

Changement climatique

Comment adapter son système de production de grandes cultures et prairies en Saône-et-Loire

Le dernier rapport du GIEC (**G**roupe d'**E**xperts Intergouvernemental sur l'**E**volution du **C**limat) indique clairement que le réchauffement climatique est certain et qu'il s'accélère. L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine (essentiellement CO₂, CH₄ et N₂O) en est la cause principale.

Et s'il a fallu 150 ans pour atteindre 1°C de hausse de température, **il faudra seulement 50 ans pour atteindre un degré supplémentaire de réchauffement climatique si on ne fait rien.**

La sécheresse et les canicules en 2018 et 2019 sont un des signes du changement climatique.

Cette fiche décrit l'évolution du climat passé, les perspectives futures et leur impact sur les cultures dans notre département.

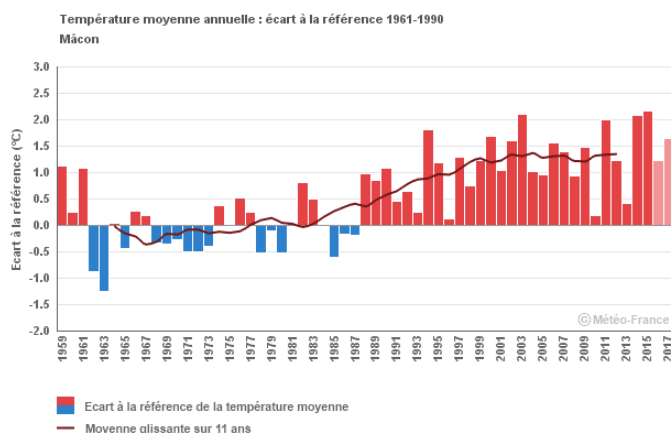
Pour chacune des cultures, les perspectives d'évolution et d'adaptation à moyen terme sont précisées.

Mais il sera aussi indispensable, pour limiter le réchauffement à long terme (après 2050), de mettre en place des actions dans l'agriculture, comme dans toutes les activités humaines, pour réduire très significativement les émissions des gaz à effet de serre.

Le changement climatique est déjà engagé

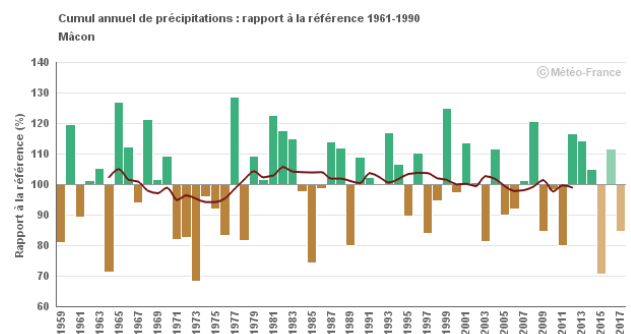
Plus chaud !

En Saône-et-Loire comme partout en France, la température moyenne a augmenté d'au moins 1°C entre les années 1960-70 et aujourd'hui. Ce réchauffement ne s'est pas opéré progressivement, on observe une rupture en 1987-1988.

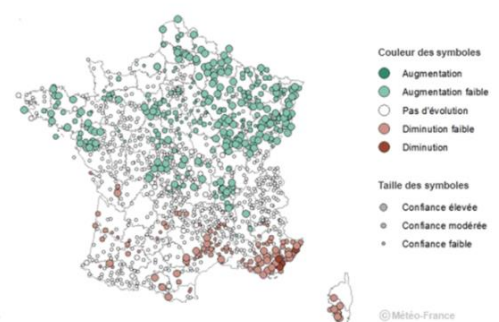


Des précipitations stables

L'évolution observée des précipitations en France dépend du lieu : diminution des cumuls annuels sur le pourtour méditerranéen, mais augmentation des cumuls sur la moitié nord de la France. En situation intermédiaire, comme la Saône-et-Loire, la moyenne des pluviométries annuelles est stable. La variabilité d'une année sur l'autre reste forte mais n'a pas augmenté.



Comparer les évolutions climatiques observées dans le monde et en France
Pour les pluies, les évolutions dépendent du lieu



Tendance observée de 1960 à 2010 du cumul annuel des précipitations en France.
Source : Météo France.

Des évaporations en forte hausse = des débits des cours d'eau en baisse

La hausse des températures favorise l'évapotranspiration. Ainsi, pour un bassin versant déficitaire, à précipitations égales on peut observer une baisse des niveaux de nappes et des débits des cours d'eau.

Les débits moyens des cours d'eau bourguignons sont presque partout en baisse par rapport à ceux mesurés avant la rupture de 1987-1988, et ce de janvier à septembre. L'étiage est plus précoce et plus marqué. Seul l'automne connaît des débits inchangés.

Un climat qui va continuer à changer

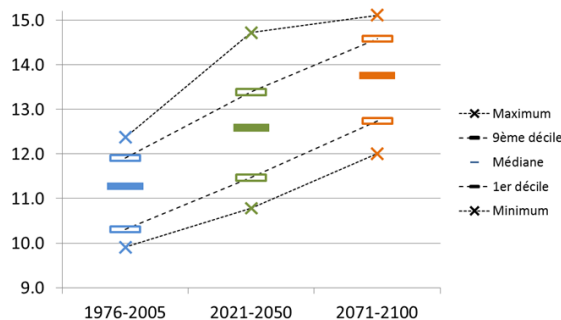
L'origine humaine des émissions de gaz à effet de serre, et leur effet sur le changement climatique sont démontrées avec un haut degré de certitude par la communauté scientifique.

