



Face au Changement Climatique : Construire l'Agriculture de Solutions

Positiver le lien entre agriculture et climat.

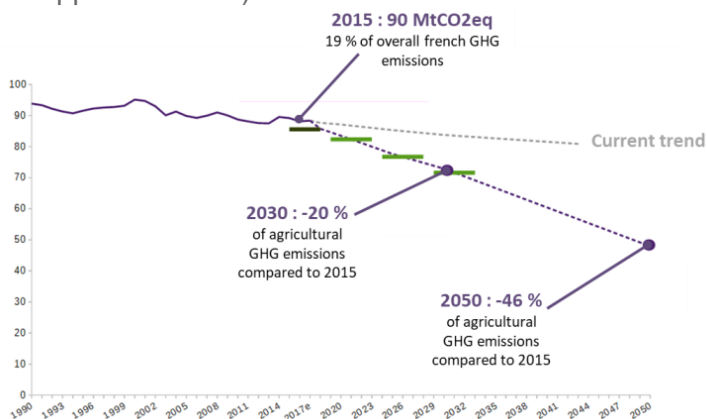
Il est avéré que l'accélération de l'augmentation des températures est due aux émissions de gaz à effet de serre (GES) générées par les activités humaines (agriculture, bâtiments, déchets, production d'énergie, industrie, transports). L'agriculture a réellement une posture singulière car elle est à la fois victime, coupable et contributrice 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 (source 5^{ème} rapport du GIEC).

Pour 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, au développement 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, 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.

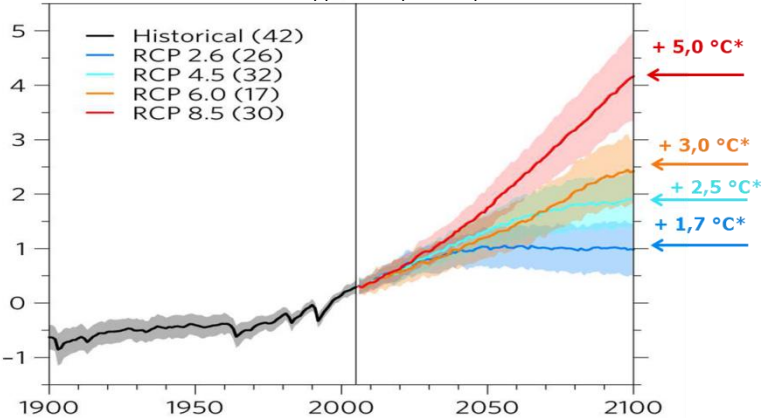
Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) envisage quatre futurs possibles selon des évolutions de contexte socio-économique, des efforts de réduction des GES dans le temps par secteur et par pays et du rôle des différents leviers de changement : politique, technologie, 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.

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



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.



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



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

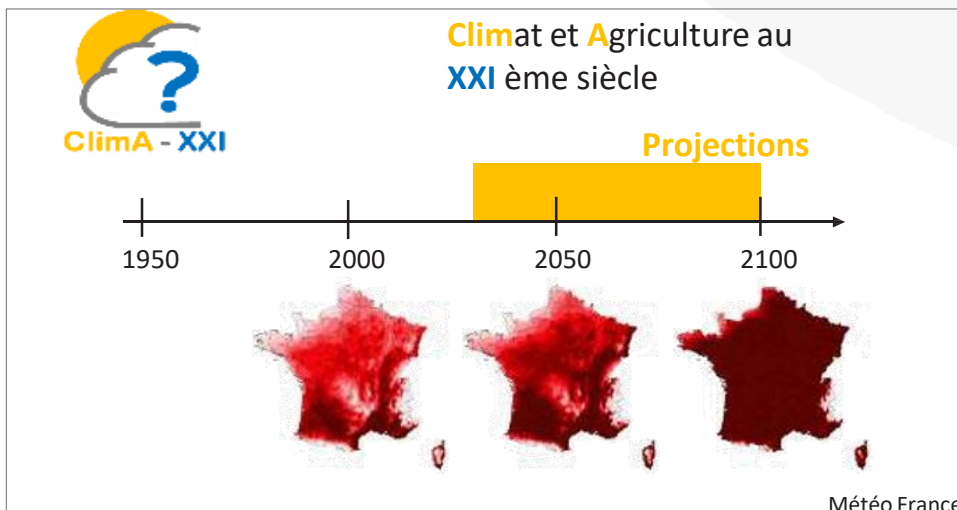
L'outil ClimA XXI vise à produire des éléments chiffrés et d'analyse afin de prendre la mesure du sujet et permettre à l'agriculture de percevoir l'influence du réchauffement climatique sur ses pratiques. Il permet de partager la vision des constats, l'impact des menaces et les solutions possibles.

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**



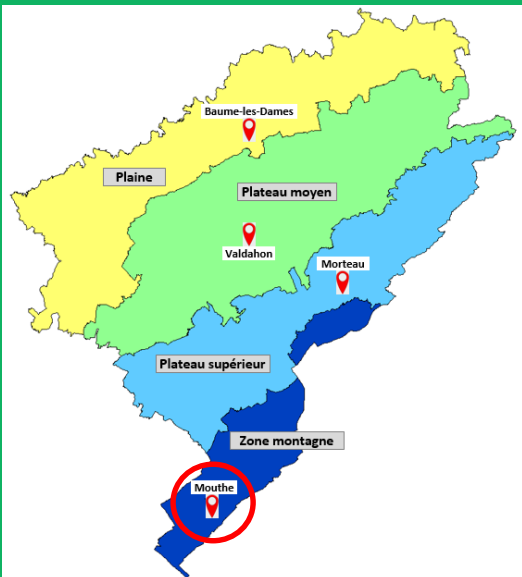
Il s'agit de données modélisées (passées comme futures). **Ce ne sont pas des prévisions, mais des projections !**

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



Territoire Etudié : Montagne

Commune de Mouthe



Mouthe (930 m) est situé en zone montagne dans le département du Doubs.

