



Face au Changement Climatique : Construire l'Agriculture de Solutions

Positiver le lien entre agriculture et climat

Il est avéré que l'accélération de l'augmentation des températures est due aux émissions de gaz à effet de serre (GES) générées par les activités humaines (agriculture, bâtiments, déchets, production d'énergie, industrie, transports). L'agriculture a réellement une posture singulière car elle est à la fois impactée, contributrice et apporteuse de solutions. En effet, le «secteur des terres» peut jouer un rôle majeur et pourrait contribuer de 20 à 60 % au potentiel d'atténuation des émissions de GES d'ici 2030 grâce au rôle de l'agriculture et de la forêt en tant que pompe à carbone, permettant de **stocker le carbone** et de **compenser les émissions des autres secteurs**, par la production de matériaux et d'énergies renouvelables et par une évolution des modes de production.

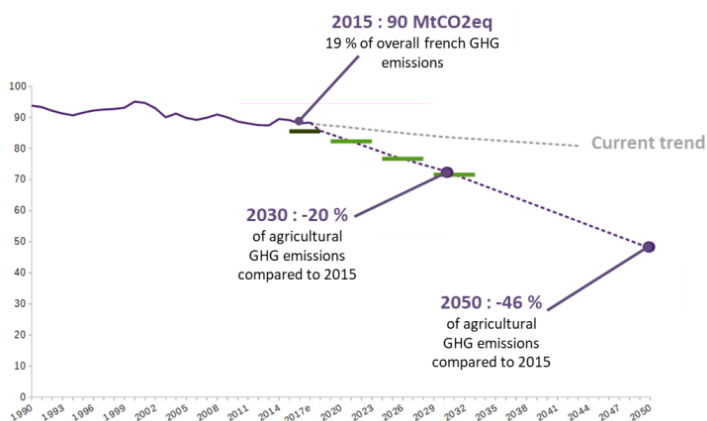
Afin de lutter efficacement contre le réchauffement climatique, l'agriculture doit s'engager dans une réflexion globale et systémique pour, à terme, réduire les émissions de gaz à effet de serre. Des solutions existent. Notamment le recours préférentiel à l'azote organique et au développement des légumineuses ou de l'agroforesterie. Les arbres et les haies assureront la protection et l'enrichissement en carbone des sols, la réduction du risque de stress hydrique ainsi que des abris naturels aux animaux d'élevage.

Le rôle de l'agriculture et de la forêt dans la lutte contre le changement climatique est reconnu depuis **la COP21 organisée en 2015**. Elle est inscrite dans les accords de Paris, et a donné une réelle légitimité à l'initiative « 4 pour 1000 » au travers de la stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC).

La SNBC s'appuie sur un scénario prospectif d'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050, sans faire de paris technologiques. Celui-ci permet de définir un chemin crédible de la transition vers cet objectif, d'identifier les verrous technologiques et d'anticiper les besoins en innovation.

Évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire français pour le secteur agricole

entre 1990 et 2050 (en MtCO₂eq). Inventaire CITEPA 2018 et scénario SNBC révisée (neutralité carbone)



Les effets du changement climatique se font ressentir depuis plusieurs années. L'agriculture y est particulièrement sensible. Pour rester compétitives les exploitations doivent relever le défi de l'adaptation et de l'atténuation.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) envisage quatre futurs possibles selon des évolutions de contexte socio-économique, des efforts de réduction des GES dans le temps par secteur et par pays et le rôle des différents leviers de changement : politique, technologie, comportemental. Chaque scénario correspond à une concentration atmosphérique en gaz à effet de serre à l'horizon 2100. L'impact de cet effet de serre sur le climat est calculé à l'aide du forçage radiatif (c'est-à-dire la modification du bilan radiatif de la planète). Le bilan radiatif représente la différence entre le rayonnement solaire reçu et le rayonnement infrarouge réémis par la planète.

Plus cette valeur est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe.

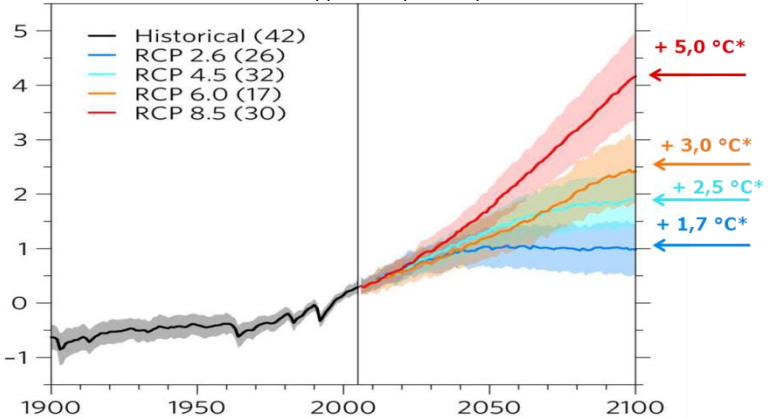
Les scénarios sont ainsi dénommés en fonction des différents forçages:

- RCP 8.5 «pas de changements» - Les émissions continuent d'augmenter à la vitesse actuelle.
- RCP 6.0 «quelques atténuations» - Les émissions augmentent jusqu'en 2080 puis diminuent.
- RCP 4.5 «fortes atténuations» - Les émissions se stabilisent à la moitié du niveau actuel en 2080.
- RCP 2.6 «très fortes atténuations» - Les émissions sont divisées par 2 en 2050.

Evolution de la température moyenne mondiale de 1900 à 2100

(écart à la moyenne 1971-2000). Source : GIEC, 2013.

* Par rapport à la période pré-industrielle



- L'adaptation : « je me sauve moi-même et je gère l'inévitable »
- L'atténuation : « je sauve mes enfants et j'évite l'ingérable »



Projections Climatiques – Qu'est-ce que c'est ?

L'outil ClimA XXI vise à produire des éléments chiffrés et d'analyse afin de prendre la mesure du sujet et permettre à l'agriculture de percevoir l'influence du réchauffement climatique sur ses pratiques. Il permet de partager la vision des constats, l'impact des menaces et les solutions possibles.

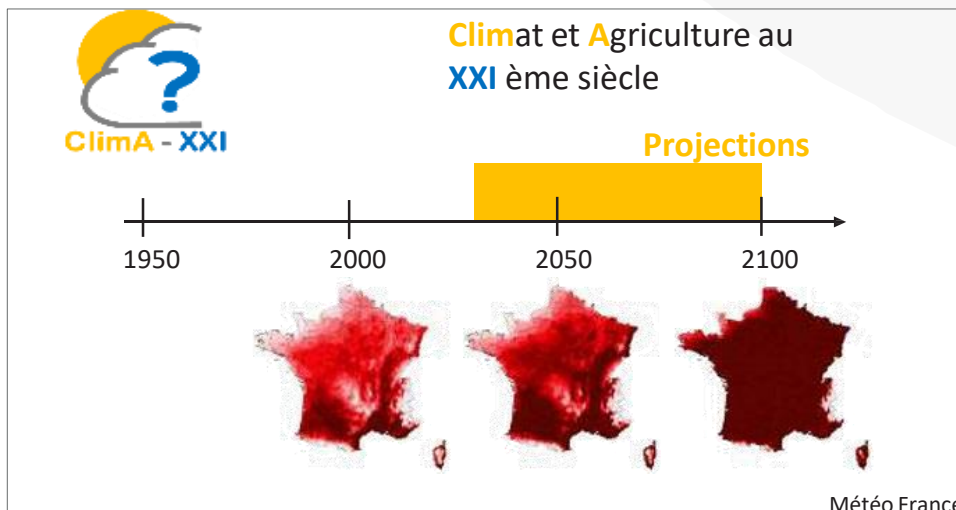
Les projections climatiques sont réalisées par les climatologues, et utilisées notamment dans les travaux du GIEC. Elles permettent de décrire les évolutions climatiques à venir, pour différentes hypothèses d'émissions de gaz à effet de serre.

