



Projet Interreg SPAD

ETAPE 1 :

ÉVOLUTION DU CLIMAT AU SEIN DES UNITES GEOMORPHOLOGIQUES ET IMPACTS SUR LES PRODUCTIONS FOURRAGERES

MARS 2023

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| 1. Démarche et objectifs du projet SPAD | 4 |
| 2. Méthodologie de l'étape 1 | 5 |
| 2.1. Evolution du climat | 5 |
| 2.2. Impact sur les productions | 6 |
| 3. Description du territoire du projet | 7 |
| 3.1. Territoire géographique et répartitions des UGM | 7 |
| 3.1.1. Carte géographique du projet..... | 7 |
| 3.1.2. Liens des UGM avec la caractéristique des sols | 7 |
| 3.1.3. Caractéristiques des unités géomorphologiques (base de la période 1961-1990) | 8 |
| 3.2. Evolution globale des données climatiques dans les UGM | 9 |
| 3.2.1. Températures annuelles | 9 |
| 3.2.2. Précipitations annuelles | 10 |
| 3.3. Impact des résultats climatiques..... | 11 |
| 3.3.1. Nouvelles opportunités pour les cultures fourragères..... | 11 |
| 3.3.2. Evolution des systèmes de production | 11 |
| 4. Description des unités géomorphologiques | 12 |
| 4.1. Unité géomorphologique : Plaine Ouest haut-saônoise | 12 |
| 4.1.1. Définition synthétique de l'UGM..... | 12 |
| 4.1.2. Type des sols | 12 |
| 4.1.3. Présentation des résultats des données climatiques mensuelles | 13 |
| 4.1.4. Conséquences des évolutions climatiques sur les fourrages | 20 |
| 4.1.5. Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail | 21 |
| 4.1.6. Impacts sur les productions fourragères et laitières | 22 |
| 4.1.7. Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables .. | 24 |
| 4.2. Unité géomorphologique : Vallée du Doubs | 25 |
| 4.2.1. Définition synthétique..... | 25 |
| 4.2.2. Types sols | 25 |
| 4.2.3. Présentation de différents graphiques mensuels | 26 |
| 4.2.4. Conséquences des évolutions climatiques sur les fourrages | 33 |
| 4.2.5. Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail | 34 |
| 4.2.6. Impacts sur les productions fourragères et laitières | 35 |
| 4.2.7. Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables .. | 37 |
| 4.3. Unité géomorphologique : Plaine Sous-Vosgienne | 38 |
| 4.3.1. Définition synthétique..... | 38 |
| 4.3.2. Types sols | 38 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 4.3.3. | Présentation de différents graphiques mensuels | 39 |
| 4.3.4. | Conséquences des évolutions climatiques sur les fourrages | 46 |
| 4.3.5. | Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail | 47 |
| 4.3.6. | Impacts sur les productions fourragères et laitières | 48 |
| 4.3.7. | Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables . | 50 |
| 4.4. | Unité géomorphologique : Plateau moyen | 51 |
| 4.4.1. | Définition synthétique | 51 |
| 4.4.2. | Types sols | 51 |
| 4.4.3. | Présentation de différents graphiques mensuels | 52 |
| 4.4.4. | Conséquences des évolutions climatiques sur les fourrages | 59 |
| 4.4.5. | Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail | 60 |
| 4.4.6. | Impacts sur les productions fourragères et laitières | 61 |
| 4.4.7. | Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables . | 63 |
| 4.5. | Unité géomorphologique : Plateau montagnard | 64 |
| 4.5.1. | Définition synthétique | 64 |
| 4.5.2. | Types sols | 64 |
| 4.5.3. | Présentation de différents graphiques mensuels | 65 |
| 4.5.4. | Conséquences des évolutions climatiques sur la végétation | 72 |
| 4.5.5. | Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail | 73 |
| 4.5.6. | Impacts sur les productions fourragères et laitières | 74 |
| 4.5.7. | Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables . | 76 |
| BIBLIOGRAPHIE | | 77 |
| ANNEXE 1 : T.H.I. : Temperature Humidity Index..... | | 78 |

1. Démarche et objectifs du projet SPAD

Pour rappel, le projet SPAD "Systèmes de Production Agricole Durables" a pour but d'augmenter la durabilité (économique, sociale et environnementale) et adapter les systèmes agricoles au changement climatique en production bovine dans les départements français de Franche-Comté, ainsi que dans les régions suisses du Jura et du Jura Bernois.

Le projet est décliné en 4 étapes :

- **Étape 1 (WP 1) : Mettre en évidence des scénarii d'évolution des systèmes de production dans un contexte de changement climatique au sein d'unités géomorphologiques homogènes.**
- Étape 2 (WP 2) : Construire une échelle de durabilité qui englobe les aspects économiques, environnementaux et sociaux et :
 - a) Positionner les systèmes d'exploitation (typologie) sur cette échelle.
 - b) Identifier les leviers permettant de faire évoluer favorablement les exploitations sur cette échelle.
- Étape 3 (WP 3) : Tester, sur des zones pilotes, des mesures favorables à l'adaptation des exploitations sur l'échelle de durabilité.
- Étape 4 (WP 4) : Transmettre les résultats des travaux au monde agricole, et aussi communiquer les progrès pouvant être réalisés par l'agriculture auprès du grand public.

⇒ **Remarque : ce document se focalise sur l'Étape 1 uniquement.**

2. Méthodologie de l'étape 1

2.1. Evolution du climat

Pour aboutir à l'objectif de l'étape 1 du projet, le changement climatique a été étudié sur la Franche-Comté (France), le Canton du Jura et le Jura bernois (Suisse). Différentes données climatiques ont été comparées entre une période passée (1961-1990) et des périodes projetées dans le futur pour observer les évolutions climatiques. Nous avons utilisé la méthode par agrégation (Classification Ascendante Hiérarchique) pour mettre en évidence les divers secteurs climatiques homogènes. Chacun d'eux a été complété des caractéristiques édaphiques aboutissant à diverses unités géomorphologiques (UGM).

- Origine des données :
 - Pour la France, un ensemble de villes a d'abord été choisi de manière à quadriller le territoire dans son ensemble. Des données climatiques nécessaires à l'étude ont été extraites à partir de SCAMPEI (cf.biblio) pour être utilisées dans l'outil ClimA-XXI (Levrault, 2020).
 - Pour la Suisse, territoire plus restreint, des données climatiques ont été reprises depuis 3 stations météo officielles : Delémont, Fahy et La Chaux-de-Fonds. Ces données proviennent de Météo Suisse (Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse, non datée).
- Scénario climatique du GIEC retenu : Le scénario RCP 8.5 (GIEC, 2014) a été utilisé afin de décrire l'évolution possible du climat du futur, pour lequel aucune mesure d'atténuation de ce phénomène ne serait mise en œuvre.
- Périodes d'études : les données climatiques récoltées au sein des régions des 2 pays ont été confrontées entre une période "Passé" (données extrapolées sur la période 1961-1990), "Futur proche" (période 2021-2050) et "Futur lointain" (2071-2100).
- Choix des unités géomorphologiques (UGM) : ces UGM ont été définies par des unités homogènes du point de vue de leurs caractéristiques climatiques. Les zones climatiques homogènes suivent globalement les contours des reliefs du territoire d'étude : vallées, plateaux, montagnes.
Les variables étudiées sont : la pluviométrie, les températures et les sommes de degrés-jours. Les données françaises et suisses ont été mises en commun. La pertinence des zones par pays et la cohérence des données transfrontalières ont pu être vérifiées grâce à des analyses de variance.
- Critères météorologiques : l'évolution du climat a d'abord été décrite d'une manière globale avec les températures et la pluviométrie annuelles. Ces variables sont complétées par la date de franchissement des 300 degrés-jours (en base 0°C, à partir du 1^{er} février) qui est le repère pour la mise à l'herbe des animaux. Par la suite, les variables climatiques ont été décrites mensuellement pour chaque unité géomorphologique : la température, la pluviométrie, le nombre de jours de gel, le nombre de jours sans pluie (<1 mm de pluie), le nombre de jours à +25°C, le nombre de jours à +30°C.

