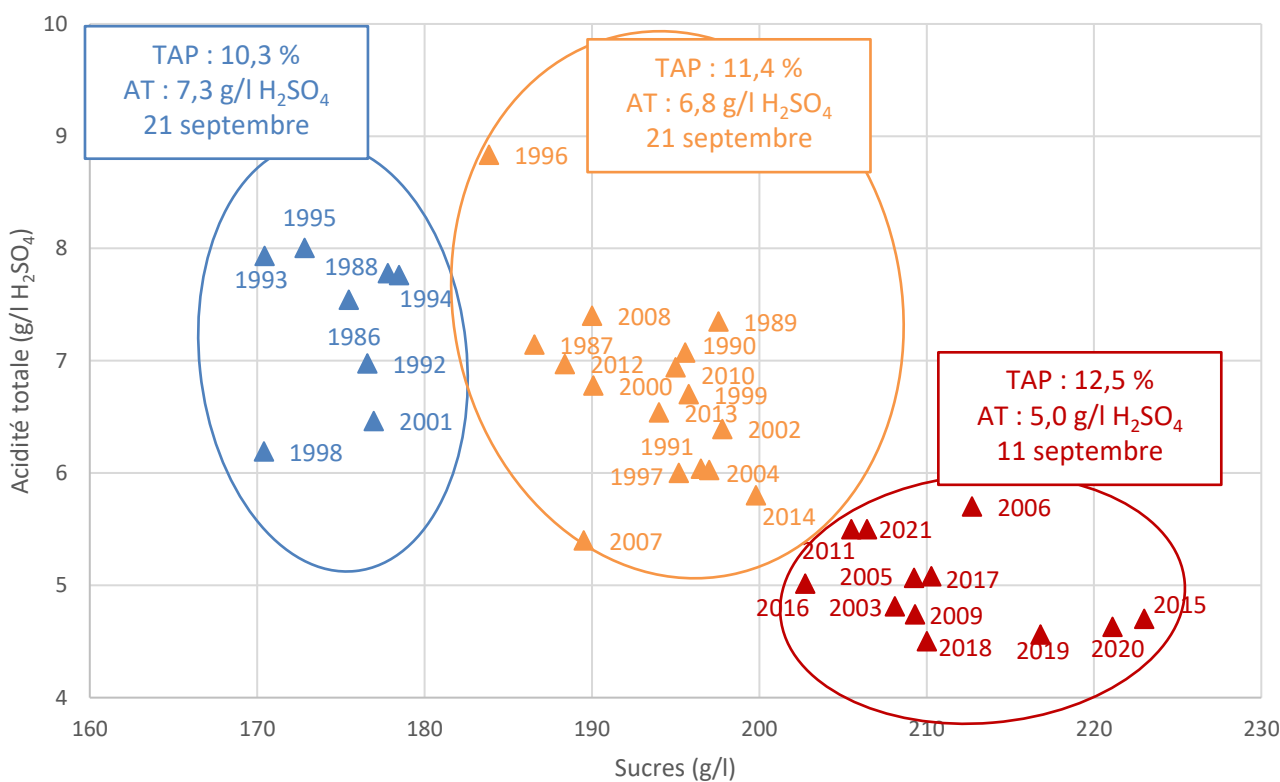


Indicateur 2

Variation de la quantité de sucre et de l'acidité totale dans les moûts : 1986 à 2021 – Pinot noir et Chardonnay



Évolution observée





Evolution de l'acidité totale et du sucre

Analyse

Les changements climatiques impactent la composition des moûts : dans le vignoble bourguignon, le suivi de la teneur en sucres des baies de raisin (et donc le titre alcoométrique potentiel) et de l'acidité totale, année après année par le BIVB, montre une grande hétérogénéité. Cependant, il est possible, par analyse statistique, d'établir 3 groupes de millésimes qui illustrent bien l'évolution du climat. Le premier groupe (voir figure page précédente) est représenté par une forte acidité et une teneur en sucres moindre et correspond aux millésimes des années 90 (groupe bleu). Les millésimes les plus récents sont, à contrario, plus riches en sucres avec une acidité plus faible (groupe rouge). La bibliographie corrobore ces observations et indique par ailleurs que l'effet de la contrainte hydrique sur la teneur en sucres du raisin dépend de son intensité. Les raisins sont plus sucrés si la vigne subit une contrainte hydrique modérée et moins sucrés si la contrainte hydrique est forte, à cause d'une diminution de la photosynthèse. Dans ce dernier cas, les anthocyanes, pigments contenus dans les pellicules du raisin noir et qui lui donnent sa couleur, sont aussi affectées, entraînant une baisse de coloration de vins rouges.

L'augmentation de la contrainte hydrique aura également un effet sur le profil aromatique du raisin. Le changement climatique s'accompagne d'une augmentation du rayonnement solaire incident et de la modification du spectre de rayonnement, avec en particulier une augmentation de la composante UV-B. Cette évolution a des conséquences positives sur la teneur en composés phénoliques du raisin, mais elle peut modifier la composition des arômes et précurseurs d'arômes et influencer négativement la qualité organoleptique.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Impact sur l'état hydrique de la vigne – méthode du $\delta^{13}C$

🔑 Nature et source des données

Mesure effectuée sur les moûts des parcelles de référence du BIVB en fin de maturité (quelques jours avant la récolte effective des parcelles) sur les millésimes 2011, 2012, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020.

Données fournies par le BIVB – source « Les cahiers du Pôle Technique et Qualité – Les effets du changement climatique en Bourgogne – février 2021 »

🕒 Indicateur 3

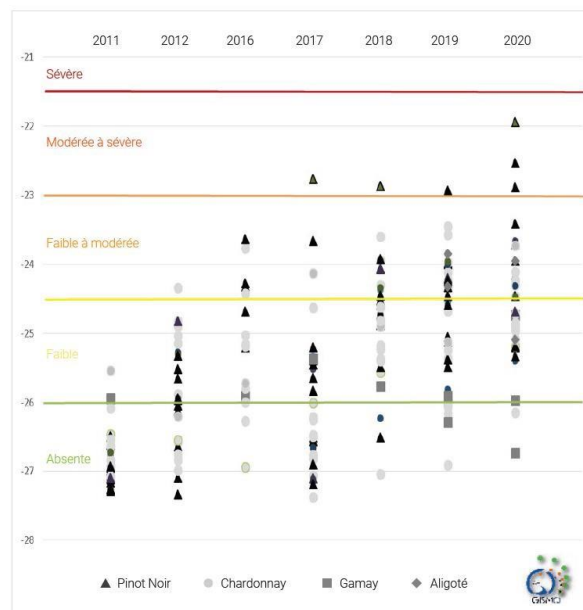
La manière dont les plantes modifient l'efficacité de leur utilisation de l'eau en réponse à la sécheresse est une autre indication utile de leur tolérance à la sécheresse. La mesure du rapport isotopique entre carbone C13 et carbone C12 (appelé $\delta^{13}C$ - delta C13) dans le moût de raisins permet de connaître très précisément quel a été le régime hydrique de la vigne pendant la période de maturation. Cette mesure est précieuse pour apprécier le potentiel de chaque parcelle et comprendre le fonctionnement des différents types de sol.

📈 Évolution observée et analyse

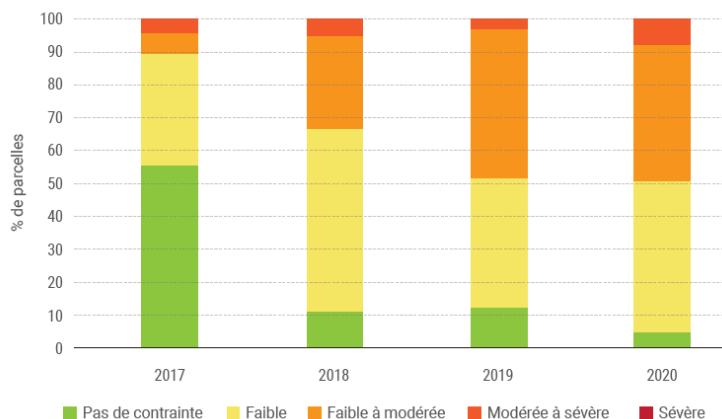
Le graphique ci-contre présente l'ensemble des résultats pour toutes les parcelles et les millésimes concernés. Aucune parcelle n'a subi de contrainte sévère au cours de différents millésimes analysés, sur la base de l'échelle de contrainte bordelaise. Toutefois, sur les quatre derniers, des contraintes ont eu lieu sur un certain nombre de parcelles.

Le graphique ci-dessous montre la répartition des parcelles (en %) en fonction du type de contrainte.

C'est sans conteste les trois derniers millésimes qui présentent les plus forts pourcentages de parcelles ayant subi une contrainte hydrique et 2020 est en tête du trio, avec 95 % de parcelles concernées, avec des niveaux de contraintes allant de « faible » à « modérée et sévère ».



Les analyses ont été réalisées par la plate-forme GISMO de l'Université de Bourgogne.



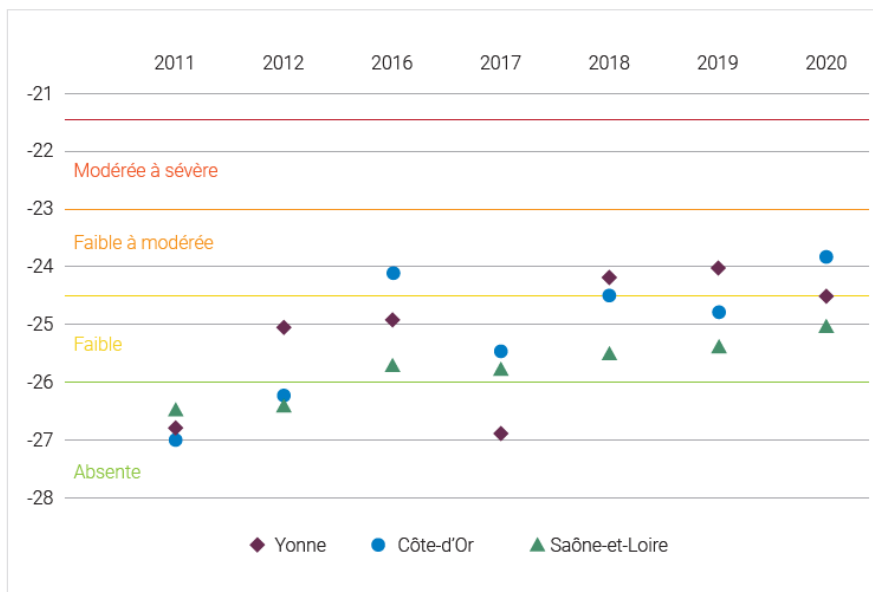


Impact sur l'état hydrique de la vigne – méthode du $\delta^{13}C$

Évolution observée et analyse

Contraintes hydriques moyennes par année et par département :

Les contraintes hydriques moyennes sont assez variables selon les millésimes, et plus particulièrement sur les plus récents. La Saône-et-Loire ne connaît en moyenne que des contraintes faibles depuis 2016 mais celles-ci sont néanmoins en augmentation ces dernières années. Dans l'Yonne et en Côte-d'Or, les niveaux de contraintes ont pu arriver à un stade modéré. Toutefois, les moyennes départementales masquent la variabilité potentielle des situations.



3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Evolution des rendements en blé tendre d'hiver

🔑 Nature et source des données

Données fournies par la DRAAF (source Agreste) 2022 – mise en forme par ARVALIS

🕒 Indicateur 4

Evolution des rendements régionaux en blé tendre d'hiver de 1980 à 2022 en Bourgogne-Franche-Comté.

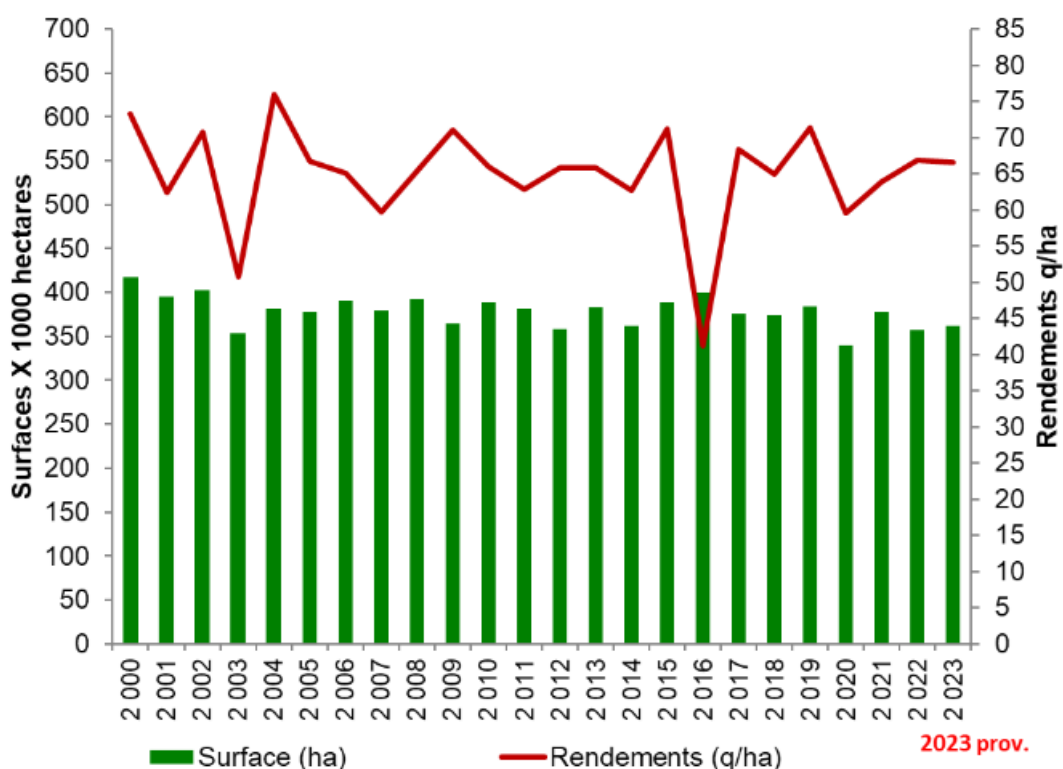
📈 Evolution observée

Sur une longue période s'étendant du 5 octobre au 20 mars, la campagne 2022/2023, se caractérise d'abord par une température moyenne bien supérieure à la moyenne, se rapprochant ou égalant les anciens records enregistrés en 2007 ou 2020. Au niveau de la pluviométrie enregistrée sur cette période, le climat a été plutôt sec, en particulier pendant une bonne partie de l'hiver. En particulier, on enregistre de manière inhabituelle, une longue période de sécheresse entre le 20 janvier et le 10 février. A partir de fin mars, le climat se rafraîchit, limitant l'avance des cultures observée jusqu'alors. La pluie fait également son grand retour, sur la période du 20 mars au 30 avril : 2023 se positionne comme la plus humide des cinq dernières années, sans stress hydrique.