Plusieurs localisations sont analysées, ainsi que plusieurs filières sur un même département. L'étude simule l'évolution d'indicateurs climatiques (descripteurs climatiques comme le cumul des précipitations journalières) ou d'indicateurs agro-climatiques (descripteurs en lien avec l'agriculture comme la date de mise à l'herbe).

Les indicateurs sont calculés à partir de projections climatiques fournies par le portail « DRIAS – les futurs du climat » développé par Météo-France. Un seul modèle climatologique et un seul scénario d'émissions de gaz à effet de serre sont utilisés pour ces études,

- Les comparaisons portent sur 3 périodes de **30 ans**, représentant **des horizons de temps différents** :

- Les années **1990** (1976-2005) : **période de référence**
- Les années **2030** (2021-2050) : **futur proche**
- Les années **2080** (2071-2100) : **futur lointain**



Il s'agit de données modélisées (passées comme futures). **Ce ne sont pas des prévisions, mais des projections !**

ClimA XXI est un outil éprouvé depuis plusieurs années sur le territoire français.

Les projections climatiques seront calculées sur la base du scénario **RCP8.5**, scénario qui s'avère le plus réaliste car il correspond à la prolongation des émissions actuelles.



Territoire « Mâconnais » alt. 175 - 400 m : Commune « Mâcon »



Le sud de la région Bourgogne-Franche-Comté est marqué par un climat à la triple influence continentale, océanique et méridionale. Le climat est plus chaud que le reste de la région, avec un nombre de jours de gel plus faible et des étés chauds. La vallée de Saône, orientée nord-sud et protégée des masses d'air océanique par les reliefs n'enregistre pas plus de 850 mm d'eau par an. Les exploitations qui produisent des grandes cultures sont le plus souvent mixtes (viticulture, élevage allaitant, élevage de chèvre...)

Les sols, à majorité limoneux, sont profonds à fort potentiel. Les grandes cultures sont essentiellement représentées par du blé et du maïs (grain et ensilage) avec de l'orge d'hiver et du colza. Plus localement, les sols inondables du val de Saône, principalement des alluvions argileuses, sont exploités en prairies permanentes ou en maïs grain et soja.



Quelles que soient les projections, les sources et données sont identiques

- Source : *DRIAS/CNRM 2020*

- Nature : *PROJECTIONS CLIMATIQUES - MODELE ALADIN - SCENARIO RCP8.5*

- Horizons temporels analysés : *référence 1976-2005, Futur proche 2021-2050, Futur lointain 2071-2100*



Indicateurs Climatiques et Agroclimatiques

Quel avenir pour les cultures ?

Liste des indicateurs étudiés :

Généraux

- Températures moyennes mensuelles (°C)
- Nombre de jours de gel par an
- Cumuls mensuels des précipitations (mm)
- Nombre de jours par mois où les précipitations sont < 1 mm
- Sécheresse des sols (Indice sécheresse d'humidité des sols (SSWI))

Cultures

- Blé : Nbre de jours chauds où la température maximale est supérieure ou égale à 25°C du 01/04 au 30/06
Nbre de jours où la température minimale est inférieure ou égale à - 4°C par décade du 01/02 au 30/04
- Colza : Nbre de jour où les précipitations sont supérieures à 5 mm du 01/08 au 30/09
Nbre de jours où la température minimale est inférieure ou égale à 0°C du 01/10 au 31/01 par décade
- Maïs : Nbre de jours où la température minimale est inférieure ou égale à 0 du 01/04 au 31/05
Date de franchissement des 1500°J base 6 - initialisée au 15/04
Date de franchissement des 1800°J base 6 - initialisée au 15/04
Pluies efficaces du 01/06 au 31/08 (mm)
Nbre de jours où la température est > à 35°C du 01/05 au 30/09
- Soja : Pluie efficace du 01/06 au 31/08 (mm)





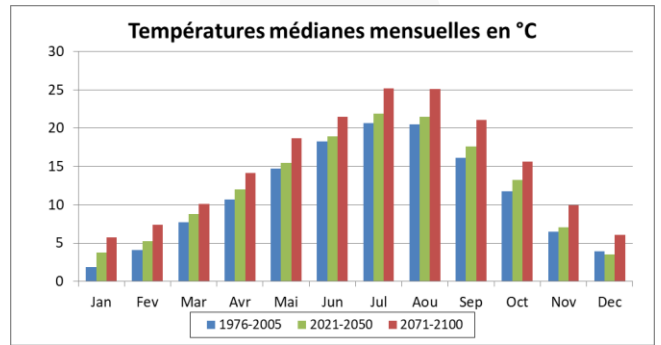
Indicateurs Climatiques généraux

Températures médianes mensuelles (°C)

En valeurs médianes, nous constatons une augmentation des températures annuelles de **1,1°C** dans les années 2030 et de **3,5°C** dans les années 2080 par rapport à la période de référence (années 1990).

Au milieu du XXI^{ème} siècle, l'accroissement de température par rapport à la fin du XX^{ème} siècle est le plus marqué pour les mois de janvier (+ 1,9°C) et d'octobre (+ 1,5°) pour les valeurs médianes).

A la fin du XXI^{ème} siècle, l'accroissement de température par rapport à la fin du XX^{ème} siècle est le plus marqué en été, de juillet à septembre (+ 4,5 à 4,9°C), et est plus limité pour les mois de décembre (+ 2,2 °C) et de mars (+ 2,4°C).



Températures médianes mensuelles de la période de référence et variations de températures pour le futur proche et le futur lointain

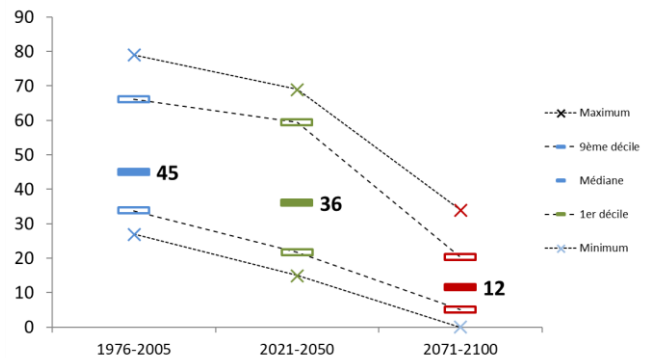
Période	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
1976-2005	1,9	4,1	7,7	10,7	14,8	18,2	20,7	20,5	16,2	11,7	6,5	3,9	11,5
2021-2050	1,9	1,1	1,1	1,3	0,7	0,7	1,3	0,9	1,4	1,5	0,6	-0,4	1,1
2071-2100	3,9	3,4	2,4	3,4	3,9	3,2	4,5	4,6	4,9	3,9	3,4	2,2	3,5

Nombre de jours de gel par an

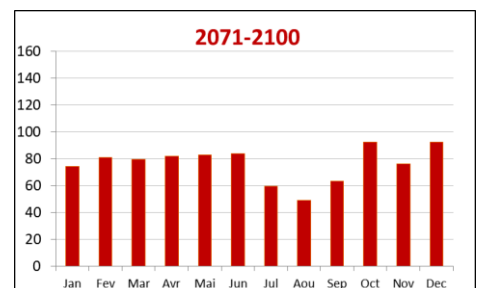
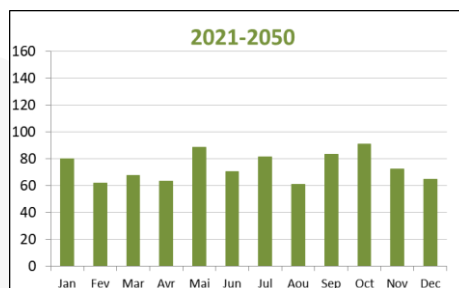
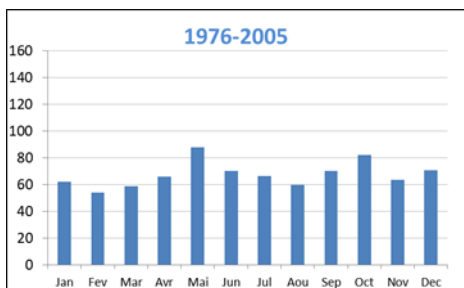
A Mâcon, on constate une diminution du nombre de jours de gel au cours du XXI^{ème} siècle comparé à la fin du XX^{ème} siècle.