Les terres agricoles s'échelonnent entre 800 et 1300 m d'altitude. La surface agricole utile de cette zone est de 12 000 ha. Les prairies permanentes occupent la quasi-totalité des surfaces agricoles de cette région. Les surfaces en herbe produisent le fourrage valorisé sous forme de pâturage ou de foin. Ce fourrage est destiné à l'alimentation du cheptel bovin produisant du lait sous label de qualité (AOP Comté, Morbier et Mont d'Or). La ville de Mouthe détient le record de la température minimale enregistrée en France métropolitaine avec $-36,7^{\circ}\text{C}$ le 13 janvier 1968.



Quelques 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

Liste des indicateurs étudiés :

Généraux

- Températures moyennes annuelles ($^{\circ}\text{C}$)
- Températures moyennes mensuelles ($^{\circ}\text{C}$)
- Nombre de jours de gel/an
- Cumuls mensuels des précipitations (mm)
- Pluies efficaces du 01/01 au 31/12 (mm)

Prairies

- Nombre de jours chauds où la température maximale est supérieure ou égale à 27°C du 01/05 au 31/10
- Nombre de jours par an où la température maximale est supérieure ou égale à 35°C du 01/05 au 30/09
- Date de franchissement des 200 $^{\circ}\text{J}$ base 0° - initialisé au 01/01 et écrêté à 18°C
- Date de franchissement des 300 $^{\circ}\text{J}$ base 0° - initialisé au 01/02 et écrêté à 18°C
- Date de franchissement des 800 $^{\circ}\text{J}$ base 0° - initialisé au 01/02

Santé du bétail

- Nombre de jours de stress thermique des animaux (THI)

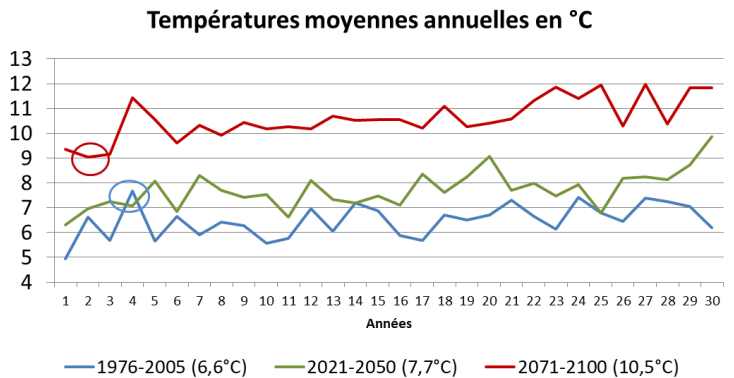




Températures moyennes annuelles (°C)

En valeurs médianes, nous constatons une augmentation moyenne d'environ 1°C dans les années 2030 et de 3,8 °C dans les années 2080 par rapport à la période de référence (années 1980).

Une année considérée comme chaude, 7,7°C, durant les années 1980, est plus fraîche qu'une année considérée comme froide, 9°C, durant les années 2080.

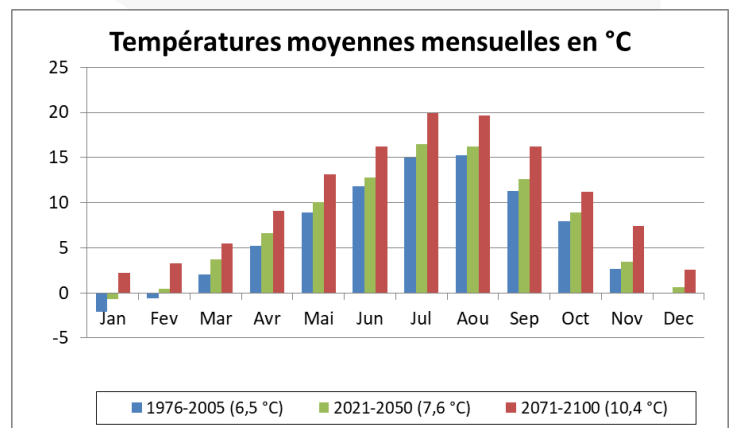


Températures moyennes mensuelles (°C)

Comme dans le reste de la zone montagne, à Mouthe, l'accroissement des températures moyennes mensuelles au cours du XXIème siècle s'observe toute l'année.

Au milieu du XXIème siècle, l'accroissement de température par rapport à la fin du XXème siècle est le plus marqué en début et milieu d'année (+1 à 1,6°C par mois en valeurs médianes).

A la fin du XXIème siècle, l'accroissement de température par rapport à la fin du XXème siècle atteint généralement 3,4 à 4,9°C selon les mois, sauf pour les mois d'octobre et de décembre où la hausse des températures est plus limitée (+3,2 et +2,6°C respectivement).