Les rendements sont légèrement supérieurs à la moyenne des cinq dernières années, surtout en sols profonds qui ont moins souffert de la fin de cycle stressante.

Les teneurs en protéines sont élevés ($\approx 12\%$).

Les poids spécifiques sont modestes, en lien avec le dessèchement rapide des grains en fin de cycle et les orages localisés post-maturité des blés.



Source Arvalis

Source Agreste 01/08/2023

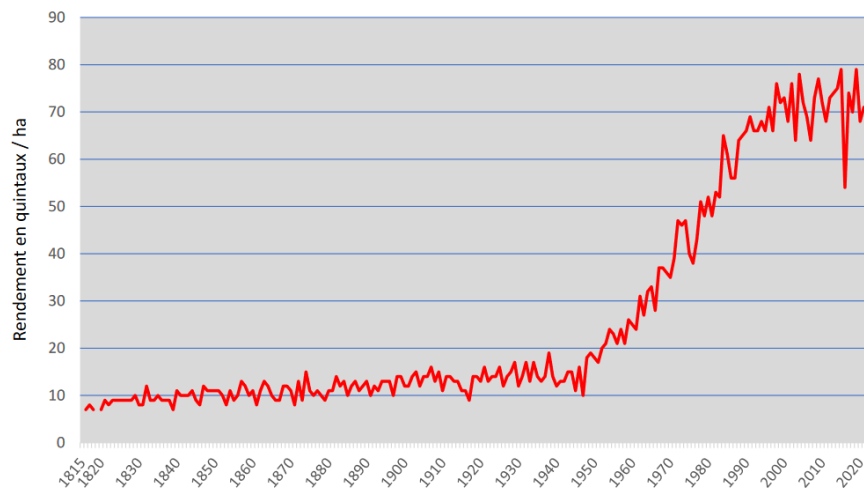
Evolution des rendements régionaux en blé tendre d'hiver de 1980 à 2022 en Bourgogne-Franche-Comté



Evolution des rendements en blé tendre d'hiver



Evolution du rendement moyen annuel du blé France entière de 1815 à 2021



Sources: Statistiques Ministère de l'agriculture 1913, Tableaux rétrospectifs.
GNIS - Unigrains - FranceAgriMer



D'après l'Académie d'agriculture de France, à l'échelle nationale, « entre 1815 et 1940, le rendement moyen national du blé montre une progression régulière mais modeste, passant de 8-10 q/ha avant 1850 à 12-14 q/ha avant 1945. L'essentiel de cette progression est attribuable à la mécanisation des tâches, à l'amélioration des machines, à l'introduction de variétés sélectionnées, d'engrais et d'amendements minéraux. Entre 1945 et 1995 environ, le rendement moyen des blés français a connu près d'un demi-siècle de hausse continue, passant de 14-15 q/ha à 70 q/ha. On peut rattacher cette progression considérable à la génétique qui bénéficie d'un emploi cohérent des fertilisants, des produits de protection (herbicides, fongicides et régulateurs en particulier) et du perfectionnement des méthodes de travail du sol, de semis ou de moisson. Le ralentissement de cette progression, voire ses irrégularités constatées depuis lors, semblent reliés à une certaine désintensification résultant d'une économie d'intrants (réduction de 15-20 % des apports azotés, des fongicides, moindre travail du sol...) et du changement climatique (fortes températures au remplissage du grain...) »¹.

L'essentiel de cette progression est attribuable à la mécanisation des tâches, à l'amélioration des machines, à l'introduction de variétés sélectionnées, d'engrais et d'amendements minéraux.

En Bourgogne-Franche-Comté, on observe que depuis les années 1976 et jusqu'à la fin des années 1990, les rendements régionaux en blé tendre ont augmenté de façon régulière.

A la fin des années 1990, on constate une forte variabilité annuelle des rendements, avec des corrélations claires avec des accidents climatiques comme en 2003 (années de fortes canicules et sécheresse) et 2016 (année très humide du printemps à la moisson). Il ressort globalement une tendance à la stagnation des rendements sur la région, voire un début de régression.

Les travaux de N. Brisson et al (2010) ont permis d'identifier les causes de ce plafonnement, et d'établir un lien avec le changement climatique.

Tout d'abord, il est démontré que la progression annuelle des rendements en blé tendre résultant de l'amélioration variétale, s'est maintenue de façon continue (avant la rupture) en France à un niveau compris entre +1,0 à +1,2 q/ha/an. Le progrès génétique n'est donc pas en cause dans le plafonnement des rendements observés.

Il est établi qu'une légère baisse (environ 20 kg N/ha) de la fertilisation azotée du blé tendre a eu lieu entre 2000 et 2007, consécutivement à la mise en application de la Directive Nitrates et que cette modération de la fertilisation azotée a induit une limitation du rendement de -0,15 q/ha/an sur cette période.



Evolution des rendements en blé tendre d'hiver

Analyse

En outre, il apparaît que les raccourcissements de rotations culturales et le remplacement des légumineuses par le colza se sont traduits par une baisse des rendements du blé tendre de - 0,35 q/ha/an.

La majorité de la perte de rendement peut être reprochée aux changements du climat (Brisson & Levrault, 2010). Deux facteurs climatiques sont à l'origine de cette stagnation de rendement : l'augmentation de l'échaudage et l'augmentation de la période de stress hydrique pendant l'élongation de la tige et le remplissage des grains (Gate et al. 2009). L'occurrence accrue de ces accidents physiologiques d'origine climatique a induit une limitation du rendement comprise entre -0,2 et -0,5 q/ha/an.

Les résultats climatiques, obtenus précédemment, ont montré une augmentation significative des journées estivales (+ 4,8 à + 7,68 jours par décennie depuis 1959), (voir « Nombre de jours estivaux »), une augmentation de l'ETP et l'augmentation du déficit hydrique sont les prémices d'une tendance à l'accroissement des sécheresses printanières et estivales dans notre région.

En matière d'adaptation au changement climatique pour les céréales à paille, des fiches spécifiques sont consultables dans leurs parties respectives du livret.

Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

BRISSON N. et al 2010 – Why are wheat yields stagnating in Europe ? A comprehensive data analysis for France. Field Crops Research 119/1: 201-212.

GATE Ph., BRISSON N. et GOUACHE D.– « Les causes du plafonnement du rendement du blé en France : d'abord une origine climatique », Académie d'Agriculture de France – 2010. Séance du 5 mai.3 Méiose : phase du cycle de croissance du blé tendre pendant laquelle la fertilité des épis se met notamment en place, et particulièrement sensible au froid.

¹Evolution du rendement moyen du blé – France entière de 1815 à 2021. https://www.academie-agriculture.fr/sites/default/files/publications/encyclopedie/01.02.r02_rendement_moyen_annuel_du_ble_tendre.pdf

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE



Evolution des rendements orge d'hiver

🔑 Nature et source des données

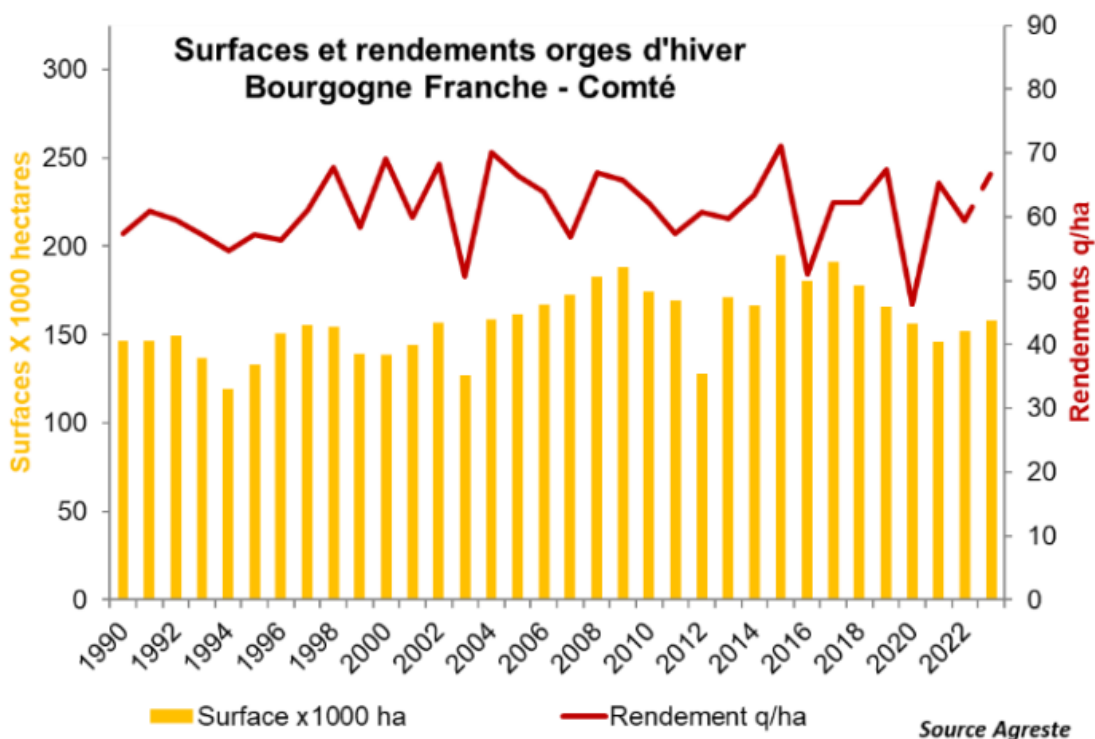
Données fournies par la DRAAF (source Agreste) – Campagne 2022- 2023
Mise en forme par Arvalis

🕒 Indicateur 5

Evolution des rendements régionaux en orge d'hiver de 1990 à 2023 en Bourgogne-Franche-Comté.



Évolution observée



Source Arvalis

Evolution des rendements régionaux en orge d'hiver de 1980 à 2023 en Bourgogne-Franche-Comté

En comparaison à la moyenne des 5 dernières années, la sole occupée par cette espèce est réduite d'environ 10 % principalement en Bourgogne. Avec près de 100 000 ha cumulés, l'Yonne et la Côte d'Or spécialisés en orge d'hiver accusent le plus fortement cet effritement. Cette espèce rencontre fréquemment des déboires aussi bien sur le plan climatique et agronomique voire économique lorsqu'elle ne remplit pas les critères du cahier des charges des malteurs et des brasseurs.

Le rendement moyen prévu en 2023 s'inscrit en progrès d'environ 10 % par rapport à celui de la moyenne décennale. Comparativement aux blés, les orges d'hiver ont esquivé en partie la forte sécheresse et les températures échaudantes du mois de juin.



Evolution des rendements orge d'hiver



Analyse

Les semis ont été engagés tôt, à partir de début octobre 2022. A la mi-octobre, 80 % des surfaces étaient semées et les dernières implantations ont été achevées dans la deuxième décennie d'octobre. Les levées ont été rapides et très bonnes et le tallage a débuté en novembre.

L'automne doux a assuré une croissance record et la présence de pucerons est restée faible.

L'impasse de traitements insecticides pouvait être assez généralisée, mais beaucoup de traitements en orge brassicole ont été réalisés. Pour les orges fourragères, le choix de variétés résistantes à la JNO devient la norme et assure une protection sans traitement insecticide.

Aucun signe d'excès d'eau n'a été observé pendant l'hiver, mais des jaunissements « classiques » étaient notables à partir de fin février et jusqu'à mi-mars.

Le stade « épi 1 cm » est atteint très tôt avec 10 jours d'avance par rapport à la moyenne des 10 dernières années. Les applications de fongicides ont assuré une bonne maîtrise des maladies dans un contexte beaucoup plus humides que les dernières années (mais proche de normales).

Aucun dégât de gel d'épi n'a été observé.

La précocité de l'orge a assuré la majorité de son remplissage avant les températures supérieures à 25 °C enregistrées à partir de fin mai jusqu'à fin juin (mais sans jamais dépasser 30 °C).

Les moissons d'orge d'hiver ont commencé dès la mi-juin pour les situations les plus précoces. Les dernières récoltes se sont achevées avant le retour de pluies.

Zoom Saône et Loire

Le rendement départemental de 73 q/ha est très supérieur à la moyenne des 5 dernières années (63 q/ha) et égale le record de 2019.

Les rendements varient de 40 à plus de 100 q/ha. Les sols à faible réserve utile (sable, sols superficiels) qui n'ont pas été pénalisés par la sécheresse pendant la montaison réalisent aussi des rendements corrects pour ce type de milieu.

La qualité bien qu'hétérogène est correcte pour les PS et les taux de protéines. Cependant le calibrage pour les débouchés brassicole est souvent faible.



Evolution des surfaces de colza



Nature et source des données

Données fournies par la DRAAF (source Agreste), pas de mise à jour depuis l'édition 2.