Au milieu du XXI^{ème} siècle, le nombre de jours de gel aura diminué de 13 jours pour les valeurs médianes en comparaison à la fin du XX^{ème} siècle.

D'ici la fin du XXI^{ème} siècle, le nombre de jours de gel aura été presque divisé par 4 par rapport à la fin du XX^{ème} siècle. De plus, il ne gèlera plus l'année la plus chaude !



Cumul mensuel des pluies (mm) : médianes trentenaires



A Mâcon, la répartition mensuelle des pluies (médianes) évolue du milieu du XXI^{ème} siècle à la fin du XXI^{ème} siècle.

Au milieu du XXI^{ème} siècle (par rapport à la fin du XX^{ème} siècle), on constate :

- Une augmentation de la pluviométrie médiane annuelle de 857 à 939 mm ;
- Une hausse des précipitations est observée toute l'année, surtout en janvier (+ 18 mm) et juillet (+ 15 mm) et en février et mars et de septembre à novembre (environ + 10 mm/mois).
- Une stabilité (à + ou - 5 mm/mois) des précipitations médianes d'avril à juin, en août et en décembre.

A la fin du XXI^{ème} siècle (par rapport à la fin du XX^{ème} siècle), on constate :

- Une augmentation des précipitations médianes annuelles de 857 mm à 977 mm ;
- Une hausse des précipitations est plus visible pour les mois d'hiver d'octobre à avril inclus (environ + 11 à 28 mm/mois) et en juin (+ 14 mm).
- Une légère diminution des précipitations uniquement en fin de printemps et été : mai (- 9 mm), juillet (- 7 mm), août (- 10 mm) et septembre (- 6 mm).



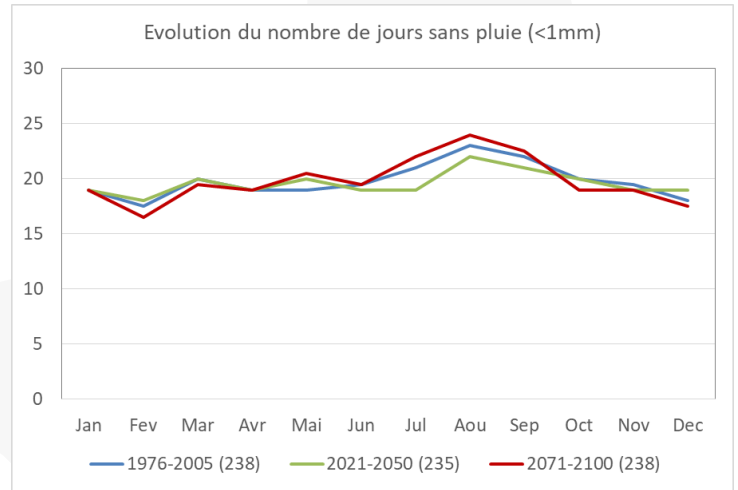


Nombre de jours par mois où les précipitations sont inférieures à 1 mm

A l'avenir, le nombre de jours sans pluie mensuelle ne va pas sensiblement évoluer par rapport aux années 90.

De fait, d'ici le milieu du XXI^{ème} siècle, on aura entre - 1 et + 1 jour de pluie mensuelle (sauf - 2 jours) en juillet avec une tendance très légère à la baisse sur l'année.

A la fin du XXI^{ème} siècle, la tendance sera plus stable sur l'année. Avec une baisse d'octobre à mars et une hausse de mai à août.



Médiane mensuelle du nombre de jours sans pluie de la période de référence et variations pour le futur proche et le futur lointain

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1976-2005	19	18	20	19	19	20	21	23	22	20	20	18
2021-2050	0	1	0	0	1	-1	-2	-1	-1	0	-1	1
2071-2100	0	-1	-1	0	2	0	1	1	1	-1	-1	-1

Sécheresse des sols

(Indice sécheresse d'humidité des sols (SSWI))

A l'avenir, les sols seront nettement plus secs.

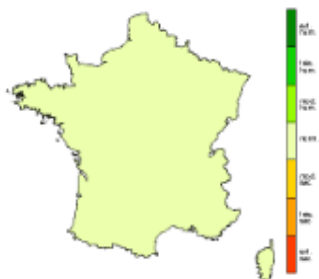
Dès les années 2035, les sols s'assècheront dans le département de Saône-et-Loire. Au niveau des années 2055, seules quelques zones du nord la Bresse seront épargnées par une sécheresse intense.

Néanmoins, d'ici la fin du XXI^{ème} siècle, tout le département sera touché par cette importante sécheresse.

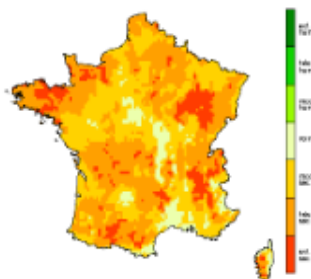
Indice sécheresse d'humidité des sols (SSWI) du modèle ISBA, Scénario d'évolution socio-économique pessimiste (A2)

Moyenne annuelle - CLIMSEC-2010 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France

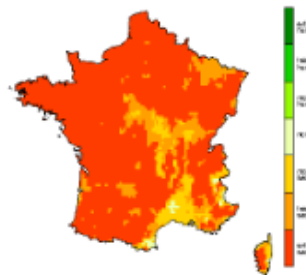
Référence (autour de 1970)



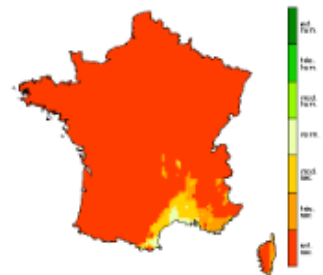
Horizon proche (autour de 2035)



Horizon moyen (autour de 2055)



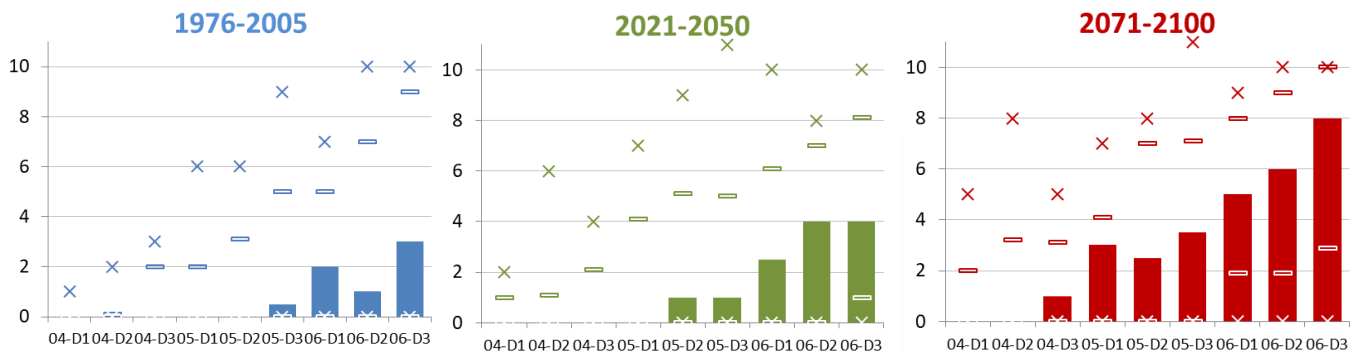
Horizon lointain (autour de 2085)





Quel avenir pour le Blé ?