Aujourd'hui, les émissions de CO₂ ne sont pas stabilisées. Quelle que soit l'action collective sur les émissions de gaz à effet de serre, il apparaît maintenant très peu probable d'échapper à un réchauffement global d'au minimum 2 à 3°C.

Le climat va donc continuer à changer dans les décennies à venir et les impacts des efforts plus ou moins importants qui seront faits sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre ne se feront sentir qu'à moyenne échéance (de 30 à 50 ans).

Les modèles de prévisions du climat permettent d'estimer le climat des années à venir.

Quel que soit le modèle, une augmentation de l'ordre de 1°C est prévu dans un futur proche (2020-2050). Ce n'est que dans la seconde moitié du siècle que le réchauffement s'accélérerait rapidement + 2 à 8°C selon les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre).



Evolution projetée de la température moyenne annuelle (°C) à Mâcon entre la fin du XXème et la fin du XXIème siècle.
Scénario : RCP 4.5. Modèle : Aladin-climat. Source : **Clima-XXI/71**. Données : DRIAS/CNRM 2014.

A l'inverse, il n'y a pas de tendance nette sur l'évolution des précipitations annuelles qui devraient rester stables avec en tendance un peu plus de pluie en hiver et un déficit estival, voire printanier, plus marqué.

Toutes les cultures seront concernées par le changement climatique avec des impacts sur l'avancement des dates, les niveaux de rendements et la pression des parasites et maladies.

L'adaptation est donc inévitable, car l'évolution du climat se poursuivra au minimum jusqu'au milieu du XXIème siècle.

Conséquences sur les cultures

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.

Impacts positifs de la teneur en CO₂

L'augmentation de la teneur de l'air en CO₂ atmosphérique stimule l'activité photosynthétique des plantes, limite les échanges gazeux feuille-atmosphère, et par conséquent la production de biomasse. Ainsi avec un doublement de la teneur en CO₂, la photosynthèse devrait augmenter de 30 % pour les plantes en C3, où les premières molécules synthétisées sont des acides organiques à 3 atomes de carbone (blé, orge, colza, tournesol, soja...) et de 10 % pour les plantes en C4 (maïs, sorgho...). La respiration devrait également augmenter, ramenant les gains à respectivement environ 20 % et 5 %. Cependant ce potentiel doit s'accompagner d'une alimentation en eau suffisante, principal facteur limitant. Au final en doublant la concentration en CO₂, les références concluent à un effet mitigé à l'échelle du champ.

L'effet de fertilisation du CO₂ se traduit aussi par une réduction de la valeur nutritionnelle pour les plantes en C3 (certains éléments minéraux, taux de protéines) ; les plantes en C4 sont moins sensibles.

Cependant, tous ces effets sont difficiles à mesurer précisément en raison des interactions non linéaires entre le CO₂, l'ozone, les températures moyennes et extrêmes, l'eau et l'azote.

Impacts variables de l'augmentation des températures

Baisse du gel d'hiver et augmentation du gel de printemps ?

A l'avenir, le gel en automne et hiver sera plus rare du fait du réchauffement. C'est plutôt favorable pour les cultures sensibles comme le colza ou les prairies semées tard.

A l'inverse, le risque de gel de printemps pourrait augmenter avec un démarrage de la végétation plus précoce. Les cultures de printemps y sont particulièrement sensibles, ainsi que les orges d'hiver qui épieux très tôt.

Augmentation du risque d'échaudage

L'augmentation des températures printanières sera sans doute bénéfique, mais les températures estivales risquent de pénaliser certaines cultures notamment lors de la formation et du remplissage des grains.

Pour les céréales à paille, on considère que ces mécanismes « échaudage thermique » se manifestent à partir de 25°C, seuil qui est déjà franchi plus fréquemment au printemps du fait du réchauffement climatique.

Augmentation des déficits hydriques

L'impact principal du changement climatique semble être la sécheresse printanière et estivale liée aux plus faibles précipitations et surtout à l'augmentation de l'évaporation due à la hausse des températures.

Le dessèchement des sols et le déficit hydrique des cultures sera accru. Ce qui se traduit par :

- Une levée retardée, incomplète, irrégulière, qui crée un peuplement limitant et hétérogène jusqu'à la récolte ;
- Une implantation racinaire médiocre et superficielle induisant une couverture du sol retardée, des carences précoces, une sensibilité à la sécheresse de fin de cycle ;
- Une mauvaise utilisation des engrais azotés, due à des défauts de mise en solution des engrais puis des prélèvements par la plante ;
- Une réduction du développement foliaire et du nombre de grains par régulation interne de la plante ;
- Une sénescence accélérée et un défaut de remplissage du grain.