Indicateur 6

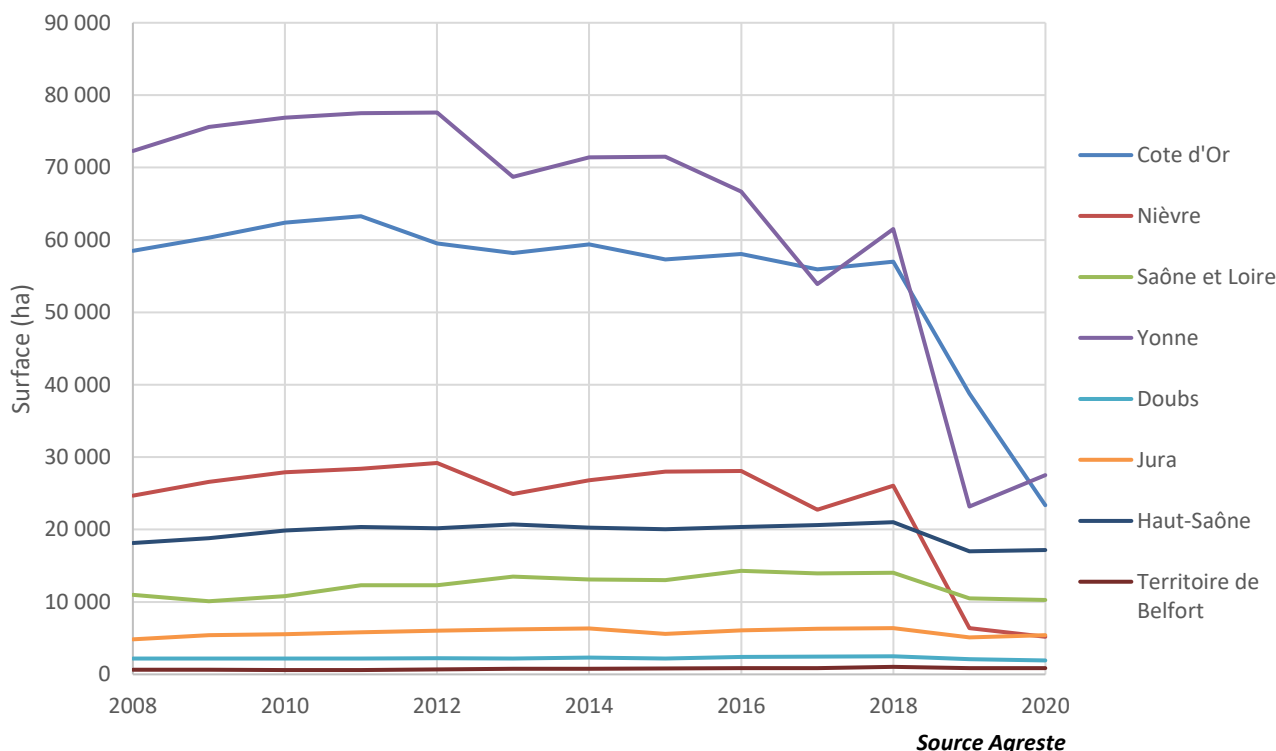
Evolution des surfaces départementales en colza de 2008 à 2020 en Bourgogne-Franche-Comté.



Évolution observée

Le colza est la première tête d'assolement des cultures céréalières avec la rotation type de Bourgogne-Franche-Comté : Colza-Blé-Orge. Il couvre une surface de 181 565 ha en Bourgogne-Franche-Comté en 2018.

Aujourd'hui, sa place dans la rotation est de plus en plus questionnée suite à la diminution de ses surfaces au sein de la SCOP (Surface en céréales et Oléoprotéagineux) de la région. Il représente 91 610 ha en 2020.



Evolution des surfaces départementales de colza de 2008 à 2020 en Bourgogne-Franche-Comté



Evolution des surfaces de colza



Une forte diminution des surfaces de colza est observable dans les départements de la Côte d'Or, de l'Yonne et de la Nièvre. Cette diminution débute en 2012 et s'accroît en 2018. Elle est aussi observable dans les autres départements présentant de moins grandes surfaces mais elle reste moindre. Le pic de diminution en 2018 est de l'ordre de la moitié voire des trois quarts de la surface des années précédentes. Le pic le plus intense est celui de l'Yonne où l'on passe d'une surface d'environ 70 000 ha à une surface de 23 200 ha en 2019.

La diminution de ces surfaces est liée à une augmentation des difficultés d'implantation en sol de plus en plus sec et à une diminution des rendements de colza qui décourage les agriculteurs à planter le colza dans leur rotation. Cette diminution des rendements est liée à la fois à une problématique de hausse des températures et du déficit hydrique mais aussi à une problématique ravageur (essentiellement des insectes à l'automne).

La première fragilité du colza réside dans des difficultés d'implantation liées à un manque de précipitations. Cela complique la préparation des sols et la levée du colza.

La sécheresse printanière influe aussi sur les rendements du colza. En effet, elle diminue sa capacité à valoriser les engrais azotés et soufrés.

L'augmentation des températures quant à elle induit la précocification des cycles du colza ce qui le rend plus vulnérable aux gelées tardives et à une exposition plus précoce aux charançons de la tige et aux méligèthes.

La hausse des températures favorise aussi une période d'activité plus longue des insectes ravageurs comme la grosse altise ou les charançons du bourgeon terminal ainsi que l'avancement de leurs stades de développement ce qui les rend plus nuisibles pour le colza.

(Source : Terre Inovia)



Pour en savoir plus

Bachelet A., 2020. Hausse des températures, déficit de pluie : quels impacts sur les colzas ? Changement climatique. Web-agri.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE



Evolution des rendements en maïs grain



Nature et source des données

Données fournies par la DRAAF (source Agreste), pas de mise à jour depuis l'édition 2.



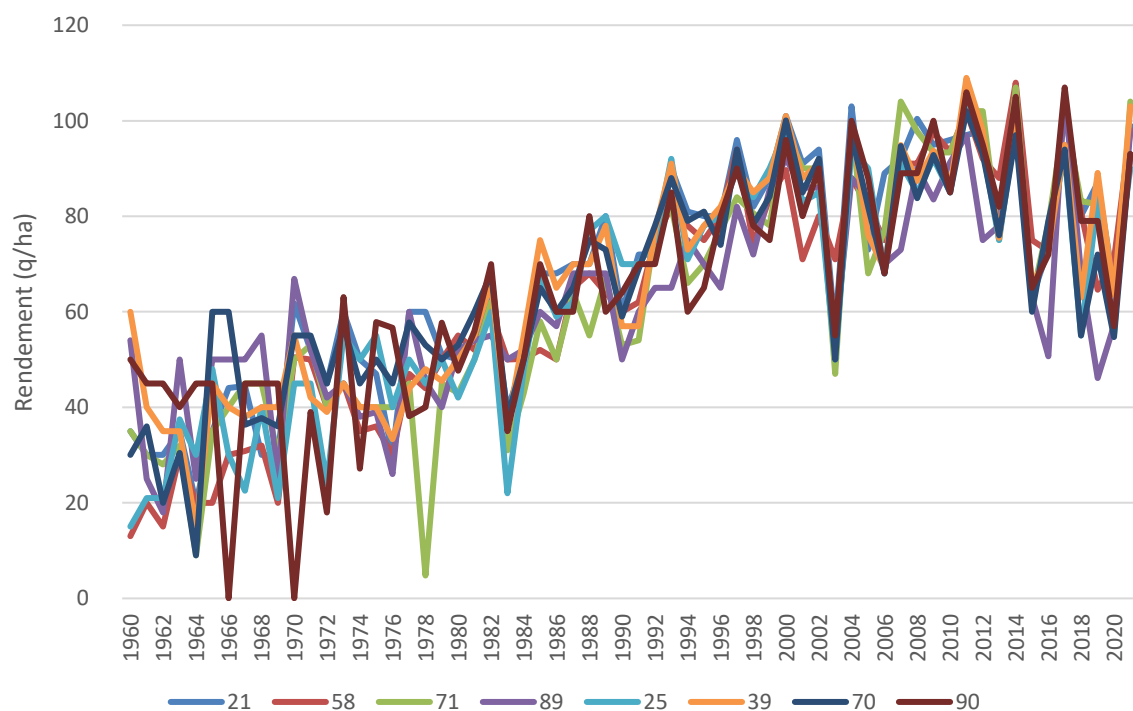
Indicateur 7

Evolution des rendements départementaux en maïs grain de 1960 à 2021 en Bourgogne-Franche-Comté.



Évolution observée

La sole en céréales occupe de l'ordre de 30 % de la Superficie Agricole Utile régionale. En 2020, le maïs grain représente 10 % (78 400 ha) de la surface céréalière de la région. Toutes céréales confondues, ce sont 5,1 millions de tonnes de céréales qui ont été produites en 2019, ce qui place la région au 6ème rang national. L'Yonne et la Côte-d'Or sont les deux premiers départements céréaliers de la région avec respectivement 31 % et 25 % de la production.



Source Agreste

Evolution des rendements départementaux en maïs grain de 1960 à 2021 en Bourgogne-Franche-Comté



Evolution des rendements en maïs grain



Analyse

Les rendements semblent suivre la même tendance que les rendements de blé tendre d'hiver qui ont augmentés dans les années 80/90 puis stagnés pour former un plateau dans les années 2000. Les rendements en maïs grain semblent même diminuer à partir de ces années. Une forte variabilité annuelle des rendements est observable avant les années 80 et pendant les années 2000. Il est possible de constater une diminution forte des rendements lors des années présentant des accidents climatiques comme 2003 et 2020 (années de sécheresse et de fortes canicules).

Il ressort globalement une tendance à la stagnation des rendements sur la région, voire un début de régression.

L'augmentation observée dans les années 80 se retrouve dans les pays du Nord de l'Europe. Tandis que dans les pays du Sud et de l'Est de l'Europe, comme l'Italie ou la Hongrie, le rendement du maïs stagne (Ray et al., 2012).

Le rendement du maïs est fortement influencé par la disponibilité en eau, ce qui le rend très sensible au stress hydrique. Cette sensibilité est surtout présente de la moitié du stade de montaison au stade grains pâteux ce qui correspond à la période de début juillet à fin août si le semis a été effectué mi-avril (Arvalis, 2016).

Le stress thermique trop important quant à lui provoque des défauts de fécondation et des avortements des grains ainsi qu'une baisse de croissance de ceux-ci (Arvalis, 2016). De plus, le réchauffement des températures a provoqué un déplacement d'espèces de ravageurs vers le nord (ex: sésamie) ainsi que l'accélération de leurs cycles de reproduction qui perturbent les cultures (pyrale du maïs) (Lorgeou et al., 2009).

Ainsi, cette sensibilité du maïs au climat pourrait avoir influencé les rendements. Cela reste une supposition. Une étude plus approfondie comme celle réalisée sur le blé tendre d'hiver serait nécessaire pour identifier un réel impact du changement climatique.

En matière d'adaptation au changement climatique pour les céréales, des fiches spécifiques sont consultables dans leurs parties respectives du livret.

Pour en savoir plus



RAY D. K., RAMANKUTTY N., MUELLER N. D., WEST P. C., & FOLEY J. A., 2012.

Recent patterns

of crops yield growth and stagnation. Nature communications(3), 7p

ARVALIS., 2016. Stress hydrique. Les fiches accidents Maïs. [en ligne]

LORGEOU J. ; AUDIGEOS D. ; MARTIN B., 2019. Progrès génétique de 1986 à 2017 :

LES

APPORTS du renouvellement des variétés

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatique



Evolution des rendements des prairies permanentes



Nature et source des données

Données fournies par la DRAAF (source Agreste), pas de mise à jour depuis l'édition 2.

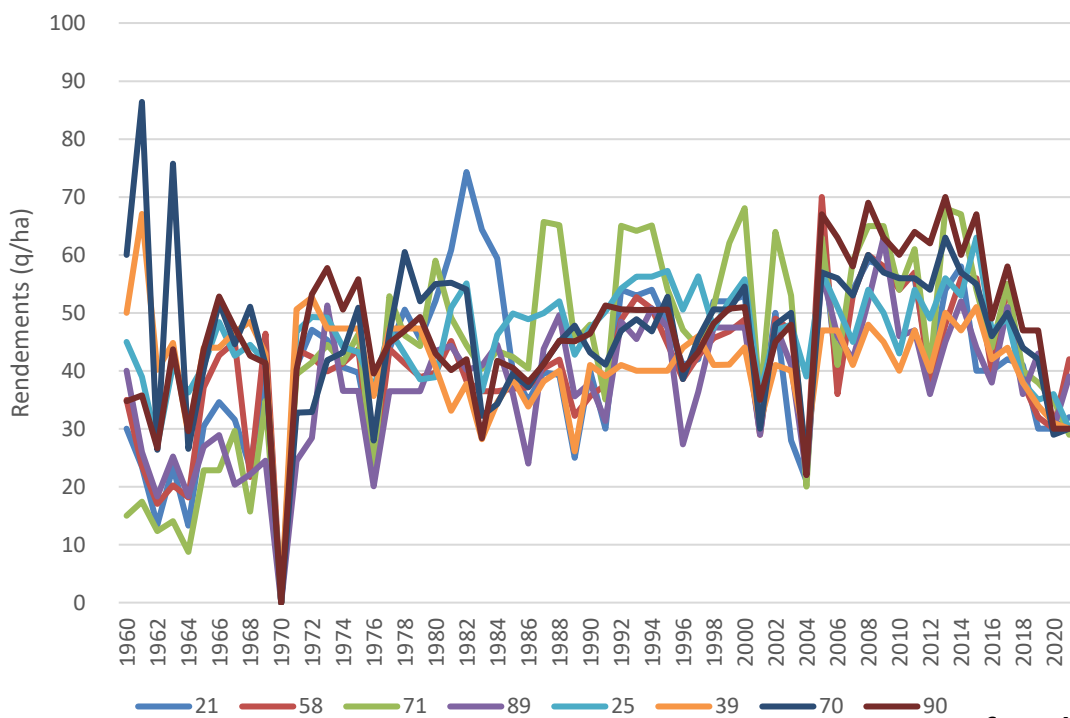


Indicateur 8

Evolution des rendements départementaux des prairies permanentes de 1960 à 2021 en Bourgogne-Franche-Comté.



Évolution observée



Source Agreste

Evolution des rendements départementaux des prairies permanentes de 1960 à 2021 en Bourgogne-Franche-Comté



Evolution des rendements des prairies permanentes



Analyse

L'évolution des rendements des prairies permanentes des différents départements de la région semblent former un plateau à partir de 1966. Avant ce plateau, certains départements comme la Haute Saône (70) et le Jura (39) présentent un rendement élevé tandis que d'autres semblent plus faibles. Le regroupement de ces valeurs de rendement peut être dû à l'homogénéisation des méthodes de calcul des rendements des prairies entre les départements ou à un développement de meilleurs usages des prairies permanentes dans les départements.