2.2. Impact sur les productions

- Zones de travail
 - Zone de plaine (Plaine ouest haut-saônoise / Vallée du Doubs)
 - Zone intermédiaire (Plateau moyen)
 - Zone de montagne (Plateau montagnard)

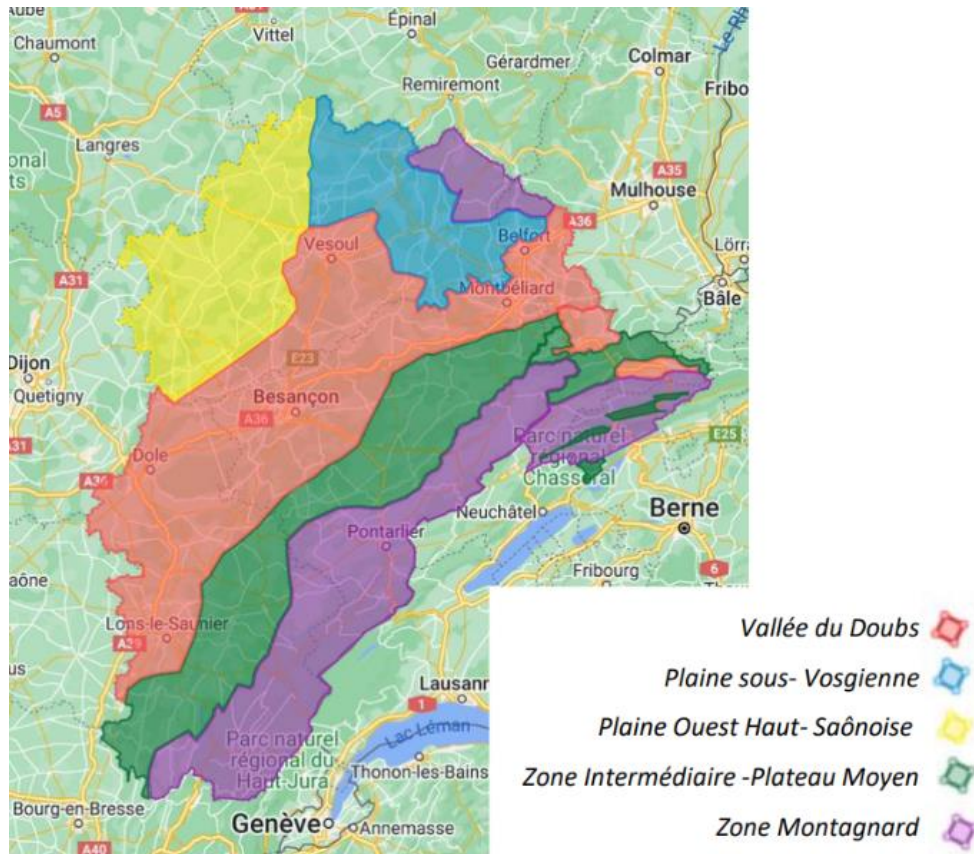
- Données sur les rendements fourragers
 - Les rendements connus sont basés en Suisse sur les PRIF 2017 (cf.biblio), et en France sur les constats annuels relevés chez les éleveurs.
 - Les scénarios décrivant des pertes de rendements ont été élaborés selon des épisodes connus de sécheresse : uniquement printemps (dès mi-mai) ; uniquement été (juillet-août) ; printemps et été sec.
 - Une déclinaison des résultats est présentée par pays et par système laitier : foin-regain ; ensilage.

- Volumes de production laitière
 - Les données sur le cheptel et les volumes de lait connus sont basés sur les exploitations de l'échantillon de l'étape 2 de ce projet.
 - Les scénarios décrivant les manques de fourrages ont été élaborés sur la base des caractéristiques de rations standardisées.
 - Les volumes de production encore possible à produire ont été basés sur : la diminution du taux d'élevage à 33% ; l'adaptation du nombre d'UGB aux volumes de fourrage ; la conservation du niveau initial de production laitière par vache ; ni d'année et de stocks compensatoires, ni d'achats possibles.

3. Description du territoire du projet

3.1. Territoire géographique et répartitions des UGM

3.1.1. Carte géographique du projet



La carte ci-dessous représente pour les 6 départements d'étude (France et Suisse confondues) : la répartition des 5 UGM mises en évidence par l'analyse des données climatiques. Ces dernières suivent l'orientation des plissements du massif jurassien : Plaine Ouest haut-saônoise, Vallée du Doubs, Plaine sous-vosgienne, Plateau moyen et Plateau montagnard.

3.1.2. Liens des UGM avec la caractéristique des sols

La prise en compte de la caractéristique des sols (CRA FC, 1995) permet d'affiner le diagnostic d'un territoire, d'une exploitation voire d'une parcelle. En effet, les sols, selon leur profondeur qui reflète leur réserve hydrique, sont de nature à amplifier ou atténuer les évolutions des températures et des précipitations.

Le tableau ci-dessous précise les caractéristiques des sols dominants dans chaque unité géomorphologique. Les critères de profondeur du sol et d'éventuelle hydromorphie permettent d'appréhender le potentiel pédologique pour la production de fourrage.

| Unités géomorphologiques | Caractéristiques de sol dominant |
|----------------------------|--|
| Plaine ouest haut-saônoise | Dans les fonds de vallée : sols profonds plutôt hydromorphes et sols profonds aérés dans la plaine grayloise. Sur les plateaux, sols aérés superficiels majoritaires. |
| Vallée du Doubs | Présence simultanée de tous les types de sols : hydromorphes/aérés, superficiels/profonds qui suivent les cours d'eau : plutôt hydromorphe à proximité des cours d'eau puis plutôt aéré dans les zones adjacentes et enfin superficiels sur les plateaux. |
| Plaine sous-vosgienne | Zone très diversifiée rassemblant une mosaïque des types de sols : hydromorphes/aérés, superficiels/profonds |
| Plateau moyen | Zone assez uniforme marquée par des sols superficiels aérés voire très superficiels. Localement présence de sols profonds voire hydromorphe à la faveur de vallées perchées. |
| Plateau montagnard | Zone relativement uniforme marquée par la dominance des sols superficiels voire très superficiels. Localement présence de sols plus ou moins profonds, pouvant aussi être hydromorphes et/ou humifères à la faveur de vallées perchées témoins des anciens glaciers. |