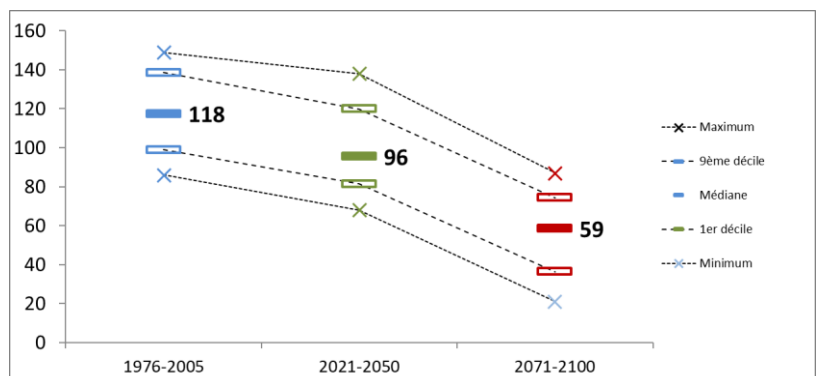
Augmentation des températures mensuelles dans le futur proche et le futur lointain par rapport à la référence historique

Période	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1976-2005 (6,5°C)	-2,1	-0,6	2,1	5,2	8,9	11,8	15,0	15,2	11,3	7,9	2,6	0,0
2021-2050 (7,6°C)	1,4	1,1	1,6	1,4	1,2	0,9	1,5	1,0	1,4	1,0	0,8	0,6
2071-2100 (10,4°C)	4,3	3,9	3,4	3,9	4,3	4,4	4,9	4,4	4,9	3,2	4,8	2,6

Nombre de jours de gel/an

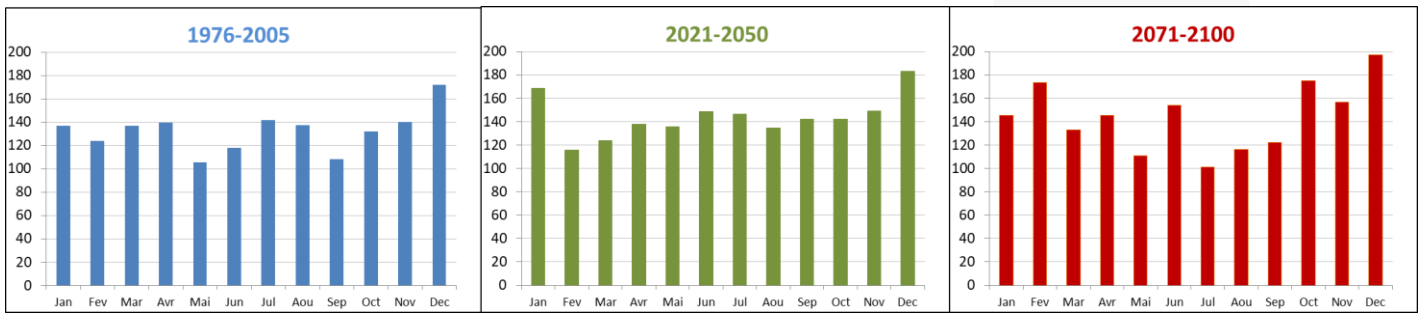
Nous constatons une nette diminution du nombre de jours de gel par an pour tous les critères statistiques étudiés. La variabilité interannuelle du nombre de jours de gel évolue peu dans le futur.

Dans les années 1980, nous dénombrons au cours de l'hiver le plus doux **86 jours** de gel par an (minimum sur 30 ans). Dans les années 2080, ce nombre de jours de gel ne se produira qu'une année sur 30 (87 jours de gel par an au cours de l'hiver le plus rigoureux sur 30 ans) !





Cumul mensuel des pluies (mm) - médianes trentenaires



A Mouthe, la répartition mensuelle des pluies (médianes) évolue au milieu du XXIème siècle, et cette évolution se poursuit à la fin du XXIème siècle.

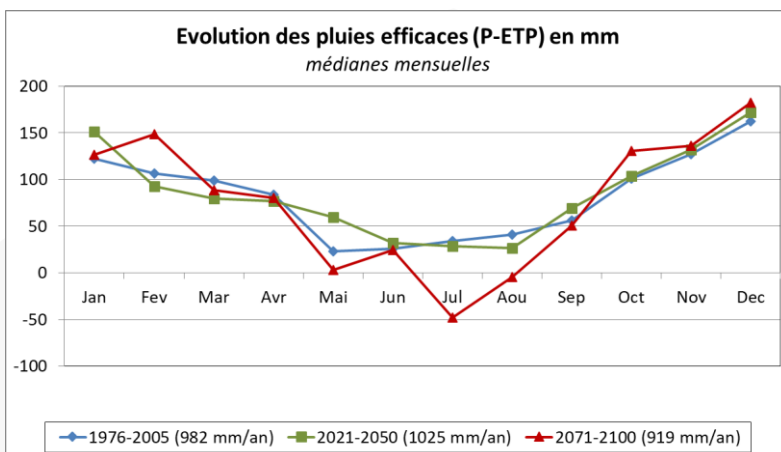
Au milieu du XXIème siècle (par rapport à la fin du XXème siècle), on constate :

- x une augmentation de la pluviométrie médiane annuelle de 1688 à 1877 mm,
- x la hausse des précipitations est plus marquée en janvier, mai, juin et en septembre (+30 à 34 mm par mois),
- x il y a une légère diminution des précipitations médianes en février et en mars (-10 mm environ par mois).

A la fin du XXIème siècle (par rapport à la fin du XXème siècle), on constate :

- x Une augmentation des précipitations médianes annuelles de 1688 mm à 1845 mm à la fin du XXIème siècle,
- x la hausse des précipitations est plus visible pour les mois de février, juin et octobre (respectivement +49, 36 et 43 mm par mois), et dans une moindre mesure en décembre (+25 mm)
- x on observe une diminution des précipitations au cours de mois de juillet et août (-41 à -21 mm par mois).

Pluies efficaces mensuelles du 01/01 au 31/12 (mm)



Définition: Après un épisode pluvieux, une partie de l'eau tombée au sol retourne dans l'atmosphère par évapotranspiration (phénomène cumulant l'évaporation de l'eau et la transpiration des plantes) : elle ne bénéficie donc pas aux nappes souterraines et aux milieux aquatiques de surface. L'autre partie ruisselle - potentiellement vers les milieux - et s'infiltre dans le sol - et recharge potentiellement les nappes : elle constitue la pluie efficace.