Les sols séchants et/ou superficiels notamment dans l'ouest du département seront pénalisés par un stress hydrique accru tandis que cela bénéficiera aux sols hydromorphes (limons de Bresse) qui généralement souffrent d'excès d'humidité en hiver et début de printemps. (Exemple favorable pour le blé en 2019)

Cycle des cultures raccourci

Avec des températures plus élevées, le développement des plantes s'accélère, les stades de développement des cultures seront plus précoces (démarrage au printemps, floraison, remplissage des graines et récolte).

Cet avancement des cycles des cultures est plutôt favorable pour limiter les stress hydriques et thermiques que l'on rencontre habituellement en fin de cycle (printemps et été), mais à l'inverse ce raccourcissement comporte aussi des effets négatifs : il peut notamment limiter la productivité des cultures, en particulier lorsqu'il touche la période de remplissage des grains.

Le réchauffement de 1°C déjà observé depuis un siècle correspond, à un déplacement vers le nord de 180 km ou en altitude de 150 m. Les cultures traditionnelles du Sud de la France vont donc inexorablement remonter vers le Nord.

Enfin, la libération plus précoce des terres augmentera la durée des intercultures. Les semis d'intercultures seront donc favorisés 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 eau des sols.

Impact sur la fertilisation azotée

Le réchauffement favorise une minéralisation plus importante de la matière organique. Ainsi, 1°C supplémentaire apporterait environ 15 kg d'azote en plus dans les sols.

Impact sur les bioagresseurs

L'interaction entre le changement climatique et l'effet des ravageurs, maladies et mauvaises herbes est encore peu estimé scientifiquement.

De nombreux effets antagonistes interagissent : température, humidité, précipitations, teneur en CO₂, ozone, UV, concordance des cycles...

Néanmoins, quelques tendances sont pressenties :

- Les maladies, sauf exceptions, seront limitées avec un climat plus chaud et plus sec, puisque l'humidité est considérée comme le facteur prépondérant. Toutefois, le développement de certaines maladies comme la rouille jaune sur le blé pourrait être favorisées par les températures douces hivernales.
- 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 été 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.



Adaptation de la culture du blé

Le blé avec un cycle long (octobre à juillet) est une espèce cultivée presque partout en France grâce à une large gamme de précocité, de date de semis, une relative tolérance à tous les milieux et une sensibilité moyenne au stress hydrique estival. Toutefois sa sensibilité à l'échaudage thermique et hydrique limite sa présence dans les zones sud.

Comme pour toutes les plantes en C3, l'augmentation de la teneur en CO₂ va stimuler la photosynthèse et limiter la transpiration du blé.

Une implantation plus facile

Le nombre de jours disponibles pour réaliser l'implantation du blé va s'accroître.

Moins de froid en hiver

Le risque de gel en hiver (intensité du gel, amplitude et occurrence des cycles de gel-dégel) devrait diminuer significativement.

Toutefois, ces températures automnales et hivernales plus douces pourraient pénaliser les variétés relativement sensibles en ne permettant pas un durcissement suffisant.

Un développement raccourci jusqu'à l'épiaison

L'augmentation des températures assure un raccourcissement du cycle. Les dates de réalisation des stades épi 1 cm et épiaison ont été avancées en moyenne d'une semaine ces 25 dernières années. Les dates de récolte sont aussi plus précoces d'une bonne semaine.

A l'avenir, cette anticipation du stade épi 1 cm devrait continuer, sans effet négatif puisque le risque de gel (Température mini < - 4°C) en cours de montaison va diminuer surtout après 2050. Des semis plus précoces seront potentiellement possibles avec un risque de gel plus faible qu'actuellement.

Aux stades clés de la méiose et fécondation, le risque de températures défavorables, trop basses (Température mini < 2°C) ou trop élevées (Températures maxi > 32°C), n'a pas été modifié depuis 25 ans et devrait rester équivalent à moyen terme. Ces références et le fait que les dégâts occasionnés par le gel d'épi sont souvent partiels et compensables, incitent à mettre la priorité sur l'évitement des stress de fin de cycle.

Cette montaison raccourcie ne s'accompagne pas d'une modification du rayonnement disponible.

Ces différents avantages devraient assurer, en tendance, une augmentation du nombre de grains.

En Saône-et-Loire, le risque de sécheresse en cours de montaison s'est accru de manière significative depuis 25 ans : si en année normale, l'augmentation reste assez marginale, elle s'intensifie très nettement en profils d'années plus « sèches », avec des écarts de l'ordre de 15 % pour des sols dont la réserve utile est assez profonde. Pour des sols plus superficiels, les pénalités sont encore plus nettes. La perte de grains/m² liée à une sécheresse de montaison va devenir pénalisante pour ces sols (argilo-calcaires superficiels, sables sur granit...).

Une phase de remplissage (épiaison-récolte) pénalisée par les températures élevées et le sec

Malgré l'avancée des stades qui permettront un certain évitement des stress tardifs lors du remplissage des grains, le risque de déficit hydrique et de températures échaudantes va augmenter.

Le nombre de jours où la température maximale excède 25°C entre l'épiaison et la maturité physiologique a déjà augmenté significativement depuis 25 ans malgré une avancée réelle de la date d'épiaison d'une semaine. Dès 25°C, la croissance des plantes n'est plus optimale et au-delà de 28°C, la croissance des grains est stoppée sans redémarrage avec parfois même des avortements de grains en situation de début de remplissage.