L'année 1970 est une exception, il s'agit d'une année où les résultats de rendement n'ont pas pu être récupérés sur les registres papiers.

Suite au plateau observé entre 1966 et 2005, on observe une augmentation des rendements dans certains départements comme le Territoire de Belfort (90), la Saône-et-Loire (71) et la Haute Saône (70). Avant cette augmentation, il y a un pic de diminution des rendements lié à l'année de sécheresse de 2003. Il est donc possible que cette année de sécheresse ait engendré l'utilisation de pratiques pour améliorer le rendement des prairies.

Suite à cette augmentation on observe une baisse de rendement dans tous les départements à partir de 2014. Certains départements passent de 70 q/ha à 30 q/ha. Tous les départements semblent converger vers un rendement de 30 q/ha.

Cette diminution des rendements peut être associée à l'augmentation du nombre de jours chauds par an au cours des années ainsi qu'à l'augmentation des températures et du déficit hydrique. En effet, certaines espèces prairiales sont particulièrement sensibles à la chaleur et à la sécheresse.

Des pistes d'adaptation des prairies face à la sécheresse sont disponibles dans la partie adaptation du livret.



Pour en savoir plus

INRAE, 2020. Sécheresse : focus sur les prairies permanentes. Changement climatique et risques.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE



Evolution des rendements de la pomme de terre



Nature et source des données

Données fournies par la DRAAF (source Agreste), pas de mise à jour depuis l'édition 2.



Indicateur 9

Evolution des rendements départementaux de la pomme de terre de 1960 à 2021 en Bourgogne-Franche-Comté.



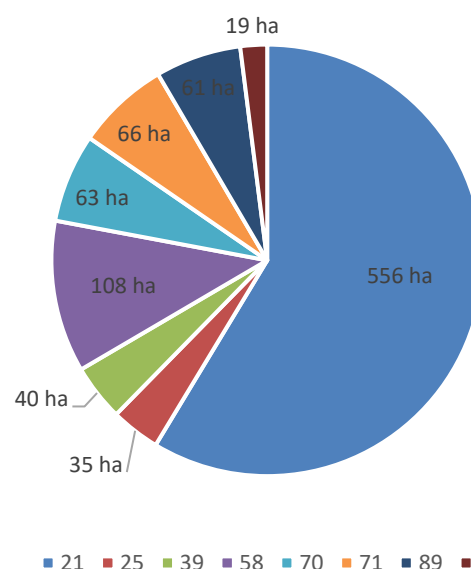
Évolution observée

En Bourgogne-Franche-Comté, les surfaces en pomme de terre sont majoritairement en Côte d'Or (53,6%).

Le reste des départements présentent des surfaces minoritaires :

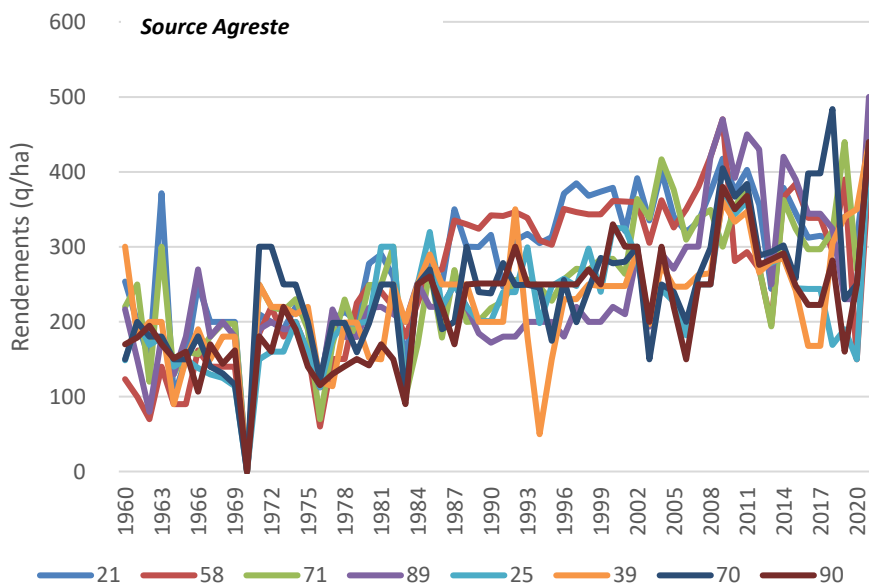
- Nièvre (58) 11,4 %
- Saône-et-Loire (71) 7 %
- Haute-Saône (70) 6,6 %
- Yonne (89) 6,4 %
- Jura (39) 4,2 %
- Doubs (25) 3,7 %
- Territoire de Belfort (90) 2 %

Le tout sur un total de 948 ha en 2020.



Surface des cultures de pommes de terre de consommation en ha dans les départements de Bourgogne-Franche-Comté en 2020

Source RA 2020



Les rendements en pomme de terre des départements de la région montrent une augmentation de 1960 à 2021. Cette augmentation ne peut pas être reliée directement au changement climatique mais il est intéressant de l'observer.

Le département de la Nièvre présente une tendance à l'augmentation plus élevée que les autres départements. Tandis que le Jura, le Doubs et le Territoire de Belfort présentent les augmentations les plus faibles. Ce sont aussi les départements avec les surfaces en pomme de terre les plus faibles de la région.

Evolution des rendements départementaux en pomme de terre de 1960 à 2021 en Bourgogne-Franche-Comté



Impact sur la Forêt



Analyse

Les écosystèmes forestiers subissent des impacts importants et variés du changement climatique.

Modification de la phénologie

Tout comme la vigne, les essences forestières subissent des modifications de leur phénologie. En effet, l'augmentation des températures entraîne progressivement un allongement de la saison de végétation des arbres. Cela se traduit par une feuillaison de plus en plus précoce au printemps et un jaunissement des feuilles plus tardif en automne. L'allongement de cette période permet une meilleure croissance des arbres et un meilleur stock des sucres mais elle les expose d'avantage à des risques de gelée tardive en début de printemps, de gelée précoce avant août ou de stress hydrique (Fibois Bourgogne-Franche-Comté, 2021).

Modification de la productivité

Une augmentation générale de la productivité des arbres est observée par les scientifiques. Cette augmentation est induite par l'allongement de la saison de végétation ainsi que l'augmentation de la teneur en CO₂ dans l'air et des dépôts azotés sur les sols. Certains phénomènes comme les périodes de sécheresses et de canicules qui obligent les arbres à réguler leur transpiration, notamment par une perte de feuillage anticipée engendrent en revanche une diminution de croissance dont l'impact peut s'étendre sur plusieurs années (Fibois Bourgogne-Franche-Comté, 2021).

Augmentation du risque d'incendie

L'augmentation des températures et des périodes de fortes chaleurs et sécheresse induisent un risque d'incendie croissant dans les forêts. En Bourgogne-Franche-Comté, ce sont les pins qui semblent les plus vulnérables. Ce qui représente environ 15 000 ha dans la région (Fibois Bourgogne-Franche-Comté, 2021).

Augmentation du risque de dégâts par des ravageurs

L'évolution du climat perturbe la répartition des cycles de développement des insectes et des organismes ravageurs des forêts. Le principal facteur déterminant de ces phénomènes est l'augmentation des températures. En effet, elle agit sur la mortalité des insectes, sur leur vitesse de développement et donc sur le nombre de générations produites et leur zone de répartition. Plusieurs insectes dont la chenille processionnaire du pin sont connus pour leur développement important ces dernières années.

Les capacités de défense des arbres face aux ravageurs sont aussi impactées par les évolutions climatiques, notamment par les périodes de stress hydrique. Cela explique aussi l'augmentation des dégâts forestiers.

Un exemple de crise lié à ces augmentations de risques est évoqué dans la plaquette de Fibois disponible dans la partie « Pour en savoir plus ». Il s'agit de l'exemple des Scolytes.

L'influence du changement climatique sur les ravageurs forestiers reste encore à explorer et sera approfondie dans la prochaine édition d'ORACLE.



Impact sur la Forêt



Modification des aires de répartition des essences forestières

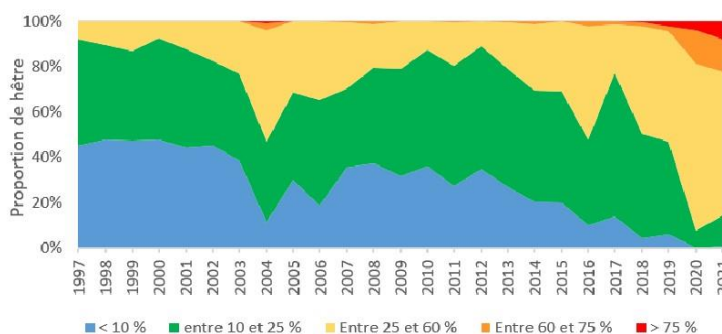
Ce point porte principalement sur des prédictions, nous ne l'évoquerons donc pas dans ORACLE. Pour plus d'information consulter le document réalisé par Fibois disponible dans la partie « Pour en savoir plus ».

Sensibilité des essences au manque d'eau

Contrairement à d'autres, certaines essences habituées à de forts cumuls de pluies et à une humidité atmosphérique importante sont sensibles au manque d'eau et peuvent être touchées par des dépérissements (Fibois Bourgogne-Franche-Comté, 2021).

Exemple : Le dépérissement du Hêtre

En Bourgogne-Franche-Comté, le hêtre est un bon exemple pour illustrer le risque du manque d'eau pour certaines essences. En effet, il montre des signes inquiétants de dépérissement liés à des sécheresses à répétition. C'est notamment l'épisode de sécheresse de 2018 qui a impacté cette essence. Cet épisode a été exceptionnel par son intensité, sa continuité et sa durée (de fin juin à fin octobre). L'importante anomalie de déficit hydrique de 2018 constitue le facteur déclencheur des dépérissements des hêtres révélés au moment de la feuillaison au printemps 2019. Les dépérissements observés sont brutaux. L'un des indicateurs de dépérissement étudié est le déficit foliaire. Sur le graphique suivant on peut observer que la proportion de hêtre avec des déficits foliaires aux dessus de 25% a fortement augmenté sur les placettes du Réseau systématique de suivi des dommages forestiers (RSSDF) à partir de 2018.



Evolution annuelle du déficit foliaire (par classe) des hêtres présents sur les placettes du RSSDF en Bourgogne-Franche-Comté (en 2021, 113 hêtres notés, répartis sur 33 placettes) – (F. Dumortier, DSF, 2022)

D'autres facteurs sont observables comme la mortalité des branches, ils sont discutés dans le document du Département de la Santé des Forêts dont la référence est disponible dans la partie « Pour en savoir plus ». Ce phénomène de dépérissement semble se stabiliser en 2022 suite à une année 2021 sans déficit hydrique (Département de la Santé des Forêts, 2022).



Pour en savoir plus

Fibois Bourgogne-Franche-Comté, 2021. Adaptation des forêts de Bourgogne-Franche-Comté au changement climatique.

Département de la Santé des Forêts, Pôle Bourgogne-Franche-Comté, DRAAF-SRAI, 2022. Dépérissements des hêtres en Bourgogne-Franche-Comté. Point de situation fin 2021. Information technique DSF Février 2022.



Introduction - Adaptations

La partie adaptations du livret est une partie qui a été développée dans la deuxième édition d'ORACLE Bourgogne-Franche-Comté. Au sein de cette partie, vous trouverez des exemples et pistes de leviers d'adaptation face au changement climatique pour les céréales, l'élevage bovin/prairies, la pomme de terre, la viticulture et la forêt. L'inventaire de ces leviers n'est pas exhaustif, ils doivent être adaptés au cas par cas selon les exploitations. Le résumé des leviers est sous forme d'un tableau les opposant aux évolutions climatiques et aux impacts du changement climatique. Les leviers sont définis dans des petits encadrés spécifiques. Des exemples d'application des leviers en régions sont cités dans les encadrés si nous avons réussi à en identifier. Nous vous invitons à aller consulter les sources citées.

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'adaptation – Céréales

Evolution climatique et impacts

Céréales	Echelle de temps	Cultures	Augmentation des degrés jour	Augmentation du nombre de jours estivaux	Augmentation du déficit hydrique	Diminution du nombre de jours de gel	Plafonnement des rendements	Autres intérêts	
Semis tardif	Court terme	Céréales d'hiver	Perte de potentiel moindre.			Résistance au gel de printemps.		Limitation du risque pucerons et levées de graminées.	
Semis précoces	Court terme	Céréales de printemps	Exploitation du gain de degrés jours.	Evitement du risque d'échaudage.	Evitement de périodes à fort déficits hydriques.				
Semis en automne	Court terme	Orge de printemps		Exploitation des hivers moins froids.	Evite les périodes de stress hydrique.	Exploitation de la diminution du nombre de jours de gel.	Déplafonnement des rendements.	Système racinaire plus développer. Intérêt pour les zones intermédiaires. Potentiel de rendement plus élevé mais plus de risques de maladies.	
Variétés précoces	Moyen terme	Toutes les cultures	Exploitation du gain de degrés jours.	Evitement du risque d'échaudage.	Evitement de périodes à fort déficits hydriques.			Compensation du temps perdu lors de semis tardif. Plus efficace qu'un semis précoce.	
Variétés tardives	Moyen terme	Maïs	Floraison et récolte en période plus propice.						
Variétés robustes	Moyen terme	Toutes les cultures	Meilleure résistance aux aléas climatiques.						
Diversification du nombre de variétés	Moyen terme	Toutes les cultures	Etalement des risques liés aux aléas climatiques.				Sécuriser les rendements.	Augmentation de la biodiversité	
Précédent légumineuses	Moyen terme	Toutes les cultures						Apport nutritif sol. Diversification des cultures. Plus-value de vente. Augmentation du taux de matière organique et de la RU.	
Culture intermédiaire	Moyen terme	Toutes les cultures	Réduction de la vulnérabilité aux aléas climatiques.		Réduction de l'érosion hydrique du sol.			Apport nutritif sol. Maintien de la biodiversité associée. Augmentation du taux de matière organique et de la RU.	
Ajout de prairies temporaires dans les successions	Long terme	Toutes les cultures					Meilleur rendement.	Apport nutritif sol. Diversification des cultures. Autonomie fourragère ou plus-value de vente.	
Substitution par l'orge	Long terme	Blé		Plante plus résiliente à la sécheresse.				Avantage lorsque faible réserve dans le sol (mais pas adapté aux sols hydromorphe ou très acides).	
Substitution par le sorgho	Long terme	Maïs			Espèce moins gourmande en eau.			Intéressant surtout en sorgho fourrager.	