Comparé à la période de référence, les données observées pour la 1^{ère} moitié du XXIème siècle y semblent assez proches. A l'inverse, nous observons une baisse significative des pluies efficaces à la fin du XXIème siècle. La période de mai à août sera plus impactée par cette baisse, -150 mm sur cette période de 4 mois en médiane par rapport aux années 1980. Une année sur 2 l'évapotranspiration sera plus élevée que les précipitations au cours des mois de juillet et d'août.

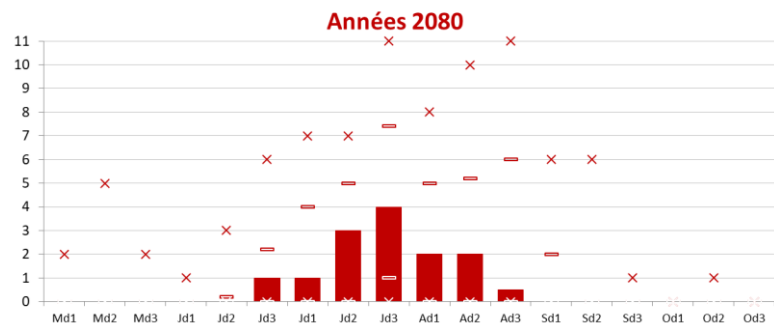
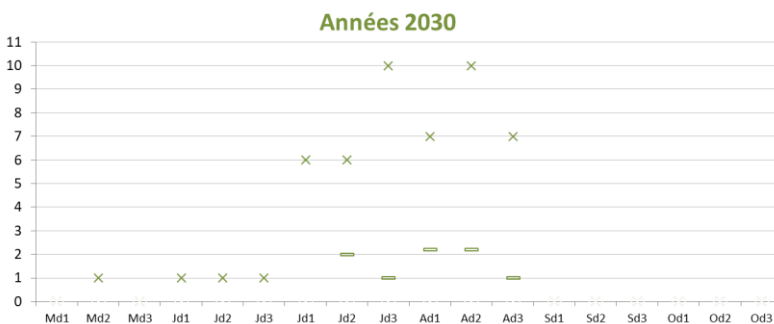
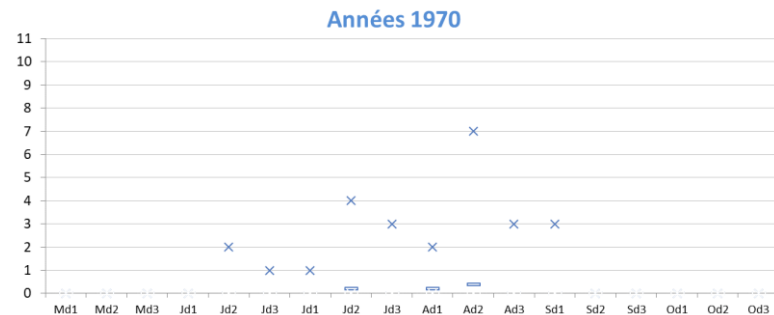
- Cette baisse sera la conséquence d'un assèchement des sols plus important, ce qui impactera négativement les prairies, surtout en sols séchant et superficiels.



Quel avenir pour les prairies?

Ralentissement de la pousse de l'herbe et début du stress thermique :

Nombre de jours chauds par décade où la température maximale est supérieure ou égale à 27°C du 01/05 au 31/10 :



- A l'avenir, le nombre de jours où la température sera supérieure à 27°C va augmenter. Par conséquent, la pousse de l'herbe sera ralentie.

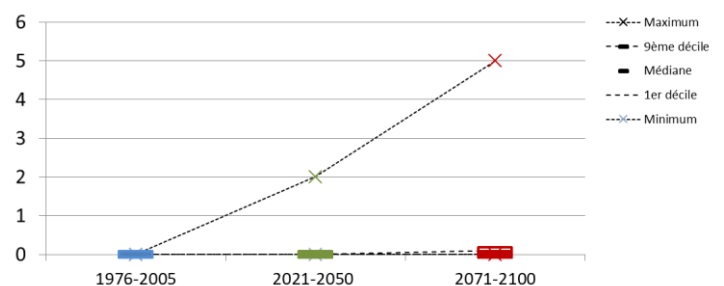
- Comparée à la période de référence, la première moitié du XXIème siècle, verra apparaître plus fréquemment des années chaudes avec des températures supérieures à 27°C dès le mois de mai (1 année sur 30) et plus régulièrement à partir de la deuxième décade de juillet et jusque fin d'août. Cette température sera synonyme d'un ralentissement plus fréquent de la pousse de l'herbe en juillet et en août.

- Par rapport à la période de référence, on observe d'ici la fin du XXIème siècle, une pousse de l'herbe ralentie sur un pas de temps plus long, et ce, de manière régulière. De fait, une période de ralentissement de la pousse de l'herbe sera possible de mi-juin à fin août. Il y aura une année sur deux 14 jours à plus de 27°C à la fin du siècle. Les valeurs les plus élevées qui arrivaient seulement 1 année sur 10 dans le passé, deviendront la norme d'ici la fin du XXIème siècle.

Autres remarques :

Les jours atteignant une température supérieur ou égale à 35°C correspondent à l'arrêt de la pousse de l'herbe. Ce nombre ne va pas sensiblement bouger d'ici le milieu du XXIème siècle et même la fin du siècle. Par rapport à la période de référence où cette température n'était jamais atteinte en 30 ans, elle sera franchie deux jours par an 1 année sur 30 au cours du milieu du XXIème siècle et 5 jours par an 1 année sur 30 à la fin du XXIème siècle. L'altitude élevée de la zone montagne du massif du Jura permettra de conserver des températures inférieures à 35°C, ce qui devrait limiter fortement le nombre de jour d'arrêt de la pousse de l'herbe.