Problème de remplissage des grains de blé : nombre de jours chauds où la température maximale est supérieure ou égale à 25°C par décade du 1er avril au 30 juin



A l'avenir, le nombre de jours chauds à plus de 25°C va augmenter durant l'été.

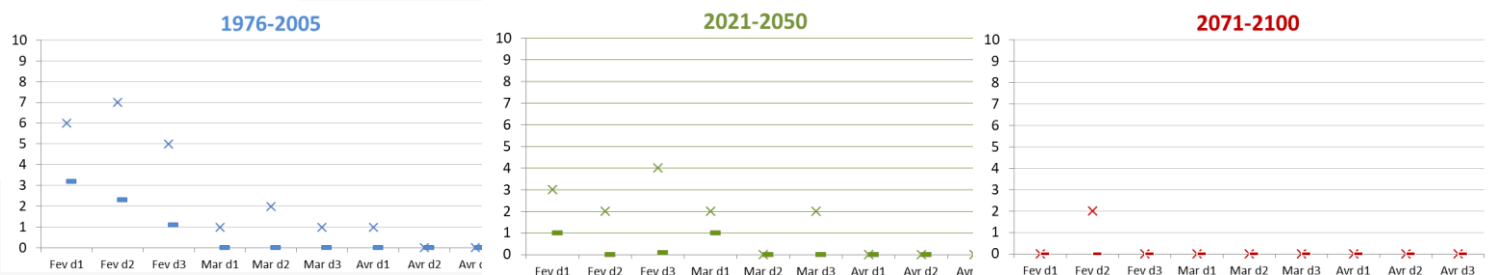
Comparé à la fin du XX^{ème} siècle, au XXI^{ème} siècle, le nombre de jours chauds va augmenter de 6 jours en valeur médiane.

Ce chiffre va drastiquement augmenter d'ici la fin du XXI^{ème} siècle, en presque triplant d'avril à juin. Ceci va s'accompagner d'une apparition de jours chauds sur les mois de mai voire fin avril. De plus, les jours chauds obtenus sur le mois de juin dans le passé deviendront la norme sur le mois de mai d'ici la fin du XXI^{ème} siècle.

Ces phénomènes auront un impact non négligeable sur le bon développement du blé. De ce fait, une augmentation des températures supérieures à 25°C accroît le risque d'échaudage (problème de remplissage des grains), ce qui impacte négativement les rendements de manière non négligeable.

Risque de gel sur blé :

Nombre de jours où la température minimale est inférieure ou égale à - 4°C par décade du 1^{er} février au 30 avril



Comparé à la fin du XX^{ème} siècle, le nombre de jours de gel évolue peu d'ici le milieu du XXI^{ème} siècle, bien qu'il aille dans le sens de la réduction (ex : il y aura 1 jours de gel à - 4°C une année sur 10 dans la 1^{ère} décade de février d'ici le milieu du XXI^{ème} siècle au lieu de 3 dans le passé). Cet indicateur va ensuite se réduire de manière drastique à la fin du XXI^{ème} siècle, avec une absence de risque 9 années sur 10 à partir du 20 février.

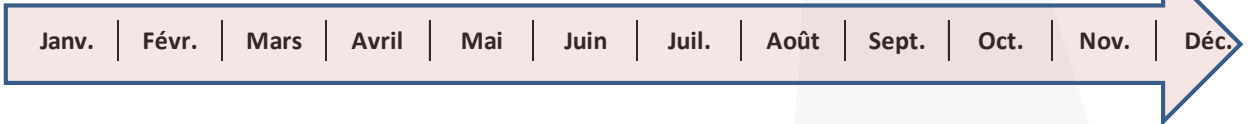
Cette réduction du nombre de jours de gel au printemps pourrait réduire les risques de gels d'épi sur blé (sauf si le stade de ce dernier est avancé avec l'augmentation des températures, sans adaptation technique).





Quel avenir pour le Blé ?

Mâcon



	Pluviométrie mensuelle	1976-2005	55 mm	64 mm	87 mm	68 mm	74 mm	43 mm	64 mm	79 mm	63 mm	68 mm
		2021-2050	+ 4 mm	+ 1 mm	-18 mm	+ 9 mm	+ 8 mm	+ 10 mm	+ 13 mm	+ 10 mm	+ 0 mm	+ 6 mm
		2071-2100	+ 21 mm	+ 15 mm	-9 mm	+ 19 mm	-19 mm	+ 7 mm	-2 mm	+ 24 mm	+ 12 mm	+ 23 mm

	Température moyenne mensuelle	1976-2005	7,1 °C	9,8 °C	13,4 °C	16,9 °C	19,9 °C	19,7 °C	15,5 °C	10,8 °C	6,2 °C	3,6 °C
		2021-2050	+ 1 °C	+ 1,3 °C	+ 0,9 °C	+ 0,9 °C	+ 1,1 °C	+ 0,9 °C	+ 1,3 °C	+ 1,7 °C	+ 0,7 °C	+ 0 °C
		2071-2100	+ 2,4 °C	+ 3,4 °C	+ 3,8 °C	+ 3,3 °C	+ 4,3 °C	+ 4,6 °C	+ 5,3 °C	+ 4,3 °C	+ 3,8 °C	+ 2,3 °C

	Risque de gel d'épis au printemps Nombre de jours < - 4°C	1 année sur 10			
		Février	Mars	Avril	
		1976-2005	12	3	0
		2021-2050	6	3	0
	2071-2100	2	0	0	

Humidité + températures élevées = risque accru de maladies



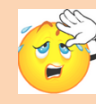
Étés secs et chauds, sols plus secs = échec des faux semis, mauvaises levées



Douceur automnale = risque accru de viroses (insectes)

	Avril	Mai	Juin
1976-2005	0	1	5
2021-2050	0	2	8
2071-2100	1	7	17

Nombre de jours > à 25 °C (échaudage)



- A l'avenir :

- L'augmentation du nombre de jours chauds va accroître le risque d'échaudage sur céréales (problème de remplissage des grains), entraînant baisse des rendements.
- L'augmentation des températures toute l'année raccourcira le cycle du blé et avancera les stades de la culture. Cela va entraîner d'autres problèmes tels que : régression des talles, problèmes de floraison... impactant aussi négativement le rendement.
- La réduction du nombre de jours de gel au printemps, pourrait réduire les risques de gel d'épi sur blé sauf si le stade de ce dernier est avancé avec l'augmentation des températures.
- La réduction des jours de gel et l'augmentation des pluies d'ici le milieu du XXI^{ème} siècle vont accroître les problèmes de portances en sortie hiver, surtout pour les zones aux sols humides/inondables.

- Pour limiter les risques de pertes de rendement, plusieurs solutions sont envisageables :

- Eviter les semis trop précoces (semis deuxième quinzaine d'octobre) avec des variétés précoces à 1/2 précoce à épiaison pour épiier avant les périodes de stress. Parmi ces variétés, choisir les moins précoces à la montaison (variétés précoces à 1/2 précoce à montaison) pour que le stade épi 1 cm ne soit pas trop précoce (risque de gel < - 4°C). Les semis trop tardifs poseront toujours autant de problème de portance avec un bilan hydrique peu différent d'octobre à décembre. Les semis trop précoces (première décade d'octobre) augmenteront le risque de gel début montaison, favoriseront la pression des pucerons et cicadelles à l'automne, le développement des adventices et le développement précoce de maladie au printemps. De plus le déficit hydrique accentué en septembre et début octobre empêchera certaines années ces implantations précoces.
- Garder la fraîcheur des sols (travail du sol simplifié, teneur en matière organique, etc.).