Quelques exemples de Leviers

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'adaptation – Céréales

Variétés précoces

L'utilisation de variétés précoces permet d'avancer la date de récolte et ainsi d'éviter les épisodes trop secs qui ont lieu en fin de cycle.

Diversification du nombre de variétés

La diversification du nombre de variétés utilisées sur l'exploitation que ce soit en mélange ou à l'unité, permet un étalement des risques liés aux aléas climatiques et ainsi d'assurer un rendement lors d'années extrêmes. Cette diversification peut être composée de variétés présentant des précocités différentes ou des variétés plus ou moins résistantes à certains aléas.

Cultures intermédiaires

Une culture intermédiaire est implantée entre la récolte d'une culture principale et le semis de la suivante.

Ces cultures intermédiaires sont destinées à être restituées dans le sol par une destruction mécanique ou naturelle (gel). Elles permettent d'éviter que le sol soit sans couverture végétale pendant l'interculture. Ces cultures peuvent rendre de multiples services comme l'augmentation du taux de matière organique et de la RU, l'amélioration de la structure du sol, la réduction de l'érosion hydrique et/ou éolienne, le maintien de la biodiversité associée et la limitation des pertes d'azote minéral nitrique en période hivernale de drainage.

Ajout de prairies temporaires dans les successions

L'ajout de prairies temporaires dans les successions de cultures permet d'augmenter la diversité des espèces cultivées et d'implanter des espèces d'intérêt. Par exemple, des légumineuses peuvent être implantées dans ces prairies afin d'obtenir un apport d'azote dans le sol et une augmentation du taux de matière organique et de la RU. Elles peuvent permettre une augmentation de l'autonomie protéique des exploitations en polyculture élevage ou les productions peuvent être vendues à des éleveurs.

Variétés robustes

L'utilisation de variétés robustes permet de choisir des variétés résistantes aux aléas climatiques. L'institut Arvalis travaille notamment sur l'identification de ces variétés à l'aide de plateformes de phénotypage qui mettent à l'épreuve les variétés face à différents climats hydriques. L'institut réalise aussi un guide de variétés dans la zone Grand Centre comprenant l'Alsace et la Bourgogne-Franche-Comté afin d'aider à l'identification de la variété la plus pertinente à semer face au contexte. Ce guide est disponible pour le blé tendre et l'orge d'hiver.

Semis en automne – Orge de printemps

Arvalis - L'institut du végétal Bourgogne-Franche-Comté a réalisé un essai de 5 ans afin de comparer le semis d'une même variété d'orge de printemps en automne. Cet essai a montré un rendement plus élevé de l'orge de variété RGT Planet semée en automne comparé à celle semée au printemps. Ils ont observé un écart d'environ 25%. Le semis en automne permet aussi un meilleur calibrage des grains (+10 points). La teneur en protéine quant à elle reste dans la fourchette basse. Cette production révèle un rendement et une qualité brassicole de haut niveau.

Ce changement de pratique présente tout de même des limites. Le premier reste le risque de gel hivernal en plein tallage ou le risque de gel de l'épi à cause d'une montaison précoce. Ainsi il faudra identifier la date de semis la plus optimale pour éviter ce risque. De plus, l'orge peut être affectée par des bio-agresseurs et adventices.

Consulter l'essai pour plus de détails.

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'adaptation – Céréales

Précédent de légumineuses

L'ajout de légumineuses à grains comme le pois, la luzerne, la féverole, les fèves et le lupin doux en précédent d'une culture de blé permet de libérer des quantités d'azote qui seront disponibles pour les cultures suivantes. Attention, il existe une grande variabilité de ces quantités en fonction de l'espèce de légumineuse choisie. Une analyse comparative de 10 espèces a été effectuée dans le cadre du projet ProSys de l'équipe PSDR de l'INRAE Bourgogne-Franche-Comté. L'établissement de ces profils fonctionnels aide ainsi au choix des espèces de légumineuses selon les objectifs recherchés dans un environnement donné. De plus, certains impacts négatifs induits par certaines cultures de légumineuses peuvent être compensés par la mise en place de pratiques agricoles adéquates. De plus, les légumineuses à graines sont destinées essentiellement à la vente et peuvent permettre une source de revenu supplémentaire.

L'outil RESYSTH (Résilience des systèmes herbagers face au changement climatique dans le massif du Jura) porté par la Chambre régionale de Bourgogne-Franche-Comté présente lui aussi une fiche zoom sur la culture de légumineuses et plus précisément la luzerne.

Semis tardif – Céréales d'hiver

Le semis tardif des céréales à pailles permet d'éviter deux types d'incidents :

- Le gel en hiver (vernalisation pendant l'hiver et résistance au froid croissante)
- Le gel au début de montaison (la montaison a lieu en période plus douce).

Ils représentent tout de même de nombreux risques comme une levée lente, un excès d'eau pendant la germination, un froid avant le stade de tallage, une forte réduction du tallage et un décalage de cycle. L'utilisation de variétés adéquates peut rendre le semis tardif moins risqué (Arvalis).

Semis précoce – Céréales de printemps

Le semis précoce est une réponse possible car l'augmentation des températures et la diminution du nombre de jours de gel ont réduits les risques de dépérissement des plants. Ils permettent l'évitement d'épisodes trop secs en fin de cycle. Ils représentent tout de même un risque de gel tardif en début de cycle. Il faut donc les effectuer avec précaution.

Substitution par le sorgho sucrier – Maïs

La substitution par le sorgho est avantageuse dans un contexte de sécheresse car il valorise mieux l'eau disponible et permettrait un rendement supérieur.

Des essais mis en place par la chambre régionale d'agriculture Bourgogne-Franche-Comté au lycée agricole de La Barotte, à Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or) ont montré en 2019 et 2021 que le sorgho monocoupe BMR sucrier ensilé permet des performances zootechniques équivalentes au maïs fourrage avec des vaches laitières.

5 essais de variétés ont été mis en place de 2021 à 2023 par la Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire dans leurs fermes expérimentales à Jalogny et au lycée de Fontaine. Ces essais montrent un potentiel très intéressant des sorghos.

Consulter les essais pour plus de détails.

Variétés tardives – Maïs

L'utilisation de variétés tardives permet un rendement supérieur de 0,5 à 2,5 q/ha par point de tardivité. Cet avantage est contre balancé par le surcoût de séchage potentiel. Ces variétés apportent un gain de rendement quand les températures et les dates de semis leur permettent d'être valorisées. Ainsi le choix d'une variété tardive peut être avantageux si utilisé avec précaution (Arvalis).

Substitution par l'orge – Blé

La substitution par l'orge est avantageuse car il s'agit d'une culture moins sensible à la sécheresse. Elle est aussi capable de mieux exploiter les ressources du sol en cas de faibles réserves dans celui-ci.



Leviers d'adaptation – Céréales



Pour en savoir plus

BRISSON N. & LEVRAULT F.; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010). Ademe, 334p.

GATE P., VIGNIER L., DEUDON O., & GOUACHE D.; 2009. Changement climatique: impact sur le blé en France et pistes d'adaptation. Conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore, (pp. 85-99). Paris.

PSDR Bourgogne-Franche-Comté, 2020. Fiche de synthèse des résultats finaux ProSys. L'adaptation pédoclimatique, les impacts environnementaux positifs et la valeur économique de nouveaux systèmes de culture durables producteurs de protéines. INRAE.

LE PICHON D.; 2011. Alternative à l'ensilage de maïs le sorgho sucrier BMR. Cap élevage(54), 16-18.

Arvalis – Institut du végétal, 2022. Blé tendre : Quelles variétés pour les prochains semis. Bourgogne- Franche-Comté Alsace. Choisir & Anticiper. Préconisations régionales juin 2022.

Arvalis – Institut du végétal, 2021. Que faut-il penser des orges de printemps semées à l'automne après 5 ans d'expérimentation en Plaine de Dijon ?

Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire, 2022. Avec le changement climatique, en sol assez séchant, le sorgho est-il une alternative au maïs ensilage pour alimenter les bovins ? Cultures, Conduite technique des cultures. Fiche de conseils collectifs.

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'adaptation – Elevage Bovins/Prairies

Evolution climatique et impacts

Elevage/Prairies	Echelle de temps	Thématique	Augmentation du nombre de degrés jour	Augmentation du nombre de jours chauds	Augmentation du déficit hydrique	Avancement de la date de mise à l'herbe	Ralentissement de la pousse de l'herbe	Baisse des rendements des prairies	Diminution des effectifs des cheptels	Autres intérêts
Implantation de mélanges multi-espèces	Court terme	Prairies	Adapte le mélange au contexte climatique			Peut utiliser des espèces avec un développement adapté		Sécurise un rendement, autonomie		Biodiversité, enrichissement du sol, possible utilisation de légumineuses
Sursemis des prairies permanentes	Court terme	Prairies				Améliore la productivité et/ou valeur alimentaire de la prairie				Biodiversité
Pâturage tournant	Long terme	Prairies	S'adapte en fonction du climat et de la disponibilité en eau			Amélioration de la valorisation des prairies, Choisi les prairies pâturées en fonction de leur potentiel			S'adapte en fonction de la taille du cheptel	
Gérer le stock de fourrage	Moyen terme	Fourrages	Réduit les risques de manque de fourrage en période sèche			Assurer la nutrition des animaux	Pallier la réduction de la production des prairies		Aliments disponibles adaptés à la taille du cheptel complémentaire	Possibles changes fourrage/paille – fumier pour du fourrage, autonomie alimentaire
Utilisation de légumineuses fourragères	Moyen terme	Fourrages	Résistance à la sécheresse							Enrichit le sol en azote, bonne tête de rotation, positif sur la structure du sol, apports nutritifs dans la ration
Cultures dérobées fourragères estivales	Moyen terme	Fourrages	Fourrage complémentaire en période estivale, couverture du sol entre les cultures					Renouveler les prairies		Autonomie alimentaire
Optimisation de l'abreuvement	Long terme	Eau			Assure une consommation adéquate d'eau pour le bétail				Adapte l'eau disponible à la taille du cheptel	Important pour les pâturages tournants
Adaptation des effectifs du cheptel au potentiel de l'exploitation	Moyen terme	Cheptel	Réduit les risques de manque de fourrage en période sèche et réduit le stress thermique et hydrique des animaux			Evite le manquer d'herbe en été		Taille du cheptel adapté au rendement des prairies	Evite la forte diminution des effectifs et les risques sanitaires	Evite le sur-chargement des prairies
Races rustiques	Long terme	Cheptel	Race moins sensibles au stress thermique et hydrique			Amélioration de la valorisation des prairies			Consolide les cheptels	Améliore la valorisation du fourrage et la valorisation à la vente de la viande
Bâtiments adaptés au stress thermique	Long terme	Bâtiment	Réduit le stress thermique et hydrique des animaux						Evite la forte diminution des effectifs et les risques sanitaires	Peut également concerner l'implantation de structure de production d'énergie
Bois pâturables	Long terme	Aménagements	Réduit la sensibilité au stress thermique des animaux qui peuvent être à l'ombre			Réduit la sensibilité au stress hydrique des animaux qui peuvent être à l'ombre		Exploitation de zones non mécanisables, Source d'alimentation supplémentaire		Biodiversité
Agroforesterie	Long terme	Aménagements	Réduit la sensibilité au stress thermique des animaux en créant de l'ombrage			Réduit la sensibilité au stress hydrique et améliore l'infiltration de l'eau dans le sol				Stockage de carbone, biodiversité et microorganismes du sols, exploitation du bois ou des fruits

Quelques exemples de Leviers



Leviers d'adaptation – Elevage Bovins/Prairies

Mélanges multi-espèces

L'implantation de mélanges multi-espèces est un bon outil lorsque que l'on recherche l'autonomie fourragère. Ces prairies associent plusieurs graminées et légumineuses ce qui les rend plus résistantes aux stress climatiques et les rend peu dépendantes d'apport azoté. De plus, souvent riches en protéines, elles permettent de limiter l'achat de concentrés azotés pour l'alimentation animale. Ces prairies offrent également une valeur alimentaire régulière sur la saison liée aux différentes espèces de graminées utilisées.

La composition de ces prairies peut être choisie en fonction du mode d'exploitation choisi, des besoins de l'exploitation et du contexte pédoclimatique de celle-ci.

Des exemples de composition de ces prairies sont présent sur le site de l'institut Arvalis. De plus, le catalogue RESYSTH (Résilience des systèmes herbagers face au changement climatique sur le Massif du Jura) produit par la Chambre d'agriculture de Bourgogne-Franche-Comté présente une fiche sur l'adaptation des variétés d'une prairie multi-espèces selon le contexte pédoclimatique qui propose une démarche d'amélioration progressive du mélange.

Sursemis des prairies

Le sursemis est l'introduction d'une ou plusieurs espèces prairiales dans une prairie sans totalement détruire la flore existante. Il s'agit d'une alternative à la rénovation totale d'une prairie dont l'objectif est d'améliorer sa productivité et/ou sa valeur alimentaire sans interrompre la production. Les espèces introduites peuvent être pérennes ou annuelles. Cette méthode nécessite une évaluation des conditions de la prairie et de sa dégradation. Une fiche RESYSTH a été produite sur le sujet. De plus, en septembre 2021, la ferme expérimentale de Jalogny a mis en place une plateforme d'essai de sursemis sur prairie permanente. L'étude porte sur différents types de matériels plus ou moins agressifs en termes de travail du sol et plusieurs types de mélanges d'espèces. Des mesures de rendement et un suivi de la composition floristique de la prairie seront réalisés.

Pâturage tournant

Le pâturage tournant consiste à adapter sa manière de faire pâturer les animaux en fonction de leurs besoins et du développement de l'herbe.