L'analyse climatique montre que le risque d'échaudage thermique s'accroît en fonction de la date d'épiaison. Ceci incite à obtenir des dates d'épiaison précoces sans toutefois semer à des dates trop précoces ce qui augmenterait trop d'autres risques (pucerons à l'automne, une infestation plus grande de mauvaises herbes, une augmentation de la quantité d'inoculum à la sortie de l'hiver de la septoriose et du piétin verse, et du risque de verse). De plus, à l'avenir, des semis plus précoces se heurteront à des problèmes de sécheresse du lit de semence.

Il est donc plutôt conseillé de semer des variétés plus précoces aux dates déjà pratiquées en acceptant un risque de gel d'épis un peu supérieur. A l'avenir, la sélection devra se faire sur des variétés plus précoces à l'épiaison, mais stables au stade épi à 1 cm.

Enfin, les variétés avec le plus gros poids de 1000 grains sont en tendance plus stables pour le remplissage.

Pour les sols à faibles réserves, la substitution du blé par l'orge d'hiver peut être une stratégie efficace.

Moins de maladies ?

Les maladies du feuillage (septoriose et rouille brune) devraient diminuer. Au printemps, les plus faibles précipitations et durées d'humectation limitent l'infection et la dispersion des principales maladies actuelles, et ce malgré l'augmentation de température). Inversement, la rouille jaune pourrait être plus présente avec des hivers plus doux.

Les sols hydromorphes favorisés

La diminution des excès d'eau hivernaux et surtout printaniers (comme en 2019) sera très favorable aux terrains hydromorphes aujourd'hui souvent pénalisés certaines années (limons battants de Bresse).

Des difficultés de stockage ?

A long terme, l'augmentation moyenne des températures pourrait poser un problème de refroidissement des grains après la récolte et donc de la maîtrise des insectes.

A retenir sur les blés

- Dans les terrains profonds, la productivité du blé ne devrait pas être pénalisée dans les 30 prochaines années. Les terrains hydromorphes pourraient même être très favorisés.

A l'inverse, dans les sols superficiels, la sécheresse printanière sera plus pénalisante, la substitution du blé par l'orge d'hiver peut être recommandée.

- Les dates de semis ne devraient pas être modifiées, mais, il sera souhaitable de semer des variétés plus précoces, en privilégiant à l'avenir les variétés pas trop précoces en début montaison, mais précoces à épiaison.

Adaptation de la culture du Colza

Des difficultés d'implantations



Levée en 2 temps - 31 octobre 2016

D'après les modélisations, dès les années 2020, le risque de manque d'eau du lit de semence à l'implantation va devenir un facteur limitant chronique (c'est déjà ce que nous avons connu pour la première fois en 2018 et 2019). **Après 2050, les implantations d'août à début septembre seront trop à risque.**

Dans les années proches, des retards importants de levées sont ainsi à prévoir en raison de l'assèchement anticipé du lit de semence. Avec ces mauvaises

conditions d'implantation et de croissance végétative, il pourra être nécessaire de retarder les semis, voire d'utiliser des irrigations «starter», aboutissant probablement à avoir parfois des colzas moins développés à l'entrée de l'hiver et plus sensibles au gel.

Déjà critique, le cycle des insectes va s'adapter. Le vol de grosses altises à l'automne pourrait également être présent en sortie d'hiver avec des pontes et dégâts de larves accrus.

Inversement, la diminution du gel hivernal sera favorable au colza qui est sensible au gel du feuillage dès - 4°C.

Au printemps la phase montaison-floraison sera raccourcie.

Le remplissage des grains sera très peu affecté par le déficit hydrique grâce surtout à des stades plus précoces. Le colza apparaît comme la culture la moins affectée par cette contrainte, notamment bien moins que le blé.

Au final, à moyen terme les rendements du colza devraient augmenter avec le changement climatique surtout sur les sols à forte réserve utile.

Les sols hydromorphes (limons battants) seront en tendance plus favorables à la culture à condition bien sûr de pouvoir réussir une implantation plus tardive.

Adaptation de la culture du Maïs grain et fourrage

Le maïs est une culture de printemps très sensible au déficit hydrique mais qui valorise très bien l'irrigation.

C'est une plante au métabolisme en C4 qui bénéficiera moins des avantages de l'augmentation de la teneur en CO₂ par rapport aux plantes en C3.

Le cycle du maïs est uniquement piloté par la température, il sera particulièrement accéléré par le réchauffement climatique.

D'après les simulations, sans modification des pratiques actuelles (dates de semis et précocités des variétés), les floraisons seraient plus précoces d'environ une semaine, les stades récolte ensilage seraient anticipés de 12 jours, et les stades maturité (32 % d'humidité du grain) de 19 jours en moyenne sur l'ensemble de la France. Les rendements du maïs grain ou ensilage devraient diminuer en France au sud de Paris dans un futur proche (2020-2040) par rapport aux années 1990-2010.

Toutefois, en semant plus tôt des variétés un peu plus tardives, les rendements devraient progresser d'ici 2020-2050 en terrain profond à moyennement profond (RU > 80 mm).