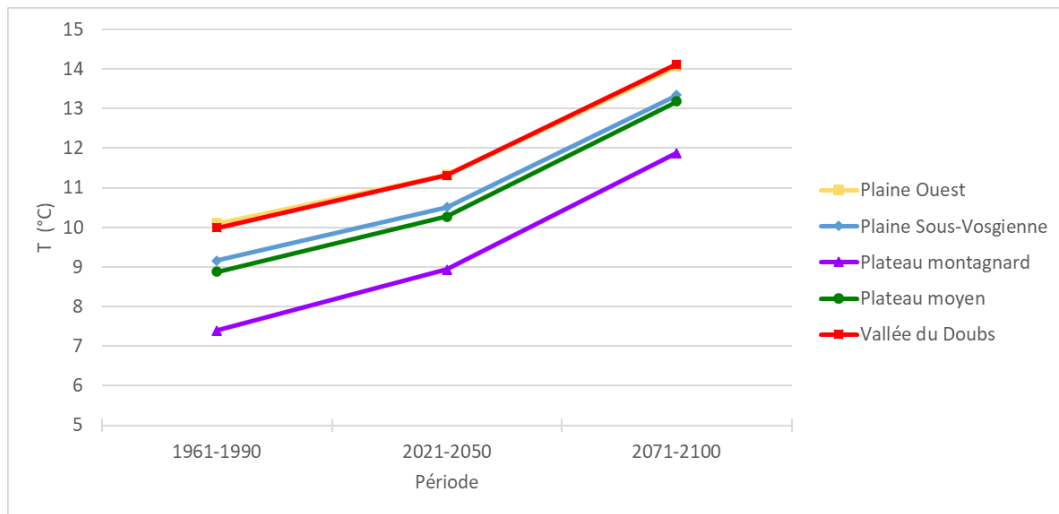
3.1.3. Caractéristiques des unités géomorphologiques (base de la période 1961-1990)

Le tableau ci-dessous présente les grandes caractéristiques climatiques annuelles de chaque unité géomorphologique.

| UGM | Territoire | Température (°C) (médiane) | Pluviométrie (mm) (médiane) | 300°C jours (date) (médiane) | Synthèse |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---|
| UGM 1 : Plaine Ouest | Haute-Saône | 10.1 | 864 | 27.03 | Climat relativement doux et peu pluvieux, très précoce. Sols profonds en vallée, superficiels en plateaux. |
| UGM 2 : Vallée du Doubs | Axe Bresse-Dole-Belfort-Delémont | 9.9 | 983 | 29.03 | Climat relativement doux et peu pluvieux, relativement précoce. Sols plutôt profonds et à tendance hydromorphe. |
| UGM 3 : Plaine Sous-Vosgienne | Haute-Saône | 9.1 | 1086 | 02.04 | Climat plutôt froid, plutôt pluvieux, plutôt tardif. Tous types de sols. |
| UGM 4 : Plateau moyen | Axe Valdahon-Amancey-Fahy | 8.8 | 1249 | 08.04 | Climat plutôt froid, pluvieux, localement tardif. Sols superficiels plutôt dominants. |
| UGM 5 : Plateau montagnard | Montagnes des Vosges et du Jura | 6.9 | 1315 | 26.04 | Climat froid, pluvieux, tardif. Sols superficiels dominants. |

3.2. Evolution globale des données climatiques dans les UGM

3.2.1. Températures annuelles



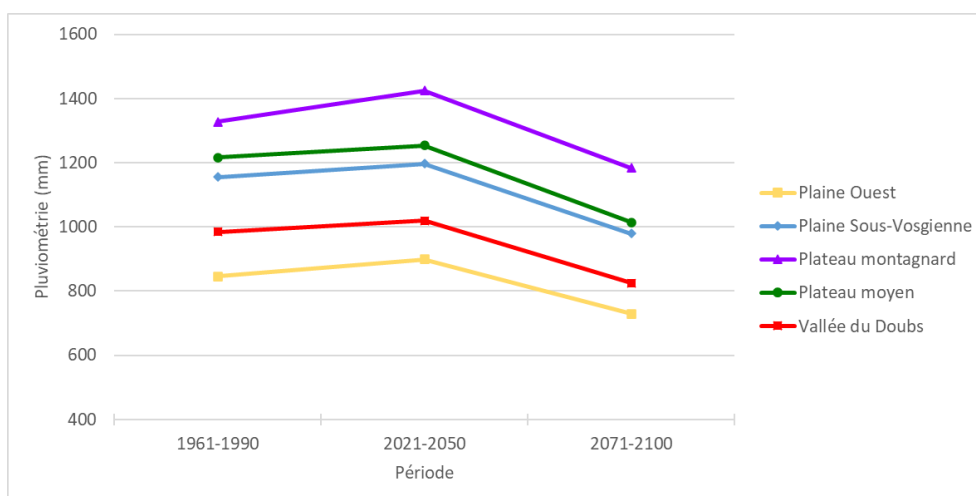
De manière générale, on observe une augmentation significative des températures entre chaque période ("Passé", "Futur proche" et "Futur lointain"). L'accélération de l'augmentation des températures est plus marquée à partir de 2050.

La Plaine ouest haut-saônoise et la Vallée du Doubs ont globalement des tendances similaires, tout comme la Plaine Sous-Vosgienne avec le Plateau moyen. Cependant, l'analyse statistique distingue clairement ces secteurs entre eux. Voici les hypothèses suivantes :

- La Plaine ouest haut-saônoise demeure plus chaude à la faveur d'une exposition et d'une altitude plus favorable par rapport à la Vallée du Doubs.
- Il en est de même pour la Plaine Sous-Vosgienne par rapport au Plateau moyen. Localement, en bénéficiant d'une part non négligeable de sols moyens à profonds et à la faveur de la proximité du massif Vosgien (effet "Pôle de Condensation") la Plaine Sous-Vosgienne peut se révéler plus résiliente en temporisant les évolutions du climat.

On remarque que le "Futur proche" de la zone montagnarde est équivalent au climat "Passé" du Plateau moyen et du "Passé" de la Plaine Sous-Vosgienne. De plus, le "Futur lointain" montagnard a un comportement similaire au "Futur proche" de la Vallée du Doubs et de la Plaine ouest.

3.2.2. Précipitations annuelles

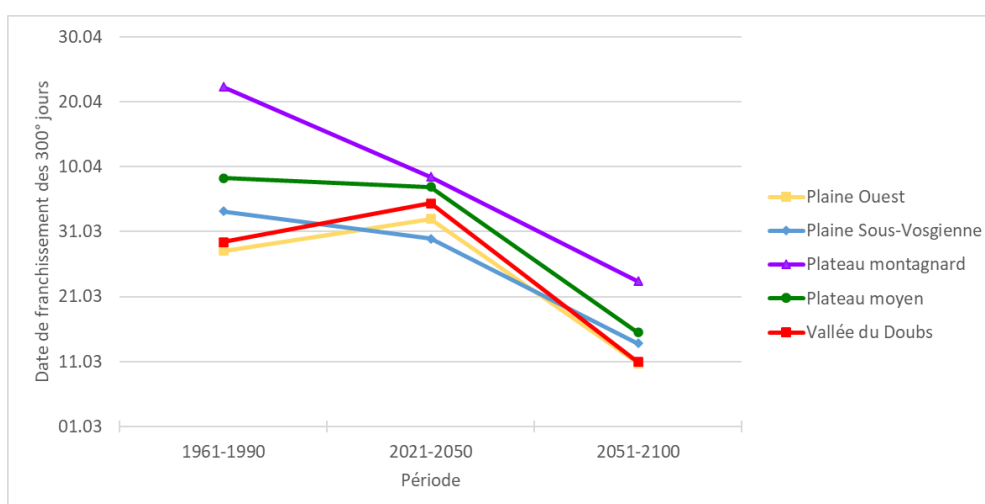


L'évolution des précipitations est peu marquée jusqu'en 2050. En revanche, une diminution marquée des précipitations est observée pour le "Futur lointain" par rapport aux deux autres périodes.