Les pertes de rendements pourront être compensées par des réductions de charges telles que la diminution des fongicides (faible pression maladie), fertilisation raisonnée, réduction des besoins en produits phytosanitaires via un allongement des rotations.



Quel avenir pour le Blé ?

BLE : pistes d'adaptation à court terme

Semis

Semis mi-tardifs au 15 octobre avec variété précoce: éviter d'épier en période de stress hydrique (tout en évitant de mauvaises conditions de semis)

Choix des variétés: plus robustes et précoces

Agronomie

Réduire le labour: garder la fraîcheur des sols (si les conditions le permettent: pression ravageurs/adventices, types de sols, niveau de compaction)

Allonger les rotations: diversification de cultures à bas intrants/faibles besoins en eau: chanvre, sorgho (cultures méthanogènes: silphie, sorgho fourrager...etc)

Favoriser les parcelles en limons profonds/hydromorphes

BLE : pistes d'adaptation à moyen terme

Azote: favoriser les apports précoces et fractionnés (car l'azote sera moins valorisé)

Baisser les charges opérationnelles pour compenser les pertes de rendement:
-Engrais: outils d'aides à la décisions: PPF, RSH...etc
-Fongicide: choix variété tolérante maladie + sécheresse
-Insecticide/Herbicide: semis mi-tardif: éviter pression ravageurs/adventices

BLE : pistes d'atténuation

Limiter les émissions de GES

Bonnes pratiques d'épandage d'engrais: fractionnement, respect du PPF, CIPAN, conditions climatiques (pluie, vent, hygrométrie...)

Moins de carburants: conduite éco, éteindre à l'arrêt, puissance adaptée aux besoins, interventions regroupées et réduites au strict nécessaire

Moins d'engrais de synthèse

Produire de l'énergie verte

Méthanisation

Photovoltaïque

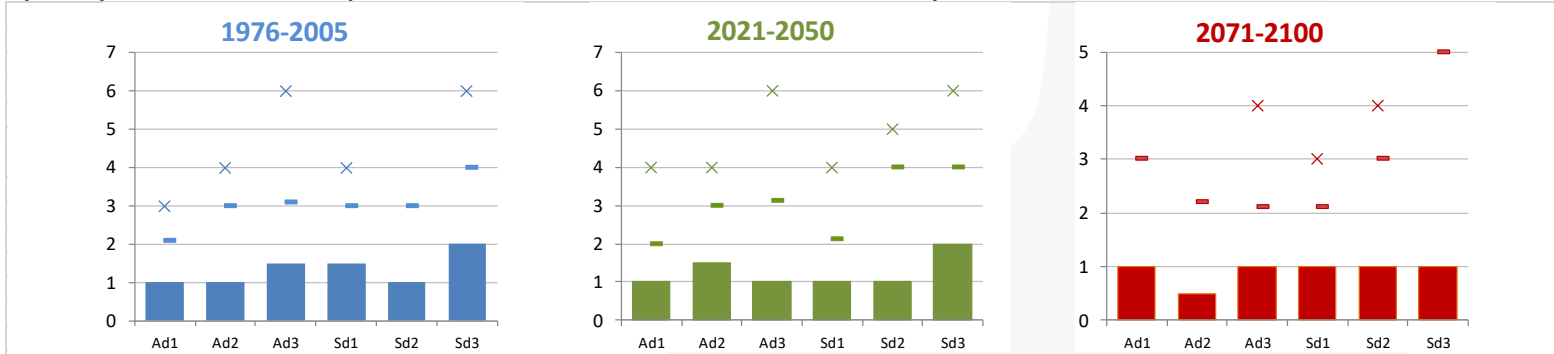
Stocker du carbone

Implantation de haies, bandes tampon...



Quel avenir pour le Colza ?

Détérioration des conditions de semis et de levée : nombre de jours où les précipitations sont supérieures à 5 mm du 1^{er} août au 30 septembre.



Le nombre médian de jours pluvieux durant l'été va peu évoluer en septembre durant la 1^{ère} moitié du XXI^{ème} siècle et 2^{ème} moitié du XXI^{ème}.

Avec l'augmentation des températures, le risque de manque d'eau au semis et à la levée devient un facteur limitant chronique

Sur la 1^{ère} moitié du XXI^{ème} siècle, plusieurs changements de pratiques seront nécessaires pour obtenir un colza ayant une levée rapide et robuste contre les ravageurs. Ceci peut être permis par :

- semis précoce (début août) : profiter des jours de pluie (pluie orageuse) pour assurer la levée du colza (attention à sélectionner des variétés résistante aux gels en cas d'élongation du colza),
- semis de couverts leurres/répulsifs contre les ravageurs,
- garder la fraîcheur des sols/favoriser une levée rapide: favoriser les semis en sols limoneux profonds, TCS, préparation précoce du sol, épandage d'effluents organiques avant le semis,
- choix de variétés robustes/développement rapide...

Il sera aussi important de compenser les pertes de rendement via une limitation des charges opérationnelles comme adapter les apports d'azote aux besoins.

En cas d'absence de pluies, une irrigation au semis voire aussi à la levée sembleront nécessaires mais se pose alors la question du conflit sur les ressources en eau et l'accès à l'irrigation.

- Sur la deuxième moitié du XXI^{ème} siècle : les implantations d'août à début septembre seront trop à risque. La viabilité du colza est remise en question avec des risques de sol trop sec pour assurer les levées et l'absence de gel en hiver (présence de ravageurs accrue). Néanmoins, des pistes d'adaptation sont en développement, comme la mise en place de semis très tardifs vers le mois d'octobre afin de profiter des pluies d'automne au semis. Cependant, nous avons peu de recul sur cette pratique, d'autant plus que la pression des ravageurs risque d'être présente tardivement dans l'hiver et de mettre en péril la réussite de la levée du colza quoi qu'il arrive.

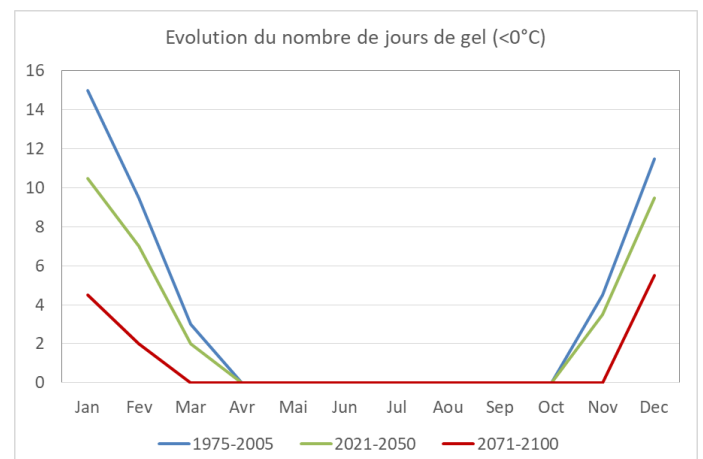
Risque de gel sur colza/Incidence Ravageurs : nombre de jours où la température minimale est inférieure ou égale à 0°C du 1^{er} octobre au 31 janvier par décade

Le nombre de jours de gel durant l'hiver va se réduire à l'avenir.

De fait, comparé au passé, d'ici le milieu du XXI^{ème} siècle, il y aura environ 9 jours de gel en moins durant l'hiver.