L'anticipation des stades permettrait de positionner les cycles de manière plus profitable par rapport au rayonnement, d'obtenir une hausse significative des rendements et de récolter les maïs grain à des taux d'humidité plus faibles.

Le séchage des grains, qui est indispensable actuellement 9 années sur 10 à Dijon, ne sera plus nécessaire dans le futur.

Ces récoltes plus précoces faciliteront des implantations pas trop tardives de céréales.

Le maïs est sensible au gel, après le stade 5 feuilles, lorsque l'apex de la plante est sorti du sol. Pour ne pas trop augmenter ce risque, toujours présent, les semis très précoces (fin mars) devront toujours être évités au moins jusqu'en 2050.

Le raccourcissement des cycles et l'évapotranspiration accrue se traduira à moyen terme par une augmentation des besoins d'irrigation de l'ordre de 40 mm.

Enfin, les semenciers sélectionnent des variétés plus tolérantes aux stress hydrique et thermique qui seront disponibles à moyen terme. Les variétés actuelles ont déjà démontrées en 2018 et 2019 une meilleure rusticité par rapport aux variétés plus anciennes, ce qui limite l'impact du stress hydrique et des canicules.



A retenir sur le maïs

En sol profond (alluvions et bons limons de Bresse), l'utilisation de variétés plus tardive et l'anticipation des semis (à raison d'un jour tous les 4 ans en moyenne) sont recommandées :

Date de semis : Ne pas semer trop tôt pour diminuer le risque de gel : optimum 10 au 20 avril dans l'est du département et val de Loire (début des semis possible au 5 avril sur sol réchauffé et terrains se réchauffant bien)

Précocités :

- G3 (½ précoce à ½ tardif) en val de Saône
- G2 (½ précoce) à G3 (½ précoce à ½ tardif) en Bresse

Dans un avenir proche, il sera peut être possible de semer des variétés plus tardives d'un groupe de précocité en sol profond : G4 (½ tardif) à la place de G3 par exemple.

Pour les parcelles à potentiel moins élevé où la culture du maïs est aujourd'hui limitée (limons sableux) et pour éviter le stress hydrique à floraison, un semis précoce (avant le 20 avril) d'une variété précoce G1 (à floraison tardive et dessiccation rapide à grain denté) pourrait permettre de positionner les cycles de manière plus favorable par rapport au rayonnement et au risque de sécheresse en visant une floraison en juin et une récolte en grain aux normes d'humidité (15 %) sans frais de séchages.

Adaptation de la culture du Sorgho grain et fourrage

Les surfaces de sorgho sont aujourd'hui négligeables dans notre département.

C'est une culture de printemps au cycle proche du maïs qui est moins exigeante en eau grâce à un enracinement plus profond qui explore mieux la réserve en eau du sol et à son feuillage moins exubérant (surtout pour le sorgho grain, moins vrai pour le sorgho sucrier) qui limite les pertes en eau. C'est aussi une culture très tolérante aux températures élevées. Avec un climat plus chaud et surtout plus sec, c'est une culture qui a des atouts par rapport au maïs, plus fragile.



A l'avenir, la productivité du sorgho pourrait augmenter car le raccourcissement du cycle de la culture, lié à l'augmentation des températures, pourrait jouer un rôle d'esquisse qui compenserait l'augmentation du déficit hydrique.

Pour les sols à forte ou moyenne réserve utile les rendements pourraient dépasser les 80 q/ha.

Les rendements observés dans les années où le sorgho grain avait été cultivé significativement, montrent que sa productivité semble encore faible par rapport au maïs. C'est sans doute pour cela que la culture n'a pas percé. Mais elle a sans doute sa place dans les assolements, comme culture de printemps, dans les sols avec moins de potentiel en maïs : limons sableux (dans des parcelles où la seule culture de printemps est souvent le tournesol).

	Sorgho grain	Maïs grain
Rendement moyen 2014-2018	78 q/ha	88 q/ha
Rendement moyen 2018	82 q/ha	83 q/ha
Rendement moyen 2019	77 q/ha	84 q/ha

source : AGRESTE

Pour l'ensilage, la situation est un peu semblable. Il n'est pas intéressant de faire un sorgho où l'on peut faire un maïs ensilage à plus de 12 tonnes de MS/ha. Il est surtout intéressant dans les parcelles séchantes.

Attention de bien choisir le type de variétés adapté à ses objectifs d'alimentation (valeur énergétique, teneur en amidon et digestibilité) sans oublier de choisir une précocité bien adaptée (seules les variétés précoces conviennent dans notre région).

Le sorgho est une culture tropicale. La précocité est encore limitée sur la moitié nord de la France.

L'implantation doit se faire sur une terre bien réchauffée, à 12°C minimum, entre le 15 mai et le 10 juin selon les années.

Le sorgho fourrager peut être placé en dérobé après un premier ensilage de méteil, ray-grass/trèfle incarnat...

Les Chambres d'Agriculture Bourgogne-Franche-Comté vont mettre en place à partir de 2020 des expérimentations au champ pour préciser les précocités, rendements et qualités des différents types de sorgho fourrager par rapport au maïs ensilage dans des sols assez séchant (RU < 100 mm).

Choisir une variété adaptée

Le sorgho a une grande diversité génétique qui assure différents usages.