Cette pratique nécessite d'abord d'identifier la consommation des animaux ainsi que le potentiel des parcelles et de la surface de l'exploitation. Cette surface va être divisée en paddocks en fonction de la topographie, de la nature des sols et de la pousse de l'herbe afin qu'ils soient le plus homogène possible. L'important est que les déplacements entre paddocks et l'accès à l'eau soit le plus facile possible. L'objectif est d'exploiter les prairies en fonction de leur développement ce qui permet d'éviter la surexploitation des ressources. La gestion de ces pâturages peut être adaptée aux impacts du changement climatique (sécheresse, perte de rendement des prairies, ...).

Le développement de pâturages tournants, est étudié à la ferme expérimentale de Jalogny et une présentation a été effectuée sur leur mise en place.

Stock de fourrage

La sécheresse et la diminution des rendements de prairies a pour conséquence un besoin de compléter l'alimentation des bovins en pâture durant l'été. Le stockage anticipé de fourrage pour l'été est une solution à cette problématique. Il permet d'anticiper les besoins et d'éviter les surcoûts. De plus, ce stockage peut faire partie d'échanges fourrages/fumier avec des céréaliers.

Il y a donc un point de vigilance à la capacité de stockage. Solution évoquée dans une fiche du Livret fourrages de RESYSTH.

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'adaptation – Elevage Bovins/Prairies

Utilisation de légumineuses fourragères

Les légumineuses fourragères permettent de produire des fourrages riches en protéines sans engrais azoté. De plus, elles présentent une résistance à la sécheresse accrue comparé à d'autres espèces fourragères. Les plus utilisées sont la luzerne, le trèfle blanc ou encore le trèfle violet. Leur utilisation présente de nombreux avantages mais nécessite tout de même de la vigilance.

Retrouvez une fiche complète sur l'utilisation de la luzerne dans le livret fourrage du projet RESYSTH. De plus, un article sur l'optimisation de la production de ces légumineuses existe sur le site de l'institut Arvalis.

Cultures dérobées fourragères estivales

Une culture dérobée est une culture de courte durée, intercalée entre deux autres cultures. Elle peut être plantée entre une prairie temporaire et une céréale, pour renouveler une prairie ou entre deux céréales. Elles ont pour but de couvrir les parcelles entre deux cultures afin d'éviter l'assèchement du sol. Elles peuvent être valorisées en pâturage, en affouragement vert ou en foin. Retrouvez une fiche complète sur le sujet dans le livret fourrage du projet RESYSTH.

Optimisation de l'abreuvement

L'abreuvement est une problématique importante liée à l'augmentation du déficit hydrique, de la sécheresse et des besoins en eau. L'objectif est de faciliter la distribution de l'eau sans limiter la consommation des animaux.

L'optimisation de l'abreuvement a de multiples facettes, vous pouvez retrouver des fiches correspondantes dans le livret eau du projet RESYSTH. Le guide de l'abreuvement ASSECC (Abreuvement : Solutions et resSources et Elevage face au Changement Climatique) présente aussi toutes les solutions déjà existantes pour l'optimisation de l'abreuvement.

Adaptation des effectifs au potentiel de l'exploitation

Les problématiques de diminution des cheptels et des disponibilités d'aliments et d'accès à l'eau remettent en cause la taille des cheptels. La solution serait d'adapter les effectifs des cheptels aux exploitations, que ce soit par rapport à leurs surfaces, capacités de stockage ou encore la capacité de chargement des prairies. Cela peut induire parfois de réduire le cheptel. Deux scénarii ont été identifiés par RESYSTH dans l'optique d'une diminution de cheptel, l'un dont l'objectif est de conserver le litrage total et le deuxième où il est possible de le réduire.

Bâtiments adaptés au stress thermique

Dans un objectif de bien-être animal et de maintien de la production, la problématique du stress thermique est importante. De nombreuses structures sont utilisables dans les bâtiments afin d'améliorer les conditions de vie des animaux. Il est possible d'optimiser l'aération et la ventilation, réduire le rayonnement direct et indirect et installer une brumisation. Ces démarches sont détaillées dans le livret Bâtiment de RESYSTH.

Races rustiques

L'utilisation de races rustiques peut permettre d'avoir des animaux plus adaptés aux conditions de l'exploitation mais aussi aux aléas climatiques. Elles sont souvent plus résilientes mais moins productives. Elles peuvent être mélangées avec d'autres races plus productives pour compenser les pertes de rendement. Chaque exploitation doit choisir au cas par cas la race qui peut convenir. L'exemple de la Simmental est évoqué dans le livret Cheptel de RESYSTH. Attention certaines races ne rentrent pas dans des cahiers des charges de SIQO.

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'adaptation – Elevage Bovins/Prairies

Bois pâturables

Le pâturage au bois est une démarche qui s'accroît dans des zones forestières. L'intérêt est que les arbres fournissent un ombrage pour les animaux en été, la flore des bois permet une source d'alimentation supplémentaire pour les animaux et cela permet l'exploitation de zones d'habitude inutilisées. La difficulté est l'aménagement du bois pour permettre le passage et le maintien des bêtes ainsi que leur abreuvement. Une fiche est dédiée à cette démarche dans le livret aménagement de RESYSTH.

Agroforesterie

L'agroforesterie est l'association d'arbres plantés avec des cultures ou de l'élevage. Les essences d'arbres peuvent être choisies en fonction des besoins ou de la volonté d'une autre source de valorisation (bois, fruits). En élevage, l'arbre a un rôle d'ombrage ainsi que potentiel source de nutrition. Tandis que les animaux permettent la fertilisation des sols bénéfique pour les arbres. Il faut faire attention à la toxicité de certaines essences. Plus de renseignements sont disponibles dans le livret aménagement de RESYSTH.



Pour en savoir plus

Chambre d'agriculture Bourgogne-Franche-Comté, 2022. Résilience des systèmes herbagers face au changement climatique sur le Massif du Jura. Catalogue des pistes d'adaptations. Edition 2022. RESYSTH.

Gilles V., Buteau A., 2022. Mise en place d'un pâturage tournant. CAP Protéines.

Chambre d'agriculture Bourgogne-Franche-Comté, 2022. Guide de l'abreuvement. ASSECC.



Leviers d'adaptation – Culture de pomme de terre

Contexte

La culture de Pomme de Terre en Bourgogne-Franche-Comté représente une surface de 895 ha et un rendement de 437,5 q/ha en 2021.

Par rapport au Nord de la France, la production en BFC reste minotière. Toutefois, il est intéressant de s'intéresser aux productions légumières dans un contexte où les collectivités s'investissent de plus en plus dans les réflexions autour de l'alimentation de proximité.

Cultures intermédiaires

Le principe est le même que pour les cultures intermédiaires de céréales. Une culture intermédiaire est implantée entre la récolte d'une culture principale et le semis de la suivante afin d'être restituée dans le sol par une destruction mécanique ou naturelle (gel). Elles permettent d'éviter que le sol soit sans couverture végétale pendant l'interculture. Ces cultures peuvent rendre de multiples services comme l'amélioration de la structure du sol, la réduction de l'érosion hydrique et/ou éolienne, le maintien de la biodiversité associée et la limitation des pertes d'azote minéral nitrique en période hivernale de drainage.

Une vidéo de présentation des différentes cultures intermédiaires intéressantes pour la Pomme de Terre a été publiée par l'Institut Arvalis en 2014.

Plantation sous litière

La plantation sous litière possède de multiples avantages. Elle peut être utilisée comme méthode alternative de lutte contre les adventices, ce qui a fait l'objet d'une étude de la Chambre d'agriculture d'Occitanie plus précisément axée sur la valorisation des paillages en maraichage bio.

L'objectif de cette étude est de comparer l'effet de l'utilisation du paillage sur les adventices et d'évaluer la viabilité de cette alternative. Vous trouverez les coordonnées du document dans la partie pour en savoir plus.

Le paillage permet aussi d'enrichir le sol et ainsi de permettre une meilleure rétention de l'eau dans les sols (InfoRessource, 2008)

Variétés robustes

La principale problématique est la recherche de variétés mieux adaptées aux aléas climatiques. C'est notamment l'International Potato Center (CIP) qui travaille au niveau international sur la recherche de variétés à période de végétation plus courte, qui réagissent mieux aux périodes de canicules et sécheresse, etc. (InfoRessource, 2008). En France, Arvalis a publié une synthèse de leurs essais nationaux sur la pomme de terre dans laquelle ils évoquent les caractéristiques de multiples variétés. De plus, l'Institut a développé un outil nommé DiagVar, initialement construit pour le blé par l'INRAE, cet outil permet de caractériser le comportement des variétés face aux différents stress et plus particulièrement la sécheresse.

Non labour du sol

Le non labour permet la préservation du sol, des nutriments, de l'eau et de la biodiversité qu'il contient. Cette pratique présente de nombreux risques mais si elle est réalisée de la bonne manière et dans de bonnes conditions, ils peuvent être évités. De nombreux travaux sont disponibles sur le sujet et notamment des travaux d'Arvalis.

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'adaptation – Culture de pomme de terre

		Evolution climatique					
Pomme de Terre	Echelle de temps	Augmentation du nombre de degrés jour	Augmentation du nombre de jours estivaux	Augmentation de l'ETP	Augmentation du déficit hydrique	Autres intérêts	
Plantation sous litière	Court terme			Meilleure rétention de l'eau.	Meilleure rétention de l'eau.	Apport nutritif sol. Lutte contre les adventices.	
Variétés robustes	Moyen terme	Meilleure résistance aux aléas climatiques					
Culture intermédiaire	Moyen terme	Réduction de la vulnérabilité aux aléas climatiques.	Réduction de l'érosion hydrique du sol			Apport nutritif sol. Maintien de la biodiversité associée.	
Non travail du sol	Long terme			Meilleure rétention de l'eau.	Meilleure rétention de l'eau.	Préservation de la biodiversité du sol et des nutriments.	

Quelques exemples de Leviers



Pour en savoir plus

InfoRessources, 2008. Pomme de terre et changement climatique. Focus N°1/08.

Vidéo : ArvalisTV, 2014. Les couverts adaptés à la pomme de terre – ARVALIS-infos.fr. Disponible avec le lien suivant : <https://www.youtube.com/watch?v=-TX2lxq76aw>

Arvalis – Institut du végétal, 2022. Pomme de terre, Résultats d'essais 2021 et préconisations 2022. Choisir & Décider.

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Leviers d'adaptation – Viticulture

Evolution climatique et impacts

Viticulture	Echelle de temps	Augmentation de l'ETP et de la demande hydrique	Augmentation des sécheresses estivales	Échaudage/ brûlures raisins et grillures feuilles	Gel en zone précoce et du fait de l'avancement du débourrement	Diminution de l'acidité et augmentation du pH des raisins	Augmentation de la teneur en sucre des raisins	Évolution des conditions de travail à la vigne et au chai dû à l'augmentation des T°C
Apport d'amendement organique	Court terme	Améliorer la rétention en eau du sol.						
Couverture du sol par un enherbement ou paillage	Court terme	-En hiver, favoriser l'infiltration des eaux de pluie et optimiser la recherche hydrique. -limiter l'évapotranspiration de l'eau et du sol.						
Choix de matériel végétal	Long terme	Favoriser la résistance à la sécheresse et à la chaleur.			Diminuer la sensibilité des bourgeons aux gelées.			
Choix du mode de conduite	Long terme	Taille, densité de plantation.						
Agroforesterie / Implantation de haies /Architecture de la haie foliaire	Long terme	Réduit la sensibilité au stress hydrique et améliore l'infiltration de l'eau dans le sol.	En fonction de l'orientation des rangs taille de la haie.	Favorise un ombrage du feuillage.	Tempérer les aléas climatiques.			
Irrigation de précision	Moyen terme		Apporter les quantités selon les besoins de la plante.					
Développement des engrais verts	Moyen terme	Protection contre l'érosion et le ruissellement, amélioration de la structure des sols.						
Gestion de l'entretien des sols	Moyen terme	Gestion de l'enherbement, gestion des tontes.						
Limiter l'effeuillage et le rognage	Court terme			Favoriser un ombrage naturel des grappes par les feuilles.				
Vendanges plus précoces	Moyen terme					Limiter la concentration en sucre et la diminution des acides présents.		
Procédés de vinification	Long terme					Utilisation de nouvelles souches de levures, Désalcoolisation partielle pour remédier aux changements de l'équilibre alcool/acidité.		
Dispositifs de lutte contre le gel	Moyen terme				Favoriser la protection des bourgeons.			
Nouvelle gestion de la main d'œuvre humaine et de la mécanisation	Long terme							Réorganisation de la planification des travaux à la vigne, gestion des planning de partage du matériel agricole, augmentation de la mécanisation grâce au développement de nouveaux outils (drones).

Quelques exemples de Leviers



Leviers d'adaptation – Viticulture

Apport d'amendement organique

L'apport d'amendement organique sur les vignes peut permettre à la fois une meilleure fertilisation du sol mais aussi une meilleure rétention de l'eau du sol. Il est important de se baser sur des analyses de sol pour apporter les doses nécessaires.

Couverture du sol par enherbement ou paillage

Le paillage ou l'enherbement des rangs permettent une meilleure infiltration des eaux de pluie et une meilleure optimisation de la recherche hydrique en hiver et de limiter l'évapotranspiration de l'eau et du sol en été. Attention le paillage est à effectuer quand le sol est acide car il s'agit d'une pratique qui permet de corriger le pH du sol. Pour ce qui est de l'enherbement il faut prendre en compte le risque de compétition avec la vigne.

Choix du matériel végétal

Le choix du matériel végétal peut être effectué dans plusieurs contextes. Il peut concerner la variété ou le porte greffe utilisé. Le choix de variétés plus précoces permet de favoriser la résistance à la sécheresse et à la chaleur tandis que le choix d'une variété tardive permet de diminuer la sensibilité des bourgeons aux gelées. D'autres intérêts peuvent être choisis comme une meilleure résistance aux aléas climatiques.

Choix du mode de conduite

Le choix de la taille, distance entre les plants, densité des parcelles, etc. permet une meilleure adaptation au climat. En effet, dans les régions plus chaudes du sud il est possible d'observer des rangs plus espacés, des plants plus hauts, ...