Cette réduction sera d'autant plus importante d'ici la fin du XXI^{ème} siècle, avec 33 jours en moins comparé au passé.

Avec la réduction du nombre de jours de gel durant l'hiver, la pression des ravageurs risque de considérablement augmenter dans le temps. Une protection insecticide continue ne semble plus être une solution envisageable sur le long terme. Sachant que leur présence peut avoir des conséquences catastrophiques sur le rendement, cela remet en cause la viabilité du colza sur la 2^{ème} moitié du XXI^{ème} siècle dans la plaine sans adaptation des pratiques actuelles.



Quel avenir pour le Colza ?

COLZA : pistes d'adaptation à court terme

Réussir l'implantation

Agronomie

Préparation précoce des sols/
TCS => pour garder la fraîcheur des sols lors du semis

Semis de plantes associées :
leures/répulsifs face
aux ravageurs

Limiter les charges opérationnelles :

- Engrais : apports aux stricts besoins
- Phytos : insecticides seulement en cas de besoin => observations accrues/seuils d'interventions => semis de couverts leures/répulsifs, semis précoces, fumier, variétés

Semis très précoces (début août) => bénéficier des pluies orageuses

Variétés robustes, à développement rapide

Irrigation au semis et à la levée => solution à court terme

Croissance rapide : effluents organiques, maintien de la fraîcheur des sols, MO

COLZA : pistes d'adaptation à moyen terme

Hypothèse (sur le Futur lointain uniquement) :
Semis très tardifs (fin septembre) : éviter la pression ravageurs et le sec => MAIS pas de recul

Réduire les charges : réfléchir le traitement fongicide

COLZA : pistes d'atténuation

Limiter les émissions de GES

Réduire l'utilisation des engrais de synthèse

Réduire la volatilisation de l'azote : incorporation des effluents rapide (dans la semaine)

Produire de l'énergie verte

Photovoltaïque

Réduire l'utilisation de carburant : conduite éco, éteindre son tracteur à l'arrêt, avoir un parc matériel/puissance adaptée à ses besoins, regrouper ses interventions et les réduire au strict minimum

Bonnes pratiques d'épandage des engrais : fractionnement, respect du PPF/Festes, CIRAN, conditions climatiques (soleil, vent, hygrométrie...)

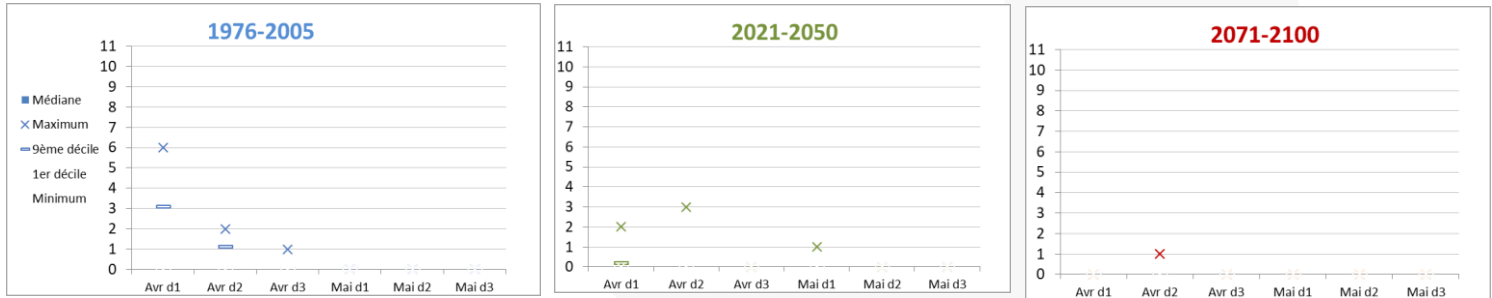
Stocker du carbone

Implantation de haies, bande tampon



Quel avenir pour le Maïs ?

Avancement de la date de semis : nombre de jours où la température minimale est inférieure ou égale à 0°C du 1^{er} avril au 31 mai



Le nombre de jours de gel sur les mois d'avril et mai sera diminué d'ici le milieu du XXI^{ème} siècle et sera presque inexistant pour la 2^{ème} moitié du XXI^{ème} siècle.

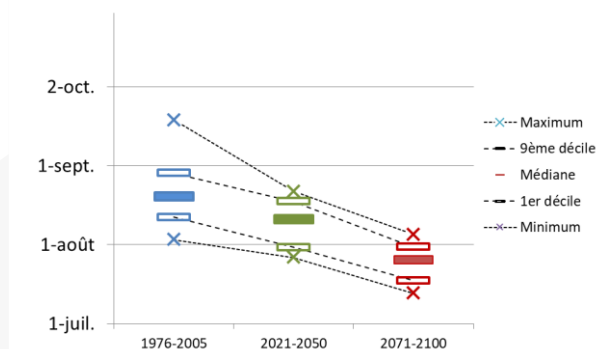
Ces jours de gel permettent de déterminer la date de semis du maïs car l'apparition d'une période de gel après le stade 6 feuilles du maïs lui est très préjudiciable. C'est pourquoi il était important de ne pas semer trop tôt.

En conséquence, à l'avenir, au vu du recul des jours de gel, les semis pourront donc être avancés. Cela sera d'autant plus avantageux pour éviter les périodes de stress durant l'été qui sera plus chaud et sec.

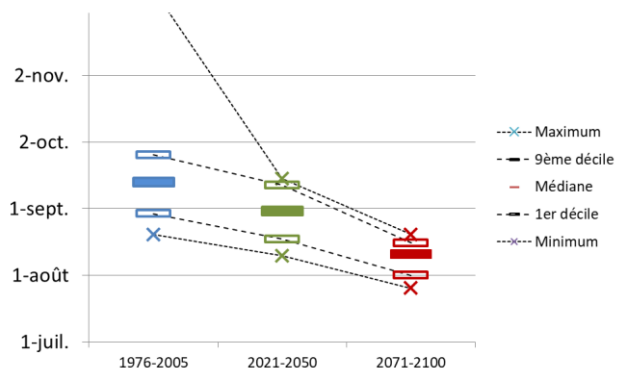
Avancement de la date de récolte du maïs ensilage indice précoce, date de franchissement de 1500°CxJ (base 6°C) initialisée au 15 avril

Avancement de la date de récolte du maïs grain, indice ½ tardif, date de franchissement de 1800°CxJ (base 6°C) initialisée au 15 avril

Date de franchissement du seuil des 1500°C base 6 depuis le 15 avril



Date de franchissement du seuil des 1800°C base 6 depuis le 15 avril



Nous observons une date de franchissement des seuils de récolte du maïs plus avancée, que ce soit d'ici le milieu ou la fin du XXI^{ème} siècle. Plus précisément, les dates de récolte du maïs ensilage précoce interviendront environ 9 jours plus tôt d'ici 2050 et 25 jours plus tôt d'ici la fin du XXI^{ème} siècle ; les dates de récolte du maïs grain tardif ½ tardif interviendront environ 13 jours plus tôt d'ici 2050 et 33 jours plus tôt d'ici la fin du XXI^{ème} siècle,

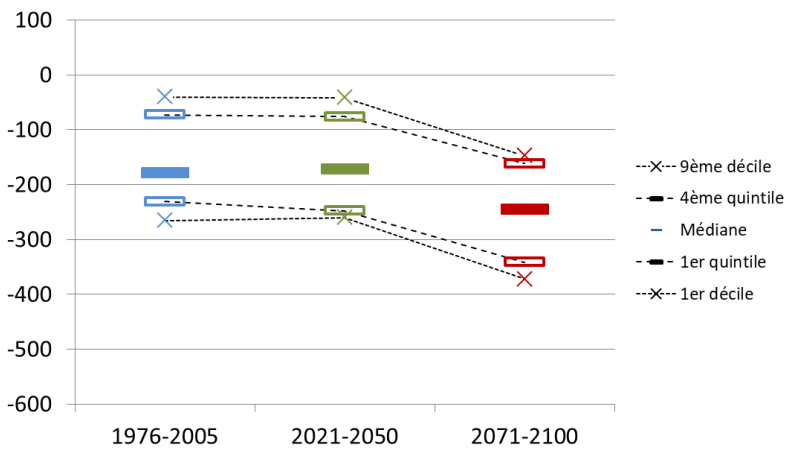
Les dates de seuils de récolte les plus précoces début août qui arrivaient 1 année sur 10 dans le passé, seront la norme 9 années sur 10 d'ici la fin du XXI^{ème} siècle.