Nombre de jours par an où Tmax >= 35°C du 01/05 au 30/09





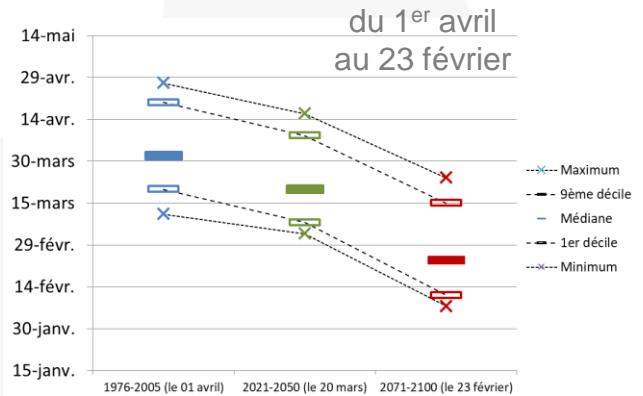
Quel avenir pour les prairies ?

Démarrage de la végétation (date d'épandage des engrais organiques et minéraux) : date de franchissement obtenue à 200 °J (base 0° - initialisé au 01/01 et écrêté à 18°C)

Nous constatons un avancement marqué de la date de franchissement des 200°C, qui correspond à la date de démarrage de la végétation en sortie hiver.

De fait, il y a environ 12 jours de différence entre la période de référence et le milieu du XXIème siècle. Cet avancement est d'autant plus important d'ici la fin du XXIème siècle avec 36 jours d'avance comparé aux années de référence.

Le franchissement précoce des 200°C jours pourrait aussi être synonyme d'un avancement des épandages d'engrais organiques et minéraux. En effet, cette date est le seuil de valorisation pour apporter l'engrais azoté. Cependant, l'avancement des épandages en sortie d'hiver ne sera pas toujours compatible avec les conditions de portance des sols en raison de l'augmentation de la pluviométrie attendue au cours et en sortie d'hiver.

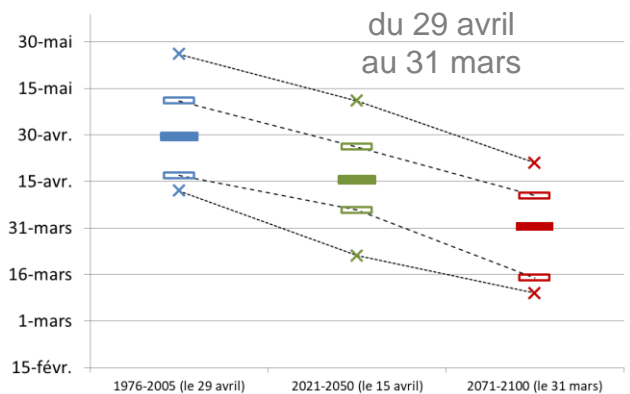


Avancement de la date de mise à l'herbe :

date de franchissement des 300°J (base 0° - initialisé au 01/02 et écrêté à 18°C)

Nous constatons un avancement marqué de la date de franchissement des 300°C, qui correspond à la date de mise à l'herbe. De fait, il y a environ 14 jours de différence entre la période de référence et le milieu du XXIème siècle. Cet avancement est d'autant plus important d'ici la fin du XXIème siècle avec 29 jours d'avance comparé aux années de référence.

Un avancement de la date de franchissement des 300°C jours devraient être synonyme d'un avancement de la date de la mise à l'herbe. Ceci permettrait de compenser le manque d'herbe prévu durant les étés futurs. Néanmoins, la mise en pratique de cette dernière risque de faire face au même problème cité ci-dessus : la portance des sols en sortie hiver.

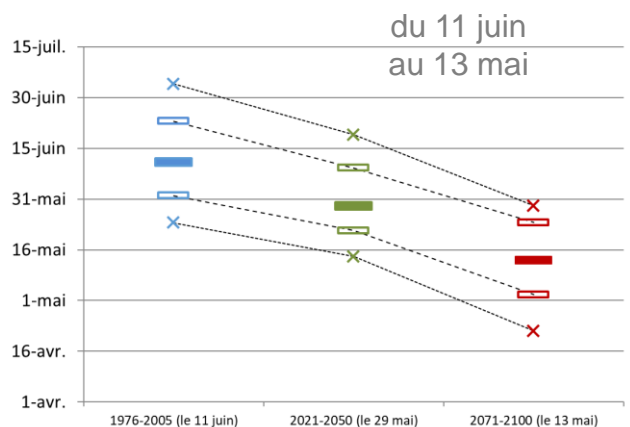


Avancement de la date de fauche des prairies :

date de franchissement des 800 °J (base 0° - initialisé au 01/02 et écrêté à 18°C)

Nous constatons un avancement marqué de la date de franchissement des 800°C, qui correspond à la date de fauche des prairies (foin précoce). De fait, il y a environ 13 jours de différence entre la période de référence et le milieu du XXIème siècle. Cet avancement est d'autant plus important d'ici la fin du XXIème siècle avec 29 jours d'avance comparé aux années de référence.

Le franchissement précoce des 800°C jours pourrait aussi être synonyme d'un avancement de la date de fauches des prairies. Ceci pourrait permettre de compenser le manque de fourrage à prévoir durant les étés. Il faudra aussi sûrement compléter cette pratique avec des fauches de regain qui arriveront plus tardivement dans l'année vers le mois d'octobre au retour des conditions climatiques plus propices à la pousse de l'herbe, sous réserve d'humidité à cette période de l'année. Se pose alors la question de la valorisation de cette herbe (conditions de pâturage, outils de séchage,...).



Quel avenir pour le bétail?

Stress thermique des animaux :

Evolution projetée des classes de THI (Temperature Humidity Index) en nombre de jours par an (médiane) – THI calculé à partir de la température et de l'humidité:

La thermorégulation des bovins est nécessaire dès 15 °C (source INRA 2018) et le stress thermique démarre à 22°C quand il y a 50 % d'humidité. En stress thermique, les vaches boivent plus, mangent moins, ruminent moins.