Le premier critère de choix d'une variété de sorgho fourrager monocoupe est le classement en 3 classes du CTPS sur la valeur alimentaire :

- Ensilage
- Double usage
- Usage industriel

Ensuite d'autres critères sont pris en compte :

Les variétés **BMR** « Brown Mid Rid » (nervure centrale brune), possèdent 40 à 60 % de moins de lignine que les autres variétés classiques de sorgho. Cette faible teneur en lignine procure au fourrage des qualités de digestibilité et de richesse en énergie, mais une très mauvaise tenue face à la verse.

Pour bien compléter des rations déjà riches en amidon, certains sorghos fourragers ne produisent pas de grain, ils n'apportent donc pas ou peu d'amidon. Ces variétés peuvent être soit **mâle stérile (MS)** (ou pollen stérile) empêchant la fécondation et donc la production de grain, soit **PPS** (PhotoPeriod Sensitive, sensible à la photopériode), n'étant capable d'épier que sous des climats avec des jours courts de moins de 12 heures. Ce caractère PPS a tendance à rendre les variétés plus tardives.

Le sorgho fourrager multicoupe (type sudan-grass ou hybride sorgho x sudan-grass) se caractérise par sa capacité de repousse, autorisant plusieurs coupes successives. Sa valeur énergétique est proche de celle d'une graminée fourragère (certaines variétés sont plus qualitatives avec le caractère **BMR**).

Plus précoce, il peut être semé en dérobé jusque début juillet. (semis – récolte de la première coupe de 40 à 60 jours de 4 à 5 tonnes/ha).

Il est destiné au pâturage, à la fauche (à partir d'un stade d'environ 60 cm qui permet de minimiser la présence d'acide cyanhydrique) ou à l'enrubannage durant l'été. Il ne contient pas d'amidon et s'exploite en plusieurs coupes.

Adaptation de la culture du Tournesol

Le tournesol est la culture de printemps qui a les plus faibles besoins en eau et qui est capable de s'adapter à la sécheresse.

L'augmentation des températures anticipera les stades. Les phases de levées et de remplissage seront davantage raccourcies que la phase de croissance végétative.

Le réchauffement sera pénalisant pendant la phase de remplissage plus précoce. La formation des graines est en particulier perturbée au-delà de températures de plus de 32°C.

C'est une plante en C3 qui valorise l'augmentation de la teneur en CO₂, mais ce gain sera annulé par les effets négatifs du stress hydrique.

La modélisation pour des semis du 10 avril, montre une légère augmentation des rendements (très limité sur sol à faible RU) dans un avenir proche pour notre région mais avec plus de variabilités interannuelles.

Actuellement, les variations interannuelles des rendements sont plus importantes au sud qu'au nord de la France et, devraient se renforcer. Les modèles montrent ainsi une augmentation de la variabilité de l'ordre de 10 % dans notre région.

La production du tournesol ne devrait pas être trop modifiée et **il est encore trop tôt pour tardifier le choix des variétés et anticiper les dates de semis.**

Les sols hydromorphes, parfois aujourd'hui peu favorables aux semis précoces, seront moins engorgés au printemps et deviendront plus favorables à la culture du tournesol.

En sol à réserve utile la plus faible, le tournesol pourrait être favorisé comme alternative au maïs.

La sensibilité des maladies au changement climatique est peu étudiée, mais on sait que le phomopsis est favorisé par les fortes températures.



Adaptation de la culture du soja

Comme le maïs, le soja est aujourd'hui cultivé sur des terrains profonds et c'est une culture sensible au déficit hydrique estival.

Toutefois, le soja est une plante en C3 qui devrait être plus favorisé que le maïs par l'augmentation de la teneur en CO₂.

Le soja n'a pas de phase critique à la sécheresse mais une phase sensible de début floraison (R1) au stade grossissement des graines (R6). Enfin, les besoins en

eau sur le cycle sont plus faibles de 30 à 50 mm pour le soja par rapport au maïs grain.

Ainsi le soja devrait être un peu moins affecté par le changement climatique que le maïs.

Le réchauffement climatique pourra permettre de semer des variétés plus tardives, mais pour l'instant le conseil reste de semer des variétés du groupe 00 du 20 avril au 20 mai. Quelques tentatives de semis avec des variétés plus tardives (groupe I) semées fin avril ont commencé dans la région.

Adaptation de la conduite des intercultures et cultures dérobées

Le changement climatique va augmenter la durée des intercultures, grâce surtout à des récoltes plus précoces des céréales à pailles, colza, pois protéagineux.

Dans ces conditions, si les sols sont assez humides et la pluviométrie estivale suffisante, la productivité des intercultures et dérobées devrait augmenter avec des semis plus précoces, mais surtout un automne plus chaud qui permettra une croissance plus importante avant l'hiver.

Toutefois, l'échec de l'implantation et/ou de la croissance des couverts d'interculture risque d'augmenter avec des pluviométries estivales un peu plus faibles et surtout une plus grande variabilité des pluies.

Peu de travaux de modélisation ont été entrepris précisément pour répondre à cette question. (Des modélisations seront réalisées en 2020 au niveau régional).

En attendant, il faudra être assez réactif et savoir s'adapter au climat variable des années.