La pluviométrie de la Plaine Sous-Vosgiennes et du Plateau moyen dans le "Futur lointain" sera comparable à celle du "Passé" dans la Vallée du Doubs. De même, le plateau montagnard dans le "Futur lointain" aura une pluviométrie équivalente à celle de la Plaine Sous-Vosgiennes et du Plateau moyen dans le "Passé".

Les précipitations restent différentes entre les deux zones de Plaine, pour autant, la Vallée du Doubs dans le "Futur lointain" s'apparentera à la Plaine ouest du "Passé".

3.2.3. Sommes de température (date de franchissement 300°C jours)



L'évolution de la date de franchissement des 300 degrés-jours (repère pour la mise à l'herbe) s'avance dans le "Futur lointain" par rapport aux deux autres périodes. Plus précisément, ce sont 3 à 4 semaines qui séparent la période du "Passé" et du "Futur lointain".

Les deux zones de Plaine et le Plateau moyen se distinguent par un relatif maintien de la précocité entre le "Passé" et le "Futur proche". En revanche, la Plaine sous-vosgienne et davantage encore le Plateau montagnard, accusent un avancement significatif dès le "Futur proche".

Dans le cas particulier du Plateau montagnard, l'avancement de la précocité est linéaire, ce qui rendra son "Futur lointain" comparable à la précocité de la Plaine sous-vosgienne dans le "Futur proche" et même de la Plaine ouest et de la Vallée du Doubs du "Passé".

3.3. Impact des résultats climatiques

3.3.1. Nouvelles opportunités pour les cultures fourragères

Au vu des évolutions climatiques :

- Il y aura un décalage de certaines espèces fourragères vers une altitude plus élevée tel que : le maïs, ray-grass, la luzerne...etc Il faudra changer ses choix dans les mélanges d'espèces à utiliser à l'avenir.
- Il y aura peut-être de nouvelles espèces fourragères à intégrer dans nos systèmes : prairies multi-espèces, Lablab, Sorgho, Millet perlé, Chicorée... (Eva Jura, 2021)
- Pour aller plus loin : voir les Essais Agroscope (cf. Compte Rendu du volet WP3 "Zones Tests").

3.3.2. Evolution des systèmes de production

- A l'avenir, les conditions climatiques amèneront à une réduction des quantités et de la qualité des fourrages obtenus. C'est pourquoi, est-ce que les systèmes bovins, et surtout ceux en "intensifs" auront-ils encore leur place dans nos modes de production agricole ? Pour garder des systèmes bovins viables, il faudra plutôt se diriger vers des systèmes extensifs graduellement dans le temps. Dans un scénario plus pessimiste, pour certaines régions (ex : zone de plaine selon conditions locales, zone plateau moyen à sols superficiels...), les productions agricoles pourraient se diriger à l'avenir vers des exploitations culturales, avec une présence herbagère uniquement pour faire la rotation, voire des ventes de fourrage.

Pour pallier cela à court terme :

- Les productions de fourrages conservés et les modalités d'alimentation du troupeau devront être revus.
- Souplesse du pilotage des exploitations bovines - Disposer de surfaces fourragères aux profils variés sera un avantage : type de sol, altitude, type de prairies, espèces présentes, précocité, modes d'exploitation... Le système d'exploitation devra être résilient pour pouvoir nourrir le troupeau en cas de forte sécheresse, tout en restant adapté lors d'une année pluvieuse et tardive. L'équilibre entre les besoins du troupeau et le potentiel des surfaces sera primordial à préserver, avec une marge de sécurité, pour ne pas dépendre d'achats extérieurs dans un contexte de pénurie globale.

4. Description des unités géomorphologiques

4.1. Unité géomorphologique : Plaine Ouest haut-saônoise

4.1.1. Définition synthétique de l'UGM

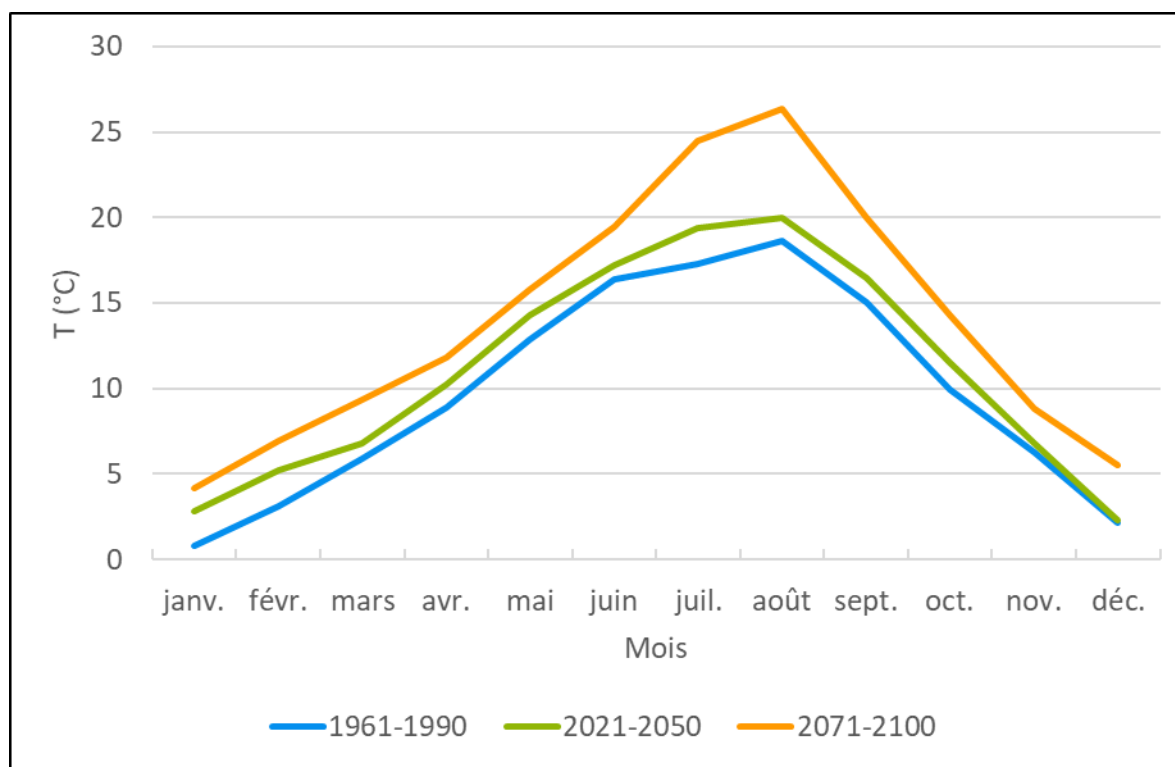
| | 1961-1990 | 2021-2050 | 2071-2100 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Températures annuelles (°C) (médiane) | 10.1 | 11.4 | 14.1 |
| Précipitation annuelles (mm) (médiane) | 864 | 918 | 749 |
| 300 degrés jours (date) (médiane) | 27 mars | 01 avril | 13 mars |

4.1.2. Type des sols

- ⇒ 3 grands types de sols se distinguent du point de vue de la circulation de l'eau et de l'air :
- Les sols aérés profonds de nature argilo-calcaire au cœur de la plaine grayloise
 - Les sols aérés superficiels sur les zones de plateau à l'ouest de la plaine grayloise
 - Les sols plus ou moins hydromorphes marquant les fonds de vallée de la Saône, pauvres en argile et de texture limoneuse