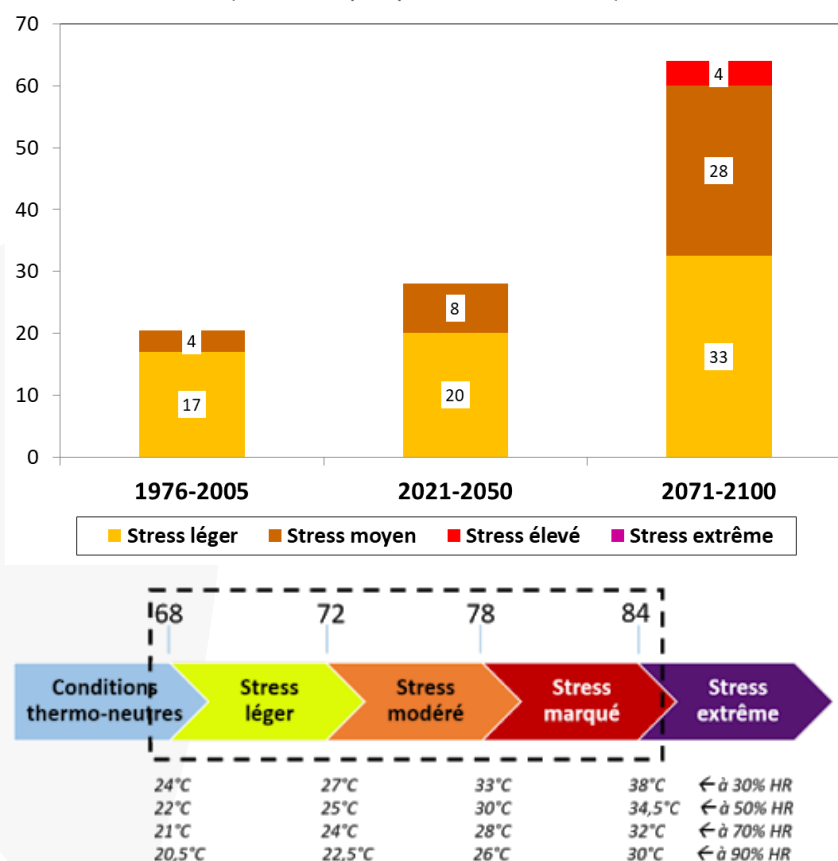
A l'avenir, avec l'augmentation des températures, pour un certain niveau d'humidité, le stress des bovins va augmenter. Nous observons un doublement des périodes de stress chez les bovins au cours du XXI^{ème} siècle, avec notamment une augmentation de la catégorie de « stress moyen ». A la fin du XXI^{ème} siècle, le nombre de jours de stress thermique aura triplé, passant de 21 à 65 jours, avec une augmentation considérable du nombre de jours de stress modéré (passant de 4 à 28 jours) et l'apparition du stress élevé (4 jours par an une année sur 2).

L'accroissement du stress thermique dans le futur aura des conséquences non négligeables sur la santé des bovins (voire leur survie) ainsi que leur production. C'est pourquoi, les pratiques actuelles de la gestion du pâturage doivent être adaptées.

- Sur le court terme, des leviers peuvent être mis en place : l'augmentation des zones d'ombrages (abris, haies, bosquets, etc...) et des points d'eau, l'avancement de la mise à l'herbe, le choix des espèces prairiales adaptées,...

- Sur le moyen terme, en plus des leviers cités ci-dessus, la réalisation du pâturage sera compromise en été, avec un mode de conduite du troupeau proche de celui pratiqué en hiver : conduite du troupeau à l'abri (en bâtiment avec installation de confort thermique : ventilation, aération) pour les périodes les plus sensibles, retour au pâturage à l'automne, ration sèche nécessitant un stock fourrager plus important ou d'envisager une baisse du cheptel.

Evolution des classes de THI en nbre de jours par an
(médiane par période de 30 ans)



Indicateurs Agro Climatiques croisés

Mouthe:

légende: référence 1976-2005 – 2021-2050 (RCP 8.5) – 2071-2100 (RCP 8.5)



6,6 °C en moyenne par an

7,7 °C en moyenne par an

10,5 °C en moyenne par an

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
référence 1976-2005	-2,1 °C	-0,6 °C	2,1 °C	5,2 °C	8,9 °C	11,8 °C	15 °C	15,2 °C	11,3 °C	7,9 °C	2,6 °C	0 °C
2021-2050 (RCP 8.5)	+1,4 °C	+1,1 °C	+1,6 °C	+1,4 °C	+1,2 °C	+0,9 °C	+1,5 °C	+1 °C	+1,4 °C	+1 °C	+0,8 °C	+0,6 °C
2071-2100 (RCP 8.5)	+4,3 °C	+3,9 °C	+3,4 °C	+3,9 °C	+4,3 °C	+4,4 °C	+4,9 °C	+4,4 °C	+4,9 °C	+3,2 °C	+4,8 °C	+2,6 °C

Nbre jours >27°C 01/05 au 31/10

	0	0	14
référence 1976-2005	jours à plus de 27°C		
2021-2050 (RCP 8.5)	médiane mensuelle du 01/05 au 31/10		



1682 mm de pluie par an

1877 mm de pluie par an

1845 mm de pluie par an

	398 mm	882 mm	312 mm
référence 1976-2005	mm de pluie par an		
2021-2050 (RCP 8.5)	+10 mm	+106 mm	+20 mm
2071-2100 (RCP 8.5)	+54 mm	+43 mm	+41 mm

STADES

200°C



300°C



800°C



REPERES

HERBE

01-avr

20-mars

23-févr

29-avr

15-avr

31-mars

19-juin

05-juin

18-mai

Quel avenir pour les prairies fauchées et pâturées ?