Des mélanges de couverts (3 à 6 espèces) ont déjà démontré leur meilleure capacité à occuper l'espace et à augmenter et régulariser la production de biomasse. Au-delà de l'intérêt à produire des fourrages ou des cultures dérobées, les couverts d'interculture, s'ils sont réussis, participent à l'augmentation du taux de matière organique de sols, ce qui permet d'augmenter la réserve utile des sols et donc de limiter l'impact des sécheresses.

Adaptation de la conduite des prairies

Une pousse plus précoce et plus importante au printemps

Le réchauffement des températures va permettre un démarrage et une pousse de l'herbe plus précoces des prairies au printemps et des récoltes d'ensilage ou foin plus précoces également. Après ces premières coupes plus précoces et abondantes, les repousses seront plus marquées par la sécheresse et les fortes températures estivales avec une augmentation de la fréquence d'aléas exceptionnels.

La mise à l'herbe pourra être plus précoce et la rentrée des animaux plus tardive.

Dans le futur proche (années 2020-2050), si les productions ont tendance à augmenter, ce qui permet d'augmenter les chargements, l'avance des productions en saison conduira à utiliser plus de premières coupes pour constituer des stocks, de plus en plus nécessaires pour passer le creux de production de l'été.

Le raccourcissement du 1^{er} cycle de production de l'herbe au printemps va rendre certaines années la gestion des pâtures et premières récoltes plus compliquée en début de printemps.

Les années très sèches, qui seront plus récurrentes, les prairies seront plus impactées que les céréales. Pour un même déficit hydrique, leur production baisse de 50 %, alors que celle du blé ne diminue que de 20 %. Réduite en volume par la sécheresse, la valeur énergétique de l'herbe s'accroît mais sa richesse en azote diminue fortement.

Il deviendra de plus important de bien valoriser au maximum l'herbe de printemps en ne « gaspillant » pas l'herbe au pâturage et en faisant un maximum de stocks.

Une diversification des prairies permanentes et temporaires assure une souplesse d'exploitation de façon à toujours exploiter l'herbe au meilleur stade.

Un déficit de production toujours plus marqué en été

Le déficit hydrique sera accentué en été et les années très déficitaires seront encore plus systématiques qu'actuellement.

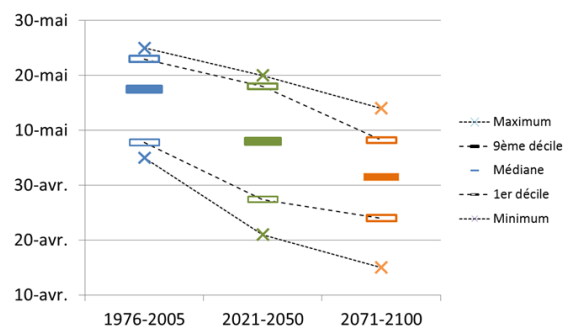
Il faudra bien gérer la pâture disponible avec de l'affouragement complémentaire de plus en plus indispensable.

Vers la fin du siècle, les besoins en stocks deviendront supérieurs pour la période estivale à celui de l'hiver !!

L'automne sera toujours une saison très variable d'une année sur l'autre. Les années favorables à la pousse de l'herbe, le pâturage pourra être prolongé et des stocks constitués.

Les systèmes d'alimentation basés sur l'herbe nécessiteront :

- soit des stocks supplémentaires : la gestion des stocks devra de plus en plus se faire de façon pluri-annuelle.
- soit des conduites de plus en plus extensives avec des faibles chargements.

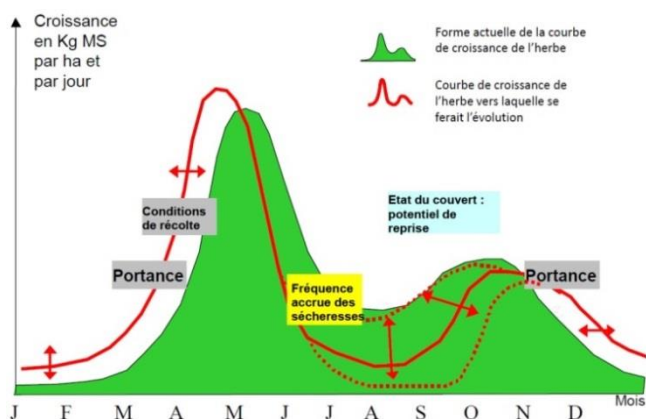


Evolution projetée de la date de franchissement de 800°CJ base 0°C (°CJ) initialisée au 01/02 à Charolles entre la fin du XXème et la fin du XXIème siècle.
Scénario : RCP 4.5. Modèle : Aladin-climat. Source : [Clima-XXI/71](#). Données : DRIAS/CNRM 2014.

De nombreuses questions sont aujourd'hui à l'étude :

- Faisabilité du pâturage hivernal (quelle production, pour quels animaux et conséquences sur la production annuelle)
- Les pratiques de stockage sur pied pour pâturage, qui doivent être revisitées, puisque la sénescence de fin de printemps et d'été pourrait être notablement accélérée du fait du réchauffement. Il s'agit maintenant de préciser avec quel type de prairie, pour quels animaux, dans quelles limites de durée ces pratiques sont encore envisageables compte tenu de leur intérêt économique qui ne sera pas démenti par le renchérissement des travaux de récolte.