4.1.3. Présentation des résultats des données climatiques mensuelles

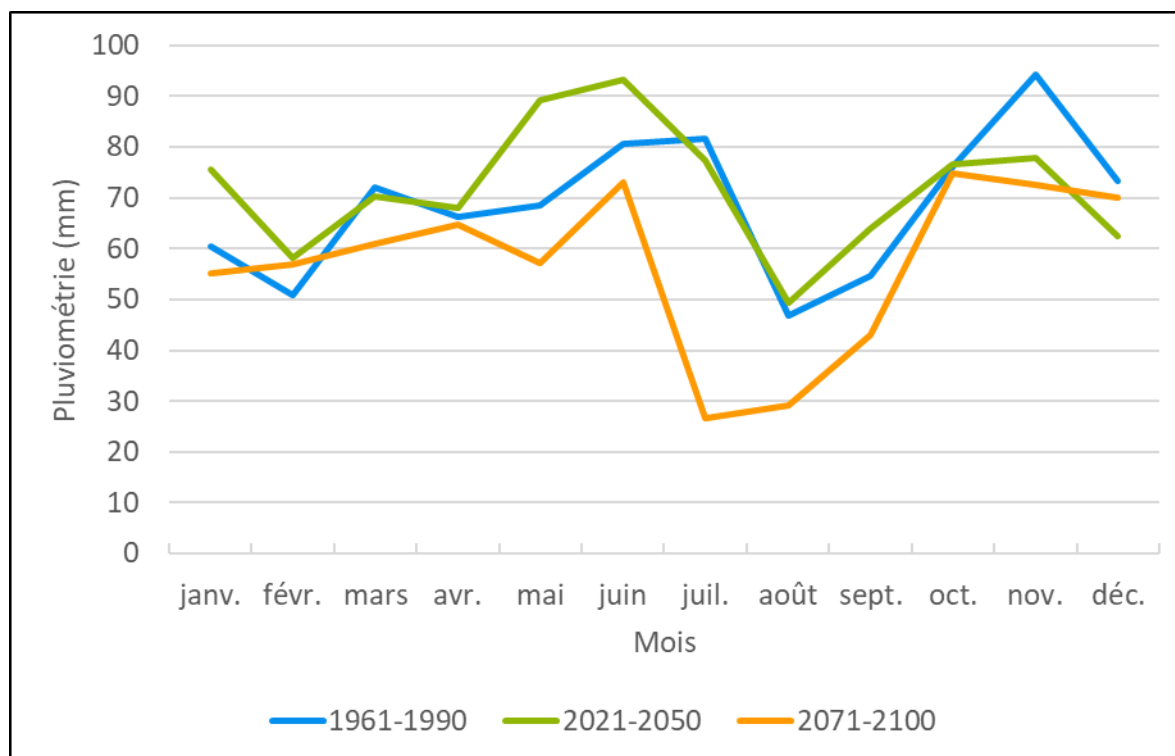
Températures (°C)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0.8 | 3.1 | 5.9 | 8.9 | 12.8 | 16.4 | 17.3 | 18.7 | 15.0 | 10.0 | 6.3 | 2.1 |
| 2021-2050 | +2.0 | +2.1 | +0.9 | +1.4 | +1.4 | +0.8 | +2.1 | +1.3 | +1.4 | +1.5 | +0.5 | +0.2 |
| 2071-2100 | +3.3 | +3.8 | +3.4 | +3.0 | +3.0 | +3.0 | +7.2 | +7.6 | +5.0 | +4.3 | +2.5 | +3.4 |

- Les températures vont légèrement augmenter sur la période "Futur proche". L'augmentation des températures sera marquée au-delà de 2050 et plus particulièrement sur les mois de juillet à octobre. (Similarité d'évolution avec les UGM Vallée du Doubs, voire Plaine Sous-Vosgienne).
- Du point de vue de la végétation :
 - Les périodes "Future proche" et surtout "Futur lointain" marqueront un arrêt de la croissance de la végétation pendant l'été.
 - Il est probable que la pousse herbagère hivernale ne marquera plus de temps d'arrêt au-delà de 2050.

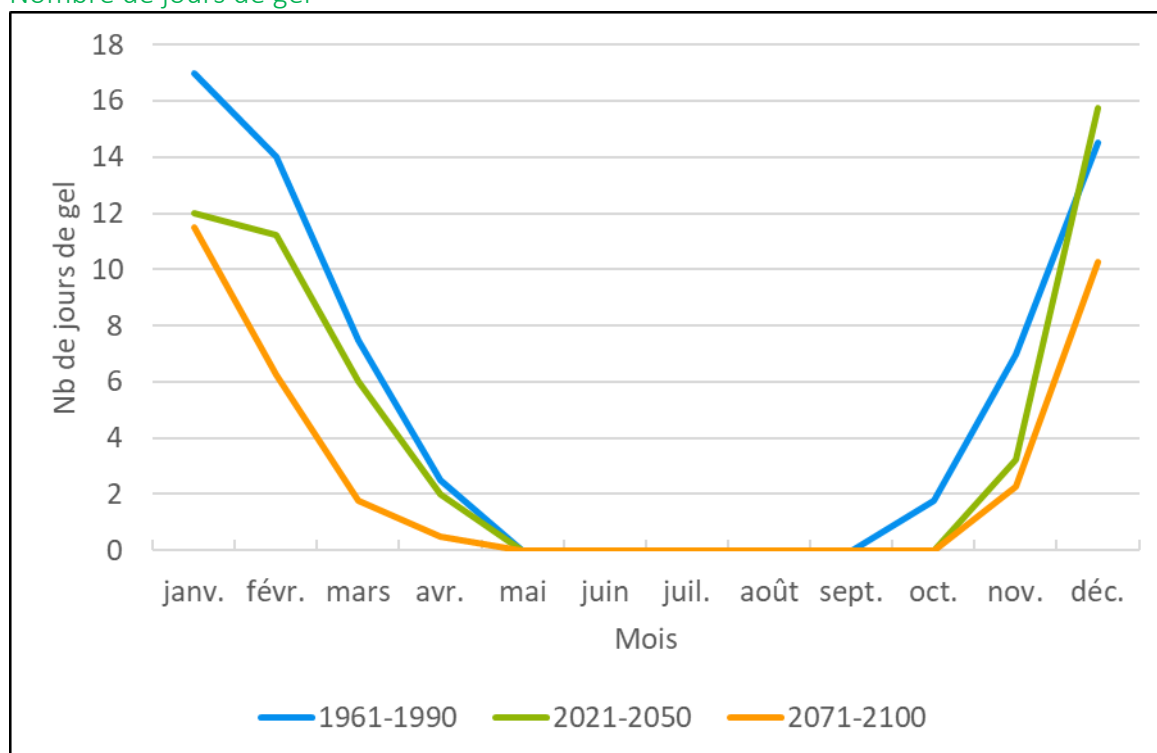
Pluviométrie (mm)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 60 | 51 | 72 | 66 | 69 | 81 | 82 | 47 | 55 | 76 | 94 | 73 |
| 2021-2050 | +15 | +7 | -2 | +2 | +21 | +13 | -4 | +3 | +9 | +1 | -16 | -11 |
| 2071-2100 | -5 | +6 | -11 | -2 | -12 | -7 | -55 | -18 | -12 | -1 | -22 | -3 |

- Sur la période 2021-2050, la tendance haussière des températures pourra localement être accompagnée de précipitations au moins égales, voire légèrement supérieures à la période "Passé".
- Le déficit de précipitations est marqué au-delà de 2050 dans les mois estivaux voire automnaux (juillet/août et novembre). Le mois de juillet va perdre plus de la moitié de sa pluviométrie comparée à la période "Passé".
- Du point de vue de la végétation :
 - Le stress engendré par le déficit en eau et par de fortes températures va s'accompagner de repousses chétives, épiant bas (pas de quantité, ni de qualité), voire complètement absentes, accentuant ainsi les pertes par évaporation.