En général, l'évolution du climat aboutira à une nette avancée du calendrier phénologique de la prairie. De fait, la pousse de l'herbe démarrera plus tôt en sortie hiver. Cependant, la hausse des températures et la baisse des pluies efficaces principalement durant l'été, provoqueront un ralentissement et de l'arrêt de la pousse estivale pour le futur lointain. Cette pousse reprendra vers l'automne sous réserve d'une pluviométrie suffisante. La période des semis des prairies temporaires sera retardée ou reportée au printemps suivant. Cet avancement de la pousse de l'herbe et la reprise tardive permettront en partie de compenser les pertes estivales. Il faudra aussi adapter le type d'espèces prairiales à l'avancement de la pousse de l'herbe et aux nouvelles conditions climatiques. Par ailleurs, l'avancement du calendrier phénologique des prairies pourraient aussi être synonyme d'un avancement des épandages d'engrais organiques et minéraux, mais tout dépendra de la portance des sols sortie hiver.

- Pour les fauches: il sera important de former des stocks de fourrages pour pouvoir être autosuffisant l'été et même revoir à la baisse son nombre d'UGB sur l'exploitation (amélioration des performances de production pour un nombre réduit d'animaux, réduire les génisses d'élevages destinées à la vente, augmentation de la surface fourragères, réduire les animaux improductifs...). L'avancement des dates de fauches sera nécessaire tant pour la quantité que la qualité des fourrages; avec un arrêt total de la pousse de l'herbe fréquent en été et une seconde fauche possible à l'automne s'il pleut suffisamment. Les journées plus courtes et la rosée en début et en fin de saison rendent cependant le séchage au sol plus difficile, pouvant nécessiter des outils spécifiques.

-Pour la gestion du pâturage

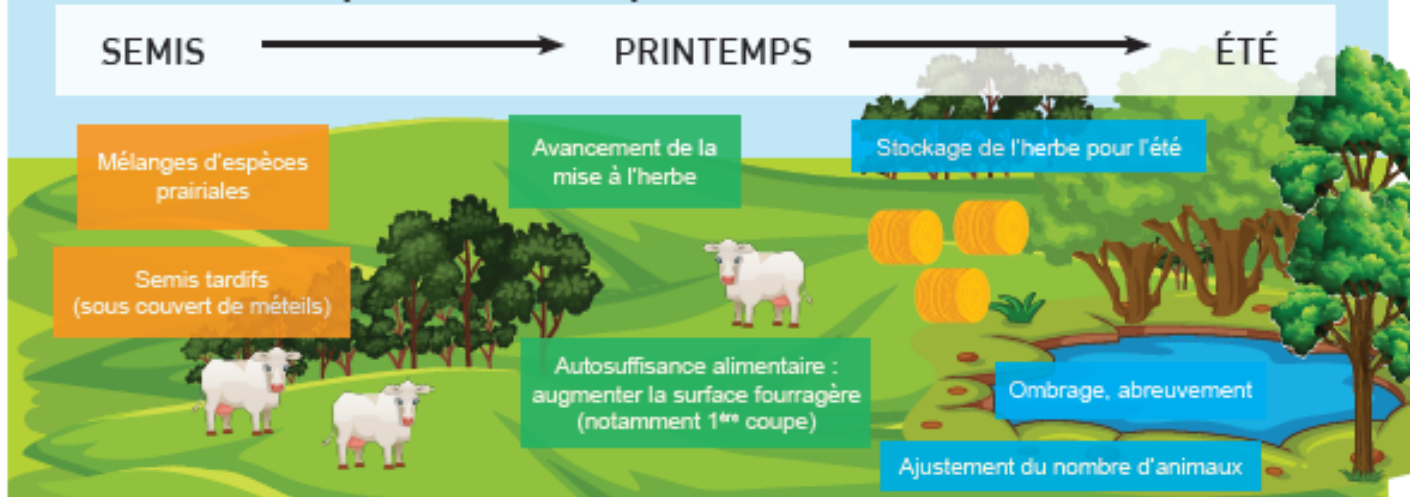
- pour le futur proche, des adaptations de pratiques seront à développer pour profiter au maximum des conditions de pousses et assurer la santé du bétail : augmenter les zones d'ombrage et des points d'eau, avancement de la mise à l'herbe (si possible);

- pour le futur lointain la gestion estivale risque d'être repensée avec des animaux au bâtiment pour éviter le stress du bétail et une adaptation en conséquence des capacités de stockage ou de l'approvisionnement en fourrages (dont les prix augmenteront avec leur raréfaction). Pour optimiser l'utilisation des pâtures, il sera aussi nécessaire d'avancer la date de sortie au pâturage et de valoriser les pousses d'automne; ces leviers d'actions permettront de compenser les périodes d'improductivité estivales (en bâtiment) et d'atténuer les effets du réchauffement climatique. Il est cependant important de noter que l'avancement de la mise au pâturage risque d'entrer en conflit avec des problèmes de portance des sols sortie hiver où le cumul des pluies sera plus important.