Agroforesterie/ Implantation de haies /Architecture de la haie foliaire

L'agroforesterie ainsi que l'implantation de haies ont de multiples atouts, elles permettent un ombrage pour les vignes, une meilleure densité des sols ainsi qu'un apport de microorganismes et de nutriments dans le sol.

Irrigation de précision

L'irrigation de précision permet de limiter les gaspillages d'eau et de répondre au besoin des plantes de manière individuelle.

Une étude de l'INRAE a été réalisée en 2014 pour identifier des méthodes et des outils pour maximiser la qualité et les rendements des vendanges en économisant de l'eau (Ojeda et al., 2014).

Nouvelle gestion de la main d'œuvre humaine et de la mécanisation

La main d'œuvre humaine est mise à mal par les augmentations de température et de sécheresse lors de périodes de travail intensif. La mécanisation quant à elle peut permettre de réduire la difficulté de la main d'œuvre mais elle reste dépendante du carburant et de la disponibilité de l'équipement. Ainsi, une bonne gestion de ces deux pôles peut être effectuée avec une réorganisation de la planification des travaux à la vigne, une gestion des plannings de partage du matériel agricole et une augmentation de la mécanisation grâce au développement de nouveaux outils (drones).



Leviers d'adaptation – Viticulture

Développement des engrais verts

Un engrais vert correspond à toute plante cultivée pour augmenter la fertilité des sols et non pour être récoltée.

L'implantation de ces engrais peut présenter plusieurs intérêts :

- Amélioration de la structure des sols
- Amélioration de la fertilité minérale
- Apport de matière organique
- Amélioration de l'activité biologique
- Protection contre l'érosion et le ruissellement

La mise en œuvre et le choix des espèces sont délicats. Une fiche pratique est disponible sur le site de l'Institut du vin et de la vigne.

Gestion de l'entretien des sols

La gestion de l'entretien des sols est l'une des principales solutions pour diminuer l'apport de désherbants. Cette technique répond à la problématique de pollution de l'eau liée aux herbicides mais induit des impacts sur l'utilisation de carburant et de matériel agricole. La gestion de l'entretien des sols est donc complémentaire avec des leviers d'atténuation permettant de réduire les émissions de GES.

Vendanges plus précoces

Des vendanges plus précoces permettent l'évitement des périodes trop chaudes et sèches de fin d'été. L'objectif est de limiter la concentration en sucre et la diminution des acides présents dans le raisin. De plus, cela permet des conditions de travail plus adéquates pour les travailleurs.

Limiter l'effeuillage et le rognage

L'objectif de l'effeuillage et du rognage est d'exposer les grappes au soleil afin de favoriser la fructification et l'alimentation des baies. Or ces pratiques sont remises en causes par l'augmentation des périodes de sécheresse et de forte chaleur. Ainsi limiter ces pratiques peut réduire les risques.

Dispositifs de lutte contre le gel

De multiples dispositifs de luttés contre le gel sont possibles. Ils présentent tous des avantages et ce qui les différencie est leur taux d'émissions de GES et leur coût. L'outil le plus commun est la bougie. Il existe aussi, les tours anti-gel fixes, les éoliennes mobiles, les hélicoptères, les bâches l'aspersion et les convecteurs à air chaud.

Procédés de vinification

L'impact du climat sur la qualité des grains et leur composition pose une problématique de capacité de valorisation avec les méthodes classiques de vinification.

Des procédés ont été identifiés pour adapter cette vinification au changement, comme l'utilisation de nouvelles souches de levures et la désalcoolisation partielle pour remédier au changement de l'équilibre alcool/acidité.

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Pour en savoir plus

Ojeda H., Saurin N., 2014. L'irrigation de précision de la vigne : méthodes, outils et stratégies pour maximiser la qualité et les rendements de la vendange en économisant de l'eau. Innovation agronomique, INRAE, 38, pp.97-108.

Chambres d'agriculture France, 2020. La filière viticole face au changement climatique les chambres d'agriculture engagées pour l'accompagner !

Chambre d'agriculture Bouches-du-Rhône, 2019. Changement climatique et adaptations agricoles sur le territoire de la CRAU arboriculture & viticulture. Fiches techniques août 2019.

INRA, 2017. La vigne, le vin, et le changement climatique en France. Projet LACCAVE.

Greenpeace, 2009. Changements climatiques et impacts sur la viticulture en France.

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'adaptation – Forêt

Contexte

Comme il a été évoqué dans la partie Impact du livret, la Forêt subit de nombreux impacts liés au changement climatique. Ces impacts portent principalement sur la phénologie des essences, leur productivité, leur sensibilité aux attaques de ravageurs et leur aire de répartition. Ces enjeux confrontent le système forestier actuel au climat. La difficulté liée à cette production est le pas de temps long de développement des espèces. Les choix effectués doivent être viables à long terme et les expérimentations concernant cette viabilité ne peuvent pas présenter de résultats concrets avant de nombreuses années. C'est dans ce contexte que de nombreux outils, actions et démarches expérimentales se sont mis en place en Bourgogne-Franche-Comté dans le cadre de l'adaptation des forêts.

Outils

L'objectif des outils développés en région est de diagnostiquer la vulnérabilité des peuplements forestiers pour minimiser les risques dans les choix de gestion. Ils se comptent au nombre de deux :



Site internet qui accompagne les forestiers dans le choix de leurs essences. Il s'agit d'une fusion entre une banque d'information structurée sur les essences forestières et un modèle de compatibilité climatique. La banque de d'informations répertorie dans des fiches synthétiques comprenant 37 critères un large panel d'essences. Quant à lui, le modèle permet d'évaluer la place d'une essence forestière pour un climat pour un lieu et une période donnée (actuel ou projections avec d'évolution couplés aux scénarios du GIEC). Il est valable à l'échelle d'une région forestière ou d'une Sylvo-Eco-Région.



Outil numérique pour aider le forestier dans la gestion des peuplements sur pied ou pour le choix des essences lors d'un renouvellement. L'outil définit un indice BioClimSol pour les principales essences forestières françaises, il devient alors possible d'établir un diagnostic du peuplement sur pied, traduisant une probabilité d'observer des dépérissements en fonction de l'évolution du climat. Un second module permet d'émettre des recommandations pour le choix des essences à favoriser en régénération naturelle ou à introduire en reboisement.

Actions

Malgré l'utilisation d'outils qui permettent une adéquation entre les essences et la station, la rapidité du changement climatique comparé au pas de temps d'adaptation de la forêt présente des risques. Il est donc important d'accompagner la forêt et d'avoir une approche proactive.

Dans ce cadre, plusieurs actions d'adaptation sont possibles :

- Le Mélange d'essences pour augmenter la diversité
- La diminution de la densité des essences pour diminuer la consommation en eau
- La gestion dynamique pour limiter les risques
- L'implantation de nouvelles essences ou des provenances plus méridionales

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'adaptation – Forêt

		Evolution climatique				
Forêt		Augmentation du nombre d'aléas climatiques	Augmentation du déficit hydrique	Réduction de la durée des stades phénologiques	Augmentation du risque de ravageurs	Autres intérêts
Leviers	Mélange d'essences	Meilleure résilience aux aléas climatiques.	Meilleure utilisation de la ressource en eau.		Moindre sensibilité aux ravageurs.	Meilleur fonctionnement des sols et de la litière.
	Diminution de la densité des essences		Diminue la consommation en eau.			
	Gestion dynamique	Limite l'exposition à un éclairage trop brutal, au tempêtes et aléas biotiques.	Limite l'exposition des peuplements au stress hydrique.			
	Implantation de nouvelles essences ou des provenances plus méridionales	Encore expérimentale mais pourra permettre au forestier d'implanter les essences ou provenances les mieux adaptés à son contexte régional.				

Expérimentations

Ilots d'avenir

Introduction de nouvelles essences ou provenances potentiellement adaptées aux conditions climatiques futures sur de petites surfaces (0,5 à 1 ha) pour étudier leur comportement. La plantation fait l'objet d'une convention entre le propriétaire et l'ONF ou le CRPF, afin de définir un protocole de suivi de l'expérimentation, et d'un financement des investissements à 80% par la Région Bourgogne-Franche-Comté.

L'installation de plusieurs îlots est déjà en cours et porte sur de nombreuses essences : Chêne pubescent, provenances méridionales de Chêne sessile (Poitou-Charentes et Gascogne, Sud-Ouest, Nord-Garonne), Sapin de Bornmüller, Tulipier de Virginie, Cèdre de l'Atlas, Calocèdre, Chêne de Hongrie, Noisetier de Byzance.

Tests en gestion de mélange de nouvelles essences

Accompagnement technique des propriétaires volontaires pour installer sur une surface de 1 à 2 ha, un reboisement comportant une ou plusieurs modalités de mélanges (dans la composition ou dans les conditions d'introduction). Ces mélanges pourront résulter de l'introduction de plusieurs essences, de la combinaison plants-semis naturels d'essences objectifs, pour des plantations après coupe rase, dans un jeune recru, sous abri, en enrichissement selon différentes modalités. Le suivi des dispositifs permettra d'étudier le comportement des essences et la dynamique des peuplements, de manière à proposer des évolutions des itinéraires sylvicoles.

Dans la région, l'implantation de nouvelles essences fait l'objet de deux démarches expérimentales initiées récemment et en cohérence et complémentarité avec des actions nationales.



Pour en savoir plus

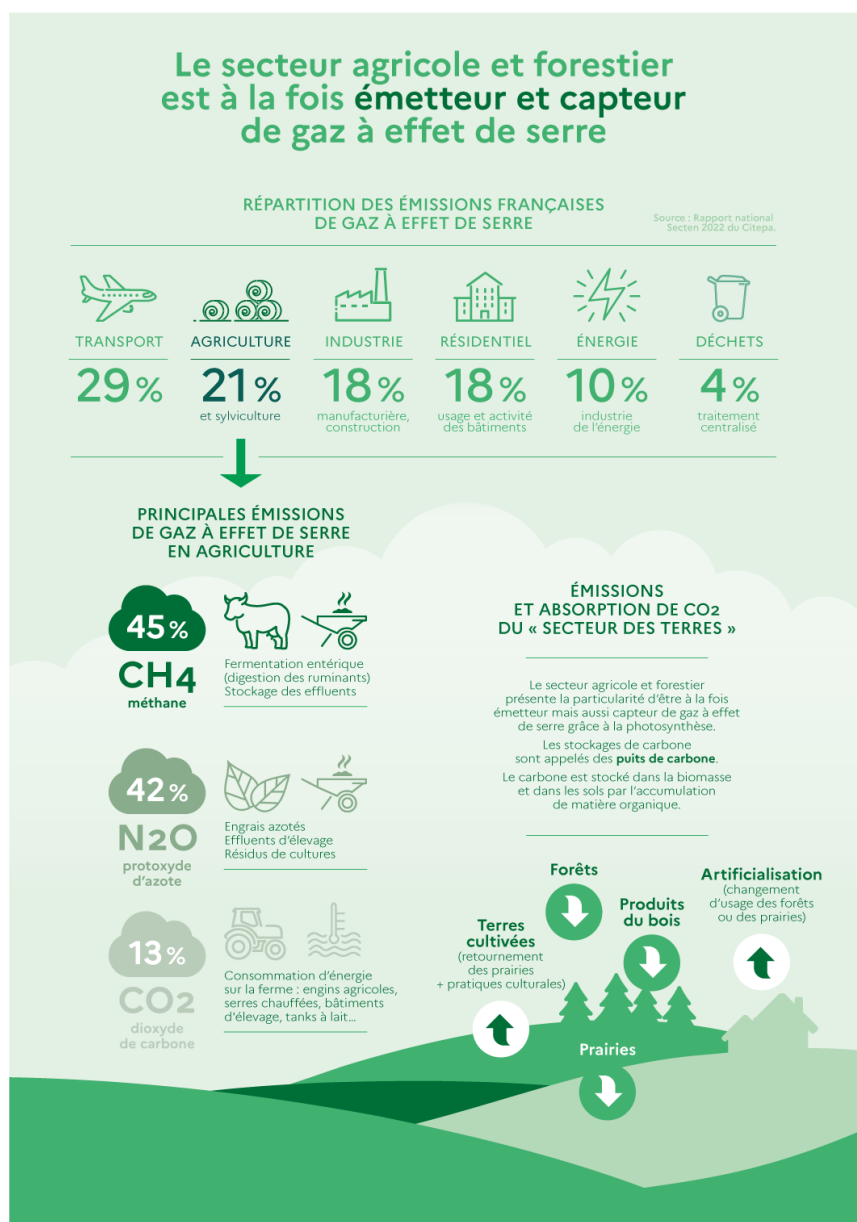
Fibois Bourgogne-Franche-Comté, 2021. Adaptation des forêts de Bourgogne-Franche-Comté au changement climatique.



Introduction – Atténuations

La partie « Atténuations » du livret est une nouvelle partie que vous pouvez découvrir dans cette troisième édition d'ORACLE Bourgogne-Franche-Comté. Au sein de cette partie, vous trouverez des exemples et pistes de leviers d'atténuation face au changement climatique pour les grandes cultures, élevage bovins/prairies, viticulture et pomme de terre. L'inventaire de ces leviers n'est pas exhaustif. Nous avons pour objectif de compléter les leviers dans les prochaines éditions. Pour chaque filière, le résumé des leviers est sous forme de tableau en fonction leurs effets dans le temps (court, moyen et long terme).

Pour rappel :



5 ATTENUATIONS



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE



Leviers d'atténuation – Céréales

		Leviers			
		Grandes cultures	Apport de matière organique (effluents d'élevage, produits résiduels organiques)	Cultures intermédiaires et intercalaires	Ajout de prairies temporaires dans les successions
		Echelle de temps	Court terme	Court terme	Moyen terme
Atténuations	Réduction de l'empreinte carbone		Réduction des émissions liées à l'achat et l'utilisation de fertilisants industriels.		
	Stockage de carbone et de nutriments		Stockage de carbone et d'azote.	Stockage additionnel de carbone et d'azote.	Stockage additionnel de carbone (dépend de la durée de la prairie).
	Limiter les besoins en eau et en énergie				
	Renforcer la biodiversité		Ressources pour les microorganismes du sol.	Diversité d'espèces végétales au sein de la parcelle, Ressources biodégradables pour les microorganismes du sol.	Mélanges de beaucoup d'espèces végétales utilisables, Refuge pour la biodiversité.
	Autres intérêts		Echanges possibles avec éleveurs. Autonomie si polyculture.	Valorisation des potentielles cultures plantées.	Valorisation en alimentation animale.