Quel avenir pour le Maïs ?

Stress hydrique l'été: pluies efficaces P-ETP du 1 juin au 31 août (mm)



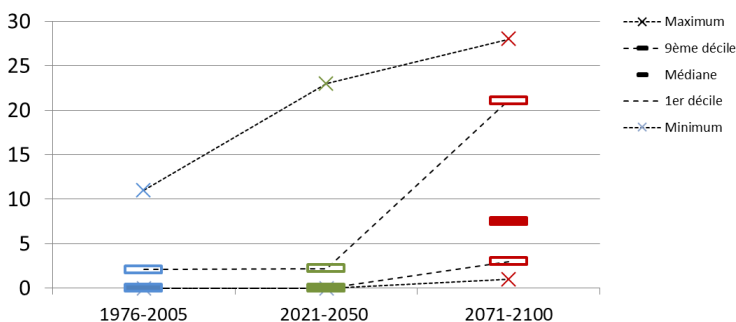
	1976-2005	2021-2050	2071-2100
Maximum	138	75	-104
9ème décile	-40	-41	-147
4ème quintile	-73	-76	-162
Médiane	-178	-172	-245
1er quintile	-231	-248	-341
1er décile	-265	-260	-372
Minimum	-312	-454	-399

Comparé au passé, la pluie efficace en été évoluera peu sur la 1^{ère} moitié du XXI^{ème} siècle. Cependant, d'ici la fin XXI^{ème} siècle, cette pluie efficace sera drastiquement plus basse. La dégradation sera plus importante sur les mois de juin, juillet et août avec un stress hydrique augmenté de 67 mm. Plus précisément, les stress hydriques élevés obtenus 1 année sur 10 dans le passé, seront obtenus plus d'une année sur deux d'ici la fin du XXI^{ème} siècle.

La conséquence directe de la réduction des pluies efficaces en fin XXI^{ème} siècle est un assèchement des sols plus rapide. Ce problème sera amplifié pour les sols séchant et superficiels. Le maïs subira alors un stress hydrique prononcé pouvant impacter négativement les rendements.

Stress thermique : nombre de jours où la T°C est > à 35°C (du 01/05 au 30/09)

Nombre de jours par an où Tmax >= 35°C du 01 mai au 30 septembre



Le nombre de jours supérieurs à 35°C durant l'été sera en sensible augmentation d'ici le milieu du XXI^{ème} siècle et nettement plus élevé d'ici la fin du XXI^{ème} siècle (+ 10 jours). Le nombre médian de jours à + de 35°C à la fin du XXI^{ème} siècle sera proche de celui des années les plus chaudes par le passé.

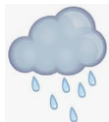
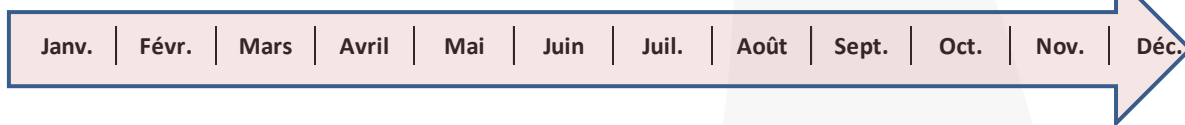
Les périodes de chaleur intense peuvent avoir plusieurs conséquences sur le maïs telles que la perturbation dans la multiplication des cellules (cas d'un stress thermique précoce, avant grain laiteux) ou un ralentissement du remplissage des grains (cas d'un stress thermique plus tardif, vers grain laiteux-pâteux). Dans tous les cas, le rendement sera négativement impacté de manière non négligeable.





Quel avenir pour le maïs grain et le maïs fourrage ?

Mâcon



1976-2005	154 mm	196 mm	152 mm
2021-2050	-1 mm	+ 17 mm	+ 23 mm
2071-2100	+ 11 mm	-3 mm	+ 4 mm

P-ETP de juin à août inclu → -178 mm -172 mm -245 mm

	Dernier jour de gel	1976-2005	2021-2050	2071-2100
	Maximum	22-avr.	9-avr.	13-avr.
	9ème décile	11-avr.	3-avr.	26-mars
	Médiane	19-mars	21-mars	23-févr.

	Nombre de jours > à 35 °C	1976-2005	2021-2050	2071-2100
	Maximum	11	23	28
	9ème décile	2	2	21
	Médiane	0	0	8

Dates repères récolte maïs (semis du 15 avril)			
			Sommes de températures (base 6) du 15 avril au 15 octobre
	Ensilage (32 % MS)	Grain (32 % humidité)	
variété 1/2 précoce	= 1500°C	= 1800 °C	
1976-2005	20-août	13-sept.	2038
2021-2050	11-août	31-août	2280
2071-2100	26-juil.	11-août	2771

L'évolution du climat va amener à une nette avancée du calendrier phénologique du maïs grain et du maïs fourrage.

- Avec une période de gel avancée, l'augmentation des températures et un temps plus sec l'été : un avancement des semis de maïs sera fortement envisagé (avec des variétés tardives pour allonger le cycle et avoir un gain de rendement), principalement sur la 2^{ème} moitié du XXI^{ème} siècle. En effet, pour éviter un stress hydrique lors des périodes à risque: levée, floraison, remplissage du grain... la date de semis pourra être avancée d'une dizaine de jours. Il est à noter qu'il ne faudra pas semer trop tôt au risque de problème de portance (cumul de pluviométrie important en début d'année ; en amont, préparation du sol plus complexe au vu d'une portance des sols moins importante avec le nombre de jours de gel réduit, ainsi que la réduction des phénomènes de gel/dégel). Un semis précoce permettra aussi d'augmenter la probabilité de valoriser l'azote en l'apportant plus tôt pour profiter des pluies plus précoces. Cependant, avec l'augmentation du nombre d'années sans jours de pluie, ou encore la remise en question de l'utilisation des engrais minéraux dans la lutte contre les GES, la valorisation d'effluents organiques est plus envisageable pour l'apport de l'azote.

- La hausse des températures va aussi favoriser les ravageurs (taupins, corvidés...).

- Le manque d'eau sera aussi synonyme d'une baisse d'efficacité des désherbants chimiques : se pose alors la question du désherbage mécanique.

- Le point sensible concernera les apports en eau, qui sont déterminants dans l'élaboration du rendement maïs au vu du futur sec et chaud qui est prédit. Il sera d'autant plus critique à l'avenir, au vu des risques de conflit quant à l'accessibilité aux ressources en eau. Par temps secs, chauds avec peu ou pas d'irrigation, un défi de taille va se poser pour pouvoir cultiver le maïs. Il faudra peut être le remplacer par des cultures plus résistantes au sec (ex : sorgho).