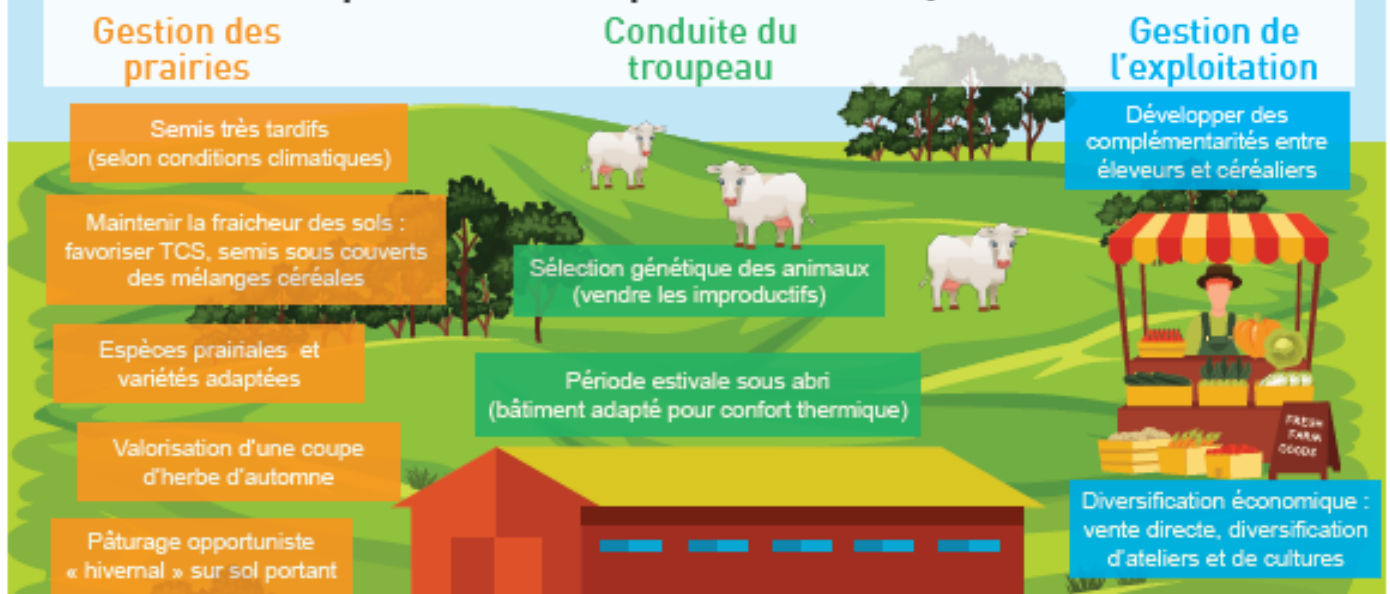


Quel avenir pour les prairies ?

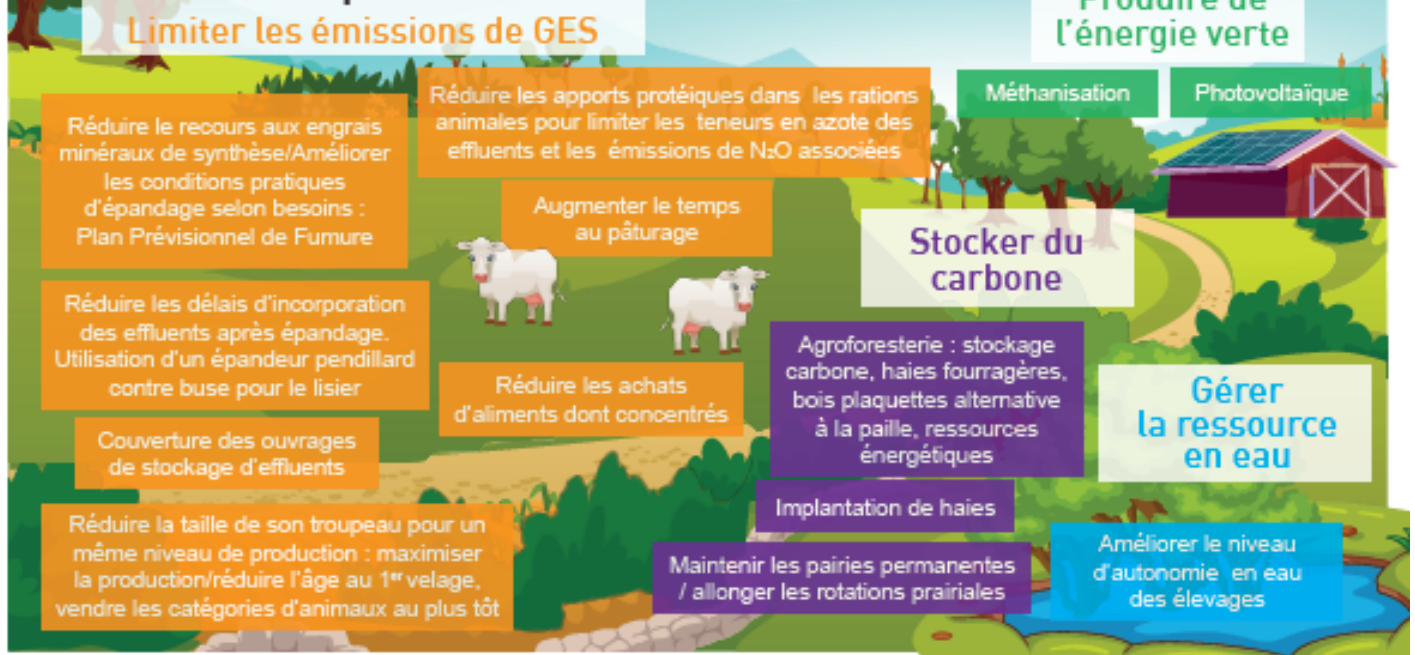
PRAIRIES : pistes d'adaptation à court terme



PRAIRIES : pistes d'adaptation à moyen terme



PRAIRIES : pistes d'atténuation



Contacts et rédaction :

Didier Tourenne - Chambre Interdépartementale d'agriculture Doubs Territoire de Belfort

03 81 65 52 93 - dtourenne@agridoubs.com

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

Crédits photos : Chambre régionale d'agriculture de Bourgogne Franche-Comté, Chambre Interdépartementale d'agriculture 25/90 et www.pixabay.com

Imprimé par nos soins.