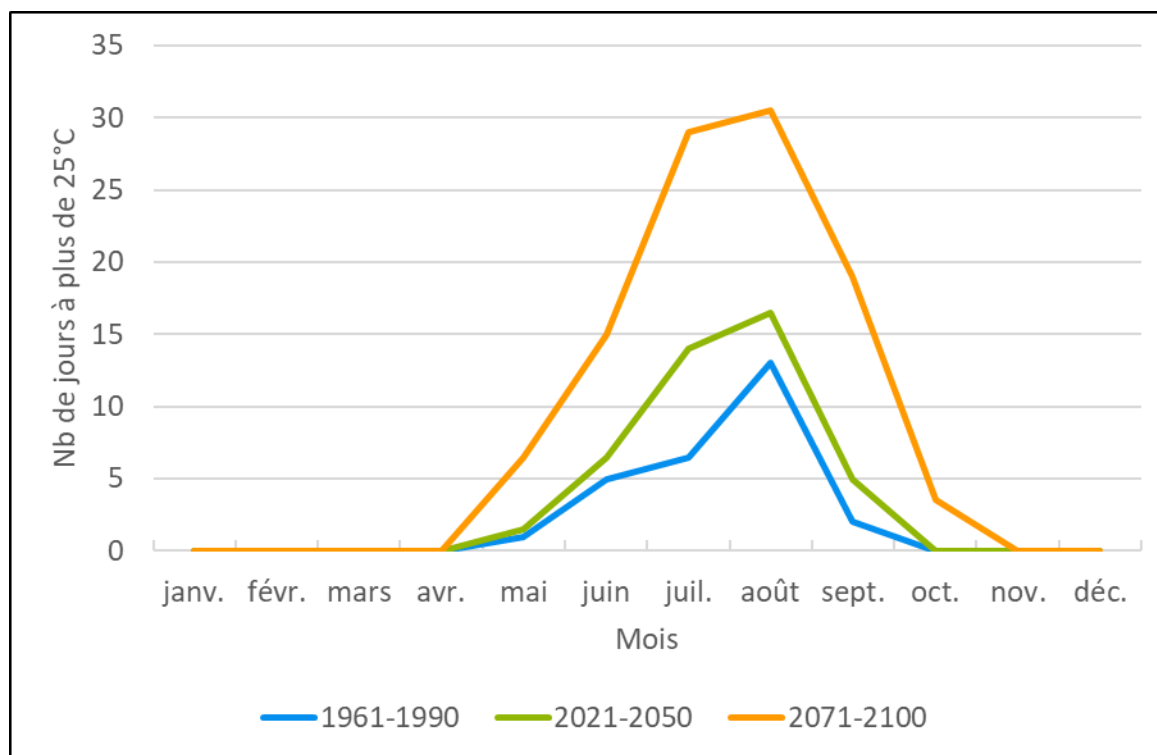
Nombre de jours de gel



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 17 | 14 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 7 | 15 |
| 2021-2050 | -5 | -3 | -2 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2 | -4 | +1 |
| 2071-2100 | -6 | -8 | -6 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2 | -5 | -4 |

- La période gélive suit la tendance observée pour les températures ci-dessus : à savoir une légère diminution progressive du nombre de jours de gel de novembre à mars. (Similarité UGM Plaine Sous-Vosgienne).
- Du point de vue de la végétation :
 - Seul le rythme nyctéméral (alternance jour et nuit) deviendra un frein à une augmentation de la durée de végétation au-delà de la température et des précipitations.

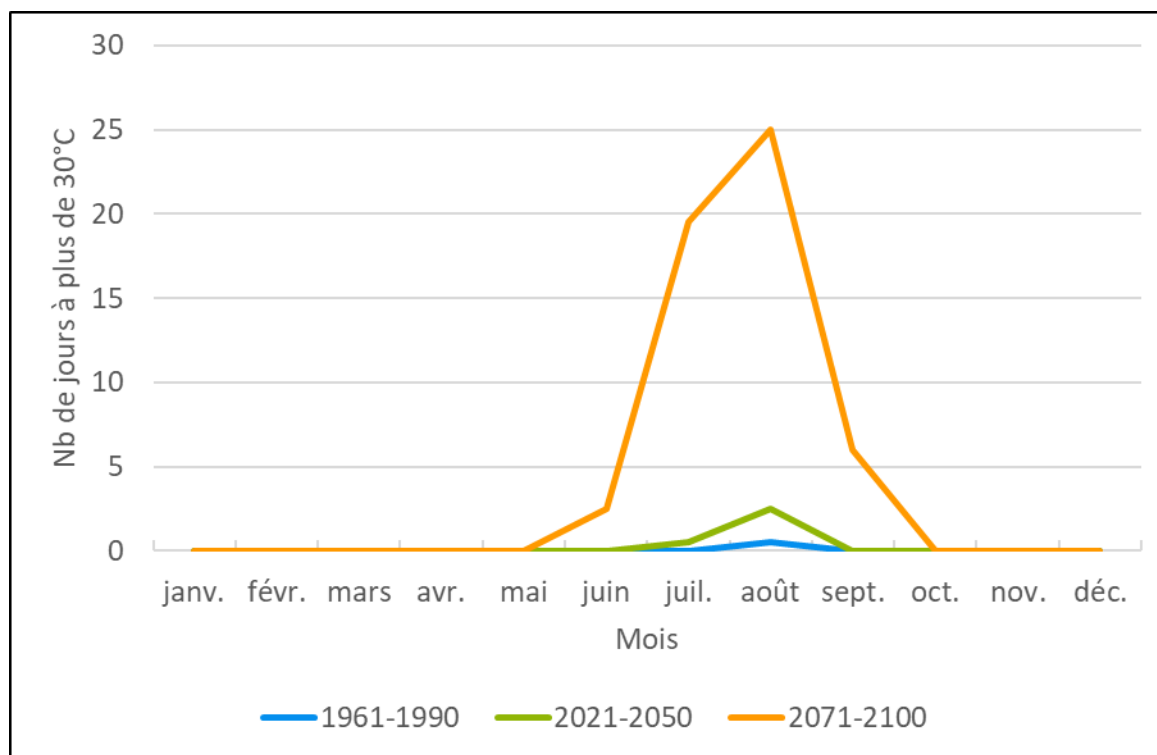
Nombre de jours à plus de 25°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 7 | 13 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +2 | +7 | +3 | +3 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | 0 | +6 | +10 | +22 | +18 | +17 | +4 | 0 | 0 |

- Le nombre de jours à plus de 25°C atteint jusqu'à une semaine de plus durant les mois d'été de la période 2021-2050 et jusqu'à 3 semaines supplémentaires pour la période "Futur lointain" comparé à la période "Passé". (Similarité UGM Plaine Sous-Vosgienne et Vallée du Doubs).
- Du point de vue de la végétation :
 - A ce niveau de température, la pousse du ray-grass et d'autres espèces semblables, est négativement impactée.