- Face aux difficultés d'implantation prévisibles des prairies en août-septembre, quelle est la faisabilité des semis sous couvert de méteil en octobre dans notre région ?
- La relance de la culture et de l'utilisation de la luzerne dans les zones propices, en pur ou en mélange, mais aussi les possibilités de nouvelles cultures fourragères (plantain, chicorée, trèfle d'Alexandrie, betterave...).
- Quel type et niveau de stocks de sécurité sera-t-il nécessaire ?
- Comment valoriser la diversité floristique pour «étaler» le pic de production des prairies au printemps ?



fournira une première coupe avec un rendement conséquent. Cette méthode d'implantation offre plus de garanties qu'en cas de semis de printemps où les plantes n'ont pas suffisamment le temps de se développer avant les premiers épisodes de sécheresse.

Quelques éleveurs du Charolais ont déjà testé cette technique avec succès en 2018, mais ce mode d'implantation doit encore être validé pour les zones les plus froides du département.



**Méteil, céréales au stade laitieux pâteux
triticale + pois fourrager + vesce**
(Source : Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou)



Prairie après ensilage du méteil
(Source : Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou)

Des difficultés d'implantations des prairies

La réussite de l'implantation des prairies (habituellement en août et début septembre) sera comme pour le colza beaucoup plus aléatoire.

Dans ces conditions, des essais assez probants surtout dans l'ouest de la France ont montré qu'il était possible de les semer la première quinzaine d'octobre sous couvert d'un mélange céréales et protéagineux récoltés immatures (MCPI). **Le mélange protégera alors la prairie du froid lors de la phase d'installation** et

Conclusion

Les connaissances scientifiques permettent de connaître assez précisément le climat à moyen terme (2020 à 2050). L'impact sur les cultures peut être assez bien estimé pour préciser les pistes d'adaptions pour notre département.

Le climat à plus long terme de 2050 à 2100 dépendra de notre capacité collective au niveau mondial à limiter les gaz à effet de serre.

Des objectifs ont été pris dans le cadre des accords internationaux.

Comme les autres activités, l'agriculture devra prendre sa part : sa contribution au pouvoir de réchauffement a pour origine à 90 % la production de protoxyde d'azote et de méthane.

Pour limiter ces émissions, 4 moyens d'actions sont disponibles :

- La gestion de l'azote (émissions de N₂O au sol),
- L'alimentation des animaux (méthane entérique, rejets azotés dans les effluents),
- Le stockage de carbone dans les sols et la biomasse (capter plus de CO₂ atmosphérique),
- Les effluents et l'énergie sur les exploitations (méthane d'origine organique, CO₂ d'origine fossile).

Une prochaine fiche fera le point sur l'implication sur les exploitations de Saône-et-Loire.



Sources bibliographiques

ADEME ; 2012 ; Adaptation au changement climatique en bourgogne & grandes cultures ; ADEME Alterre Bourgogne, Dossier thématique – Septembre 2012, 17 p

Amigues J.-P., Debaecke P., Itier B., Lemaire G., Seguin B., Tardieu F. et Thomas A., (2006) - Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise collective scientifique, synthèse du rapport, INRA Editions. 72 p

Brisson N., Levrault F. ; 2012; Livre vert du projet CLIMATOR- changement climatique, agriculture et forêts en France : simulations d'impacts sur les principales espèces 2017-2010; ADEME éditions; 334 pages

Gate P., Blondot A., Gouache D., Deudon O., Vignier L; Impacts du changement climatique sur la croissance et le développement du blé en France - Quelles solutions et quelles actions à développer ? ; OCL 2008 ; 15(5) : 332–336

Madrid A., Moreau J.-C., Lecarme M; 2018, CLIMALAIT – Pour l'adaptation des élevages laitiers au changement climatique – Des résultats pour la Bresse ; Institut de l'élevage IDELE, 18 p

Parent B., Leclere M., Lacube S., Semenov M A., Welcker C., Martre P., Tardieu F ; 2018 ; Maize yields over Europe may increase in spite of climate change, with an appropriate use of the genetic variability of flowering time; PNAS ; October 16, 2018 ; vol. 115 ;no. 42 ; 10642–10647

Parent B., Welcker C., Tardieu F; 2019; Le maïs en France - Changement climatique – Des rendements maintenus en adaptant la précocité ; Perspectives agricoles, janvier 2019, n°462, 38-41

Ruget F., Durand J.-L., Ripoche D., Graux A.-I., Bernard F., Lacroix B., Moreau J.-C ; 2013 ; Impacts des changements climatiques sur les productions de fourrages (prairies, luzerne, maïs) : variabilité selon les régions et les saisons ; Fourrages (2013) 214, 99-109

Ruget F., Clastre P., Moreau J.-C., Cloppet E., Souverain B., Lacroix B., Lorgeou J ; 2012 ; Conséquences possibles des changements climatiques sur la production fourragère en France. II. Exemples de quelques systèmes d'élevage; Fourrages (2012), 211, 243-251

Action réalisée dans le cadre du programme régional de recherche & expérimentation en grandes cultures des Chambres d'Agriculture de Bourgogne Franche-Comté avec le soutien financier de