- Les pertes de rendements obtenues seront peut-être légèrement contrebalancées par une réduction des charges: réduction de l'irrigation, pas de frais de séchage, implanter un précédent PT (rupture de rotation, pour valoriser la MO et l'azote, etc.). Pour maintenir le niveau de rendement du maïs, il sera aussi possible de mettre en place d'autres leviers (autres que semis précoces avec variétés tardives), comme le maintien de la fraîcheur des sols : TCS, apport de MO, couverts.

- Il est aussi à noter qu'un avancement des dates de récoltes permettra de pouvoir implanter des céréales d'hiver (orge d'hiver favorisée) plus facilement derrière maïs grain.



Quel avenir pour le Maïs ?

MAÏS : pistes d'adaptation à court terme

Semis

Léger avancement de la date de semis: allongement du cycle + éviter période de stress (pas trop tôt pour cause de gel ou problème de portance)

Récolte

Irrigation raisonnée

Agronomie

Planter le maïs après une prairie temporaire : meilleur rendement

Diversifier sa rotation
« pas tous les œufs dans le même panier » :
- Cultures à bas intrants pour garder une marge ou plus résistantes au sec : sorgho, chanvre
- Cultures méthanogènes

Conserver la fraîcheur des sols :
TCS, CIPAN, MO

Privilégier les parcelles en limons profonds / hydromorphes

MAÏS : pistes d'adaptation à moyen terme

Semis

Avancement de la date de semis : éviter les périodes de stress => épiéger avant la sécheresse

Choix de la variété: robuste, tardive

Apports d'azote organique plutôt que minéral
Apport minéral précoce

Récolte

Remplacement par du sorgho fourrager (besoins en eau très faible) – le maïs pourrait se retrouver dans des conflits d'eau

MAÏS : pistes d'atténuation

Limiter les émissions de GES

Réduire la volatilisation de l'azote : incorporation rapide d'effluents (dans la semaine), épandeur à lisier type pendillard plutôt que buse

Moins de carburants : conduite éco, éteindre à l'arrêt, puissance adaptée aux besoins, interventions regroupées et réduites au strict nécessaire

Moins d'engrais de synthèse

Bonnes pratiques d'épandage d'engrais : fractionnement, respect du PPF, CIPAN, conditions climatiques (pluie, vent, hygrométrie...)

Produire de l'énergie verte

Méthanisation

Photovoltaïque

Stocker du carbone

Implantation de haies, bandes tampon...



Quel avenir pour le Soja ?

Stress hydrique entre floraison et remplissage du grain : pluie efficace du 1er juin au 31 août (mm)



	1976-2005	2021-2050	2071-2100
Maximum	138	75	-104
9ème décile	-40	-41	-147
4ème quintile	-73	-76	-162
Médiane	-178	-172	-245
1er quintile	-231	-248	-341
1er décile	-265	-260	-372
Minimum	-312	-454	-399

Sur la 1^{ère} moitié du XXI^{ème} siècle, la pluie efficace sera stable pour les valeurs médianes avec toutefois des années très sèches beaucoup plus déficitaires.

D'ici la fin du XXI^{ème} siècle, cette pluie efficace sera drastiquement plus basse. La dégradation sera plus importante sur les mois de juin, juillet et août avec un stress hydrique qui augmentera de 67 mm. Plus précisément, les stress hydriques élevés obtenus 1 année sur 10 dans le passé, seront obtenus plus d'1 année sur 2 d'ici la fin du XXI^{ème} siècle.

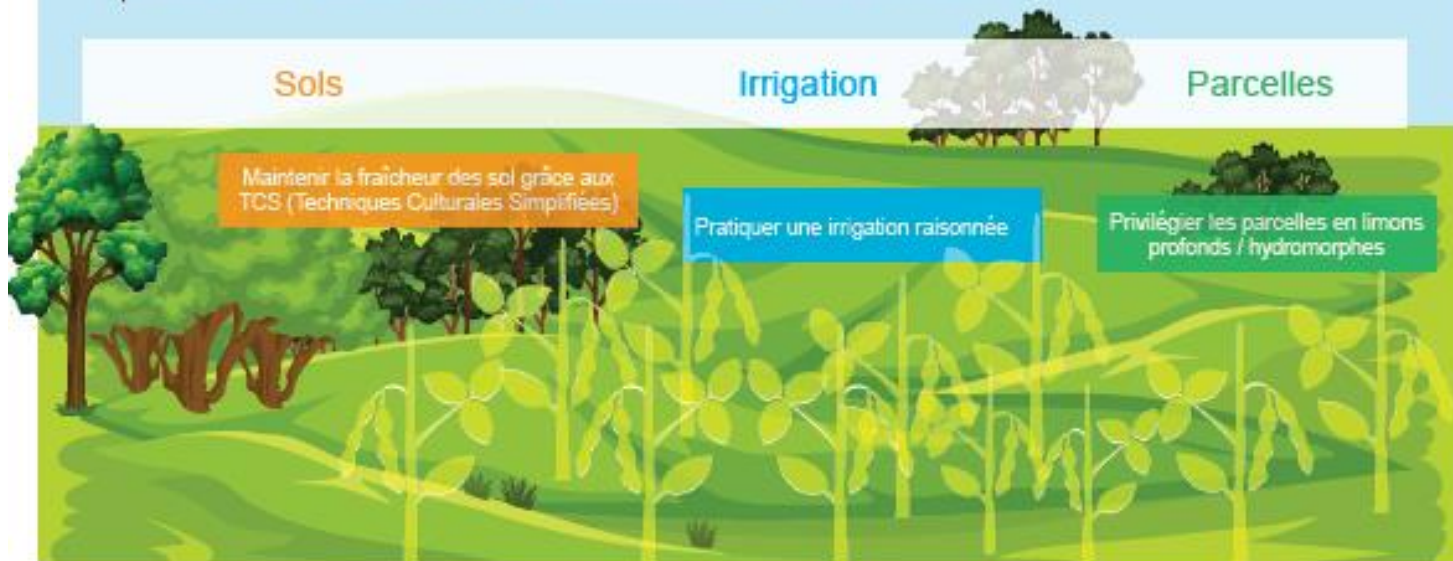
Sur la période 2020-2050, le stress hydrique sur soja devrait être peu modifié sauf les années extrêmement sèches (1 année sur 10). Le soja n'a pas de période critique à la sécheresse, mais une phase sensible de la floraison (R1) au stade grossissement des grains. Le stress hydrique sur du soja durant l'été empêche une bonne floraison et/ou pénalise le remplissage des grains. Néanmoins, les besoins en eau de cette culture sont moindres que celles du maïs (30 à 50 mm de moins), c'est pourquoi une irrigation plus tournée vers le soja que le maïs pourrait être envisagée (mais attention tout de même aux conflits futurs possibles sur l'eau). D'autres leviers d'actions seront à inclure pour favoriser la culture de soja : garder la fraîcheur des sols, semis précoces, favoriser les sols limoneux profonds, etc.

D'ici la fin du XXI^{ème} siècle, la réussite de la culture du soja sera remise en question au vu de ses besoins en eau tandis que des conflits risquent d'émerger autour de cette ressource. Il sera possible de semer très précocement (au vu du recul et de la réduction du nombre de jours de gel) avec des variétés tardives (pour allonger le cycle et obtenir un gain de rendement). Quelques tentatives de semer des variétés plus tardives (groupe I) fin avril ont commencé dans la région.



Quel avenir pour le Soja ?

SOJA : pistes d'adaptation à court terme



SOJA : pistes d'adaptation à moyen terme



SOJA : pistes d'atténuation



Contacts et rédaction :

Antoine Villard - Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire

06 75 35 25 23 - avillard@sl.chambagri.fr

Réalisation graphique : Chambre régionale d'agriculture de Bourgogne Franche-Comté

Crédits photos : Chambre régionale d'agriculture de Bourgogne Franche-Comté et www.pixabay.com

Imprimé par nos soins.