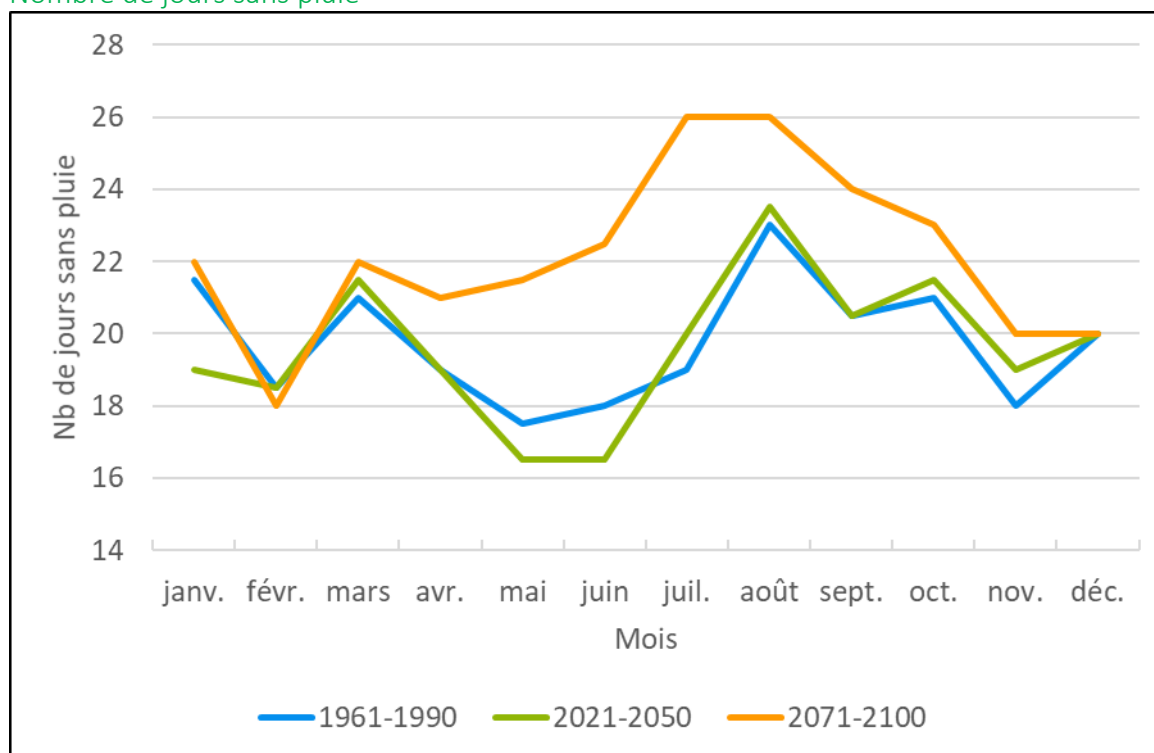
Nombre de jours à plus de 30°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +2 | +19 | +25 | +6 | 0 | 0 | 0 |

- Le nombre de jours à plus de 30°C augmente peu sur la période 2021-2050, mais il atteint jusqu'à 3 semaines supplémentaires par mois au-delà de 2050 (juillet-août). (Tendances similaires avec la Plaine Sous-Vosgienne et moins marquée en Vallée du Doubs).
- Du point de vue de la végétation :
 - A ce niveau de température, les cultures de printemps (ex : maïs) seront remises en question, tant au niveau de l'implantation que de leur développement. La date de semis et le choix variétal devront intégrer les nouvelles données climatiques.

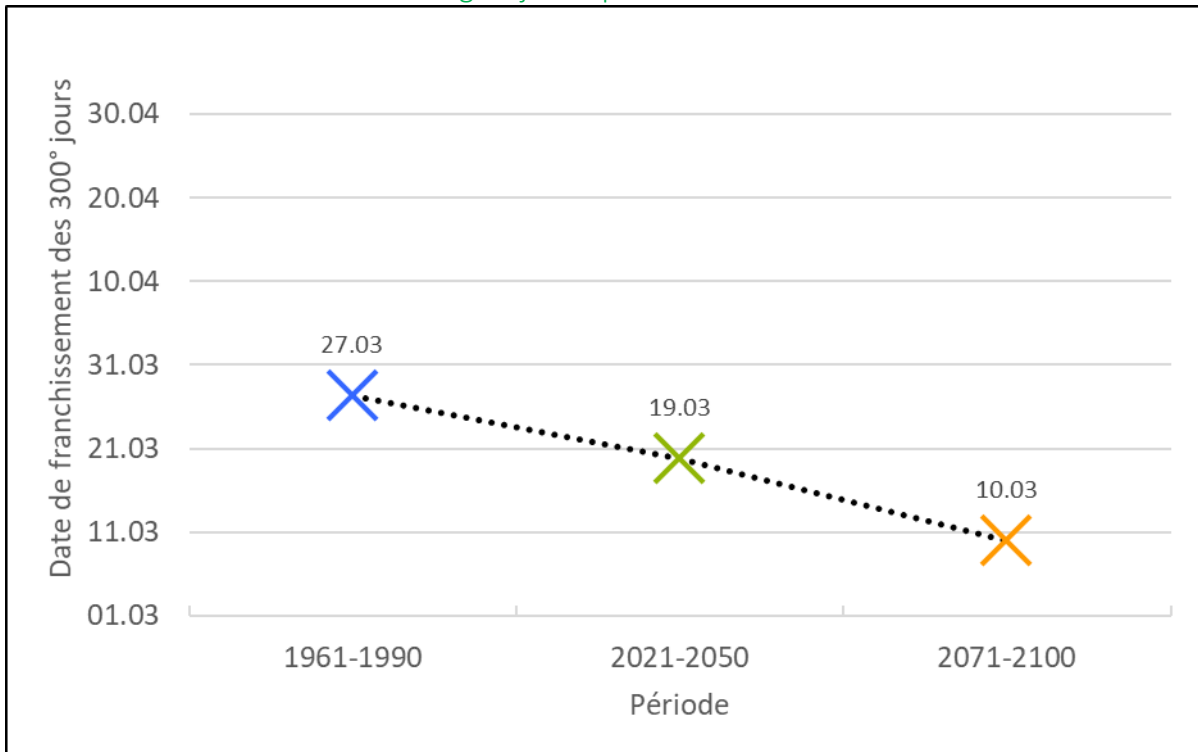
Nombre de jours sans pluie



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 22 | 19 | 21 | 19 | 18 | 18 | 19 | 23 | 21 | 21 | 18 | 20 |
| 2021-2050 | -3 | 0 | +1 | 0 | -1 | -2 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 0 |
| 2071-2100 | +1 | -1 | +1 | +2 | +4 | +5 | +7 | +3 | +4 | +2 | +2 | 0 |

- Le nombre de jours sans pluie est constant sur la période de référence (1961-1990) et il n'évolue peu voire pas sur la période 2021-2050 (max. +1 jour).
- L'augmentation du nombre de jours sans pluie est marquée au-delà de 2050, principalement de mai à septembre avec un maximum sur les mois de juin et juillet. (Similarités avec l'UGM Vallée du Doubs et Plaine Sous-Vosgienne).
- Du point de vue de la végétation :
 - Pour la période 2071-2100, les travaux des champs seront peu impactés mais les conditions de pousses seront encore plus difficiles, principalement de mai à septembre.

Date de franchissement des 300 degrés jour à partir du 1^{er} février



| | jour |
|-----------|-------|
| 1961-1990 | 27/03 |
| 2021-2050 | -8 |
| 2071-2100 | -17 |

- La date de franchissement des 300 degrés jour depuis le 1^{er} février évolue (un peu plus de 2 semaines au total) depuis la fin mars pour s'avancer un peu après la mi-mars durant la période 2021-2050, puis début mars/mi-mars au-delà de 2050. (Similarité UGM Vallée du Doubs et Plaine Sous-Vosgienne).

4.1.4. Conséquences des évolutions climatiques sur les fourrages

Il est à noter que l'évolution climatique de cette zone est comparable à celle aussi observée pour la Vallée du Doubs et Plaine Sous-Vosgienne.