Leviers d'atténuation – Céréales

		Leviers			
		Grandes cultures	Implantation de haies	Méthanisation	Photovoltaïsme
		Echelle de temps	Long terme	Long terme	Long terme
Atténuations	Réduction de l'empreinte carbone			Utilisation potentielle de l'énergie verte produite.	Utilisation potentielle de l'énergie verte produite.
	Stockage de carbone et de nutriments		Stock du carbone.		
	Limiter les besoins en eau et en énergie			Production d'énergie verte.	Production d'énergie verte.
	Renforcer la biodiversité		Refuge pour la biodiversité. Ressources pour les microorganismes du sol.		
	Autres intérêts		Ombrage. Abrite du vent.	Source de revenu supplémentaire.	Source de revenu supplémentaire.

5 ATTENUATIONS



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatique



Leviers d'atténuation – Elevage Bovins / Prairies

Leviers

		Leviers				
Elevage Bovins/ Prairies		Apport de matière organique (effluents d'élevage, produits résiduaire organiques)	Augmentation de la proportion de légumineuses	Diversification (utilisation de luzerne, dactyle, fêtuque,...)	Exploitation de l'herbe par pâturage plutôt que par fauche	
Echelle de temps		Court terme	Court terme	Court terme	Court terme	
Atténuations	Réduction de l'empreinte carbone	Réduction des émissions liées à l'achat et l'utilisation de fertilisants industriels.			Réduction des émissions liées au transport d'aliments.	
	Stockage de carbone et de nutriments	Stockage de carbone et d'azote.	Stockage de carbone et d'azote.	Stock du carbone et d'azote si légumineuses.	Stockage additionnel de carbone et d'azote.	
	limiter les besoins en eau et en énergie					
	Renforcer la biodiversité	Ressources pour les microorganismes du sol.		Diversité d'espèces végétales, Refuge pour la biodiversité.	Ressources biodégradables pour les microorganismes du sol.	
	Autres intérêts	Augmentation de la production de la prairie.			Bien-être animal.	

5 ATTENUATIONS



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE



Leviers d'atténuation – Elevage Bovins / Prairies

Leviers					
	Elevage Bovins/ Prairies	Stockage d'aliments pour l'hiver et les périodes sèches	Réduction du cheptel	Bâtiments adaptés	Méthanisation
	Echelle de temps	Moyen terme	Moyen terme	Long terme	Long terme
Atténuations	Réduction de l'empreinte carbone	Réduction des émissions liées au transport et achat d'aliments.	Diminution des émissions de GES par les animaux.		Utilisation potentielle de l'énergie verte produite.
	Stockage de carbone et de nutriments				
	Limiter les besoins en eau et en énergie		Réduction de l'usage d'eau et d'énergie.	Réduction de l'usage d'eau et d'énergie pour chauffer ou refroidir les bâtiments.	Production d'énergie verte.
	Renforcer la biodiversité				
	Autres intérêts	Autonomie.	Bien-être animal. Autonomie.	Bien-être animal.	Source de revenu supplémentaire.

5 ATTENUATIONS



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE



Leviers d'atténuation – Viticulture

Leviers						
Viticulture	Apport de matière organique (effluents d'élevage, produits résiduares organiques)	Enherbement des sols	Implantation de haies	Photo-voltaïsme	Vitiforesterie	Viniculture
Echelle de temps	Court terme	Moyen terme	Long terme	Long terme	Long terme	Moyen terme
Réduction de l'empreinte carbone	Réduction des émissions liées à l'achat et l'utilisation de fertilisants industriels.			Utilisation potentielle de l'énergie verte produite.		- Repenser les emballages (poids des bouteilles) - Revoir les modes de transport des marchandises.
Stockage de carbone et de nutriments	Stockage de carbone et d'azote.	Stockage additionnel de carbone et d'azote.	Stock du carbone.		Stockage de carbone.	
Limiter les besoins en eau et en énergie		Evite l'évapotranspiration.		Production d'énergie verte.		Conception des bâtiments.
Renforcer la biodiversité	Ressources pour les microorganismes du sol.	Diversité d'espèces végétales au sein de la parcelle. Ressources biodégradables pour les microorganismes du sol.	Refuge pour la biodiversité. Ressources pour les microorganismes du sol.		Refuge pour la biodiversité. Ressources pour les microorganismes du sol.	
Autres intérêts	Echanges possibles avec éleveurs. Autonomie si polyculture.		Ombrage. Abrite du vent.	Ombrage. Source de revenu supplémentaire.	Ombrage. Abrite du vent. Diversification de la production (fruits, bois).	

Atténuations

5 ATTENUATIONS



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Leviers d'atténuation – Pomme de Terre

		Leviers		
Pomme de Terre		Apport de matière organique (effluents d'élevage, produits résiduels organiques)	Plantation sous litière	Cultures intermédiaires et intercalaires
Echelle de temps		Court terme	Court terme	Moyen terme
Atténuations	Réduction de l'empreinte carbone	Réduction des émissions liées à l'achat et l'utilisation de fertilisants industriels.		
	Stockage de carbone et de nutriments	Stockage de carbone et d'azote.	Stockage additionnel de carbone et d'azote.	Stockage additionnel de carbone et d'azote.
	Limiter les besoins en eau et en énergie		Meilleure rétention de l'eau.	
	Renforcer la biodiversité	Ressources pour les microorganismes du sol.	Ressources biodégradables pour les microorganismes du sol.	Diversité d'espèces végétales au sein de la parcelle. Ressources biodégradables pour les microorganismes du sol.
	Autres intérêts			Valorisation des potentielles cultures plantées.



Leviers d'atténuation – Pomme de Terre

		Leviers				
		Pomme de Terre	Implantation de haies	Méthanisation	Photovoltaïsme	Agroforesterie
Atténuations	Echelle de temps		Long terme	Long terme	Long terme	Long terme
	Réduction de l'empreinte carbone			Utilisation potentielle de l'énergie verte produite.	Utilisation potentielle de l'énergie verte produite.	
	Stockage de carbone et de nutriments		Stock du carbone.			Stockage de carbone.
	Limiter les besoins en eau et en énergie			Production d'énergie verte.	Production d'énergie verte.	
	Renforcer la biodiversité		Refuge pour la biodiversité. Ressources pour les microorganismes du sol.			Refuge pour la biodiversité. Ressources pour les microorganismes du sol.
	Autres intérêts		Ombrage. Abrite du vent.	Source de revenu supplémentaire.	Ombrage. Source de revenu supplémentaire.	Ombrage. Abrite du vent. Diversification de la production (fruits, bois).



Pour en savoir plus

Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Favardin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L., 2013. **Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques.** Rapport d'étude, INRA (France), 454 p.

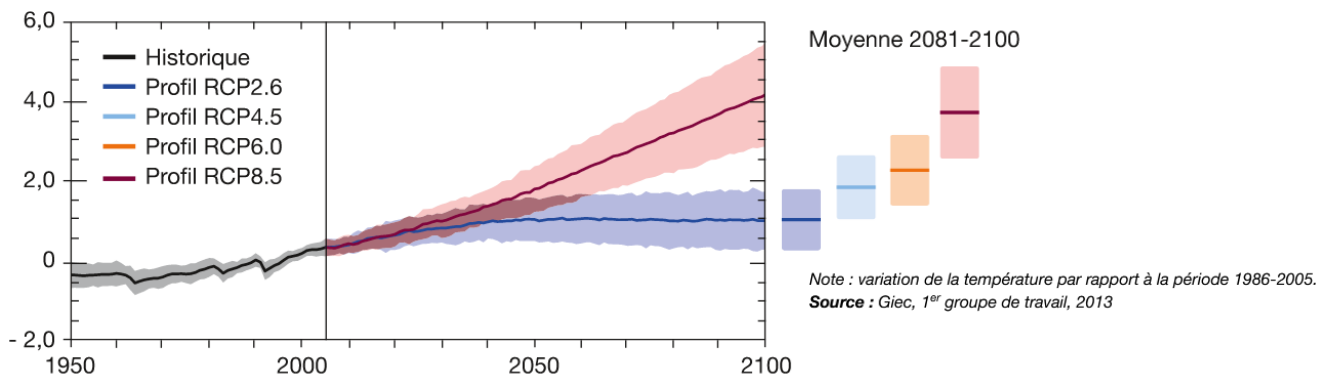
Sylvain Pellerin et Laure Bamière (pilotes scientifiques), Camille Launay, Raphaël Martin, Michele Schiavo, Denis Angers, Laurent Augusto, Jérôme Balesdent, Isabelle Basile-Doelsch, Valentin Bellassen, Rémi Cardinael, Lauric Cécillon, Eric Ceschia, Claire Chenu, Julie Constantin, Joël Darroussin, Philippe Delacote, Nathalie Delame, François Gastal, Daniel Gilbert, Anne-Isabelle Graux, Bertrand Guenet, Sabine Houot, Katja Klumpp, Elodie Letort, Isabelle Litrico, Manuel Martin, Safya Menasseri, Delphine Mézière, Thierry Morvan, Claire Mosnier, Jean Roger-Estrade, Laurent Saint-André, Jorge Sierra, Olivier Thérond, Valérie Viaud, Régis Gâteau, Sophie Le Perchec, Olivier Réchauchère, 2020. **Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ?** Rapport scientifique de l'étude, INRA (France), 540 p.

Chambre d'agriculture France, 2015. **Livret pédagogique C'est bon pour le climat**



Les tendances climatiques et agroclimatiques observées dans ce livret sur les 50 à 60 dernières années, notamment pour les températures moyennes annuelles confortent les tendances annoncées par les travaux du GIEC. Il est impossible de faire le lien direct entre ces tendances mais il est possible de constater une ressemblance. Les augmentations observées jusqu'à nos jours peuvent bien sûr être accentuées avec le temps.

Projection de la variation de température moyenne mondiale suivant différents scénarios (en °C)



La décision du COPIL de travailler avec l'ensemble des données disponibles de Météo France et non pas uniquement les données homogénéisées conforte le rapport sur l'état du climat européen publié le lundi 19 juin 2023, rédigé par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le service Copernicus (C3S), un programme de l'Union européenne. Celui-ci révèle que "l'Europe se réchauffe deux fois plus que la moyenne mondiale depuis les années 1980". En 2022, "la température européenne moyenne a été supérieure d'environ 2,3 °C à la moyenne préindustrielle". Pour rappel, l'objectif de l'accord de Paris sur le climat, ratifié en 2015 par 196 pays, vise à maintenir le réchauffement climatique bien au-dessous de 2 °C.

Lexique simplifié

Adaptation Ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter les opportunités bénéfiques. En agriculture, l'adaptation :

- diffère en fonction du système de production et de sa localisation notamment ;
- peut concerner tout ou partie de chaque système de production ;
- consiste à atténuer les effets néfastes du changement climatique tout autant qu'à exploiter ses opportunités ;
- nécessite la connaissance des évolutions probables du climat et des relations entre climat et production végétale.

Atténuation Réduction des émissions de gaz à effet de serre issues des activités humaines destinée à réduire l'ampleur du changement climatique.

Chaîne SIM (SAFRAN-ISBA-MODCOU) Chaîne de calcul opérationnelle de Météo France dédiée à l'étude spatialisée du bilan d'eau et d'énergie au pas de temps journalier depuis 1958. Elle couvre la France métropolitaine avec une grille de 8 km x 8 km. Elle permet notamment d'étudier l'évolution de l'humidité du sol et des pluies efficaces (infiltration + ruissellement) à l'échelle de territoires.

Impact Effet du changement climatique sur une activité humaine ou sur son environnement. S'étudie généralement en l'absence de toute mesure d'adaptation.

Observation Information issue d'un constat ou d'une mesure in situ. Elle correspond à une réalisation véritable du phénomène étudié. Les séries longues d'observations permettent d'identifier d'éventuelles tendances climatiques ou agricoles en lien avec le changement climatique.

Modélisation Représentation virtuelle d'un système et de ses lois de fonctionnement permettant de reproduire son fonctionnement, notamment par voie informatique. Modélisation climatique et modélisation agronomique sont utilisées pour estimer les effets futurs à long terme (mi XXIème et fin XXIème siècle) du changement climatique sur l'agriculture.

Ré-analyse Utilisation a posteriori des modèles numériques de prévision du temps pour reconstruire le climat passé à partir de l'ensemble des données météorologiques disponibles. Dans le cadre du projet Climsec, une réanalyse hydro-météorologique a été effectuée sur la période 1958-2008 en utilisant la chaîne de modèles Safran-Isba-Modcou (SIM).

Série climatologique Suite – idéalement continue - de données météorologiques en un lieu donné, suffisamment longue (30 ans au moins) pour caractériser le climat de ce lieu.

Série homogénéisée (SH) Série climatologique corrigée à l'aide de méthodes statistiques des biais et des ruptures liés aux modifications dans les conditions de la mesure (déplacement de la station, changement de capteur...) ayant impacté la valeur mesurée. Non corrigés, ces biais et ruptures peuvent conduire à des conclusions erronées sur les évolutions climatiques observées. Les séries homogénéisées constituent donc des références pour analyser l'évolution du climat des décennies écoulées. Pour un usage agricole, leur principale limite réside dans leur pas de temps mensuel.

Série quotidienne de référence (SQR) Série climatologique à pas de temps journalier et sans correction des biais et ruptures, jugée apte à l'étude du changement climatique observé. Elle est sélectionnée par identification dans les SH (Cf. série homogénéisée) de périodes supposées homogènes pour chaque série de données. Pour un usage agricole, leur principal atout réside dans leur pas de temps journalier qui permet le calcul d'indicateurs agro-climatiques.

Scénario d'émission (de gaz à effet de serre) Hypothèse d'évolution future des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Les concentrations en gaz à effet de serre issues des scénarios d'émission, permettent d'alimenter les modèles climatiques de description des climats futurs possibles.