Observations globales :

HERBE

- La période de végétation va s'étendre sur toute l'année avec une période plus fraîche surtout en décembre-janvier.
- En revanche, l'arrêt de la végétation va durablement se positionner pendant la pleine période estivale, comme on peut déjà le constater ces dernières années.
- Cependant, le démarrage précoce et l'achèvement tardif de la saison rattrapera au moins partiellement le déficit estival, à condition de pouvoir valoriser l'herbe (portance des sols, conditions climatiques pour sortir les animaux...).

MAÏS

- Un avancement des stades du maïs seront présents à hauteur de 1 à 3 semaines
- Le maïs sera soumis à des risques de différents stress : perturbation dans la multiplication des cellules (cas d'un stress précoce, avant grain laiteux) ou un ralentissement brutal du remplissage des grains (cas d'un stress thermique plus tardif, vers grain laiteux-pateux), le rendement en sera alors négativement impacté. Si la qualité des fourrages est dégradée (accélération de la dessiccation), les risques de refus à l'auge sont accrus
- La pression des ravageurs sera aussi plus importante

Conséquences globales :

HERBE

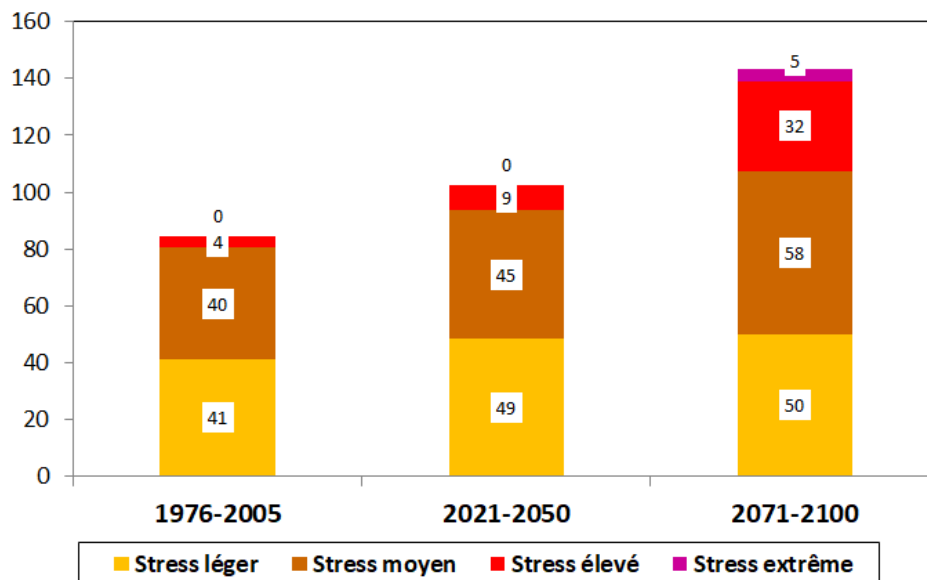
- Une gestion différente de l'herbe sera nécessaire : une sortie au pâturage et une première coupe plus précoce (dès la mi-avril) pour une deuxième coupe avant la mi-juin.
- Une dernière récolte sera possible, si le temps le permet en octobre, voire novembre pour les enrubannés.
- Hormis en début de printemps, les périodes de repos des parcs devraient tendanciellement s'allonger pour laisser le temps aux prairies riches en graminées de reconstituer leurs réserves racinaires et foliaires.
- Les réserves stockées, pour les systèmes en ensilage, seront prioritairement constituées sous forme d'ensilage d'herbe/d'enrubannage, avec si possible pâturage au printemps. Pour les systèmes foin-regain, l'équipement en séchage en grange permettra de valoriser des végétations conjuguant qualité et quantité des fourrages tendres issus de prairies temporaires, et qui plus est récoltés tôt au printemps et tard en fin de saison.

MAÏS

- La tendance voulant que les jours de gel printanier seront presque inexistantes permettra d'avancer les dates de semis. Ceci permettra d'éviter les différentes périodes de stress dont principalement celles estivales. L'avancement des dates de semis sera aussi synonyme d'une meilleure valorisation de l'azote au vu des pluies plutôt hivernales qu'estivales. Néanmoins, attentions aux possibles problèmes de portances des sols avec les cumuls de pluie importants prévus durant l'hiver et les jours de gels tardifs
- Le choix de variétés adaptées sera à prendre en compte
- Des apports en eau seront peut-être à envisager (irrigation raisonnée) mais tout dépendra du conflit sur la ressource en eau
- Passer un certain seuil, il sera peut-être nécessaire de réfléchir à changer d'espèces avec des cultures plus résistantes au sec (par exemple : en remplaçant le maïs par du sorgho)

4.1.5. Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail

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



Source : CA70, 2021 (source interne)

Conséquences globales :

- Jusqu'ici ("Passé"), aucun à peu de stress élevé n'était ressenti par le bétail durant les mois de juin à août. (exemple ci-dessus du THI obtenu dans la Ville de Gray). En revanche d'ici 2100, le bétail sera impacté par plus d'un mois de stress élevé à extrême.
- Dans ces conditions de très fortes températures, les animaux devront s'abriter au bâtiment où la ventilation assistée occupera une place stratégique dans l'atténuation du stress thermique.
- Lors des années de sécheresse, qui vont se répéter plus fréquemment sans toutefois devenir une norme absolue, les animaux devront être affouragés au moins partiellement au bâtiment, avec une ration hivernale. Il faudra tenir compte de cette consommation supplémentaire lors des bilans fourragers. Les volumes de stockage et la gestion des effluents devront également s'adapter.
- Si cette adaptation correspond au bien-être animal, le stationnement des animaux au bâtiment augmentera la production de gaz à effet de serre. En effet, le stockage des déjections ne retournera pas directement sur les surfaces et la digestibilité des fourrages sera moindre.
- Compte tenu des observations ci-dessus, une tendance à la saisonnalité des vêlages pourra se dessiner au moins localement afin de favoriser la santé et la productivité des animaux.

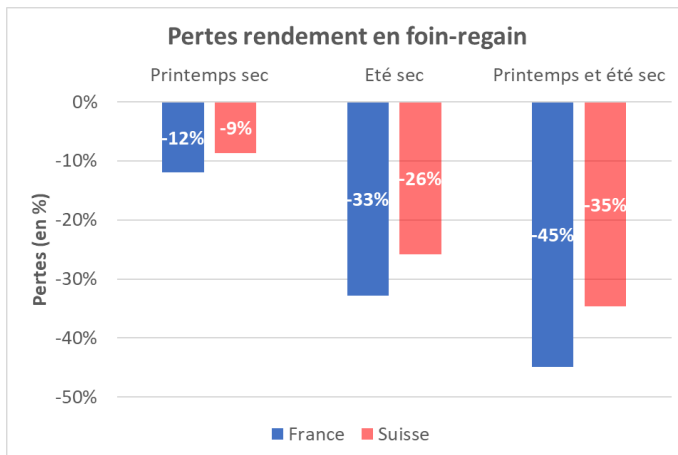
⇒ Rappel : Il s'agit de grandes tendances d'évolution. Des années particulières, sortant de ces années-types, peuvent se produire : tout comme l'année 2021 par exemple.

4.1.6. Impacts sur les productions fourragères et laitières

La logique de calcul et la physionomie des résultats sont comparables à la zone Vallée du Doubs, mais les caractéristiques climatiques moins arrosés porteront vers des pertes de fourrage et de production laitière plus marquées côté français.

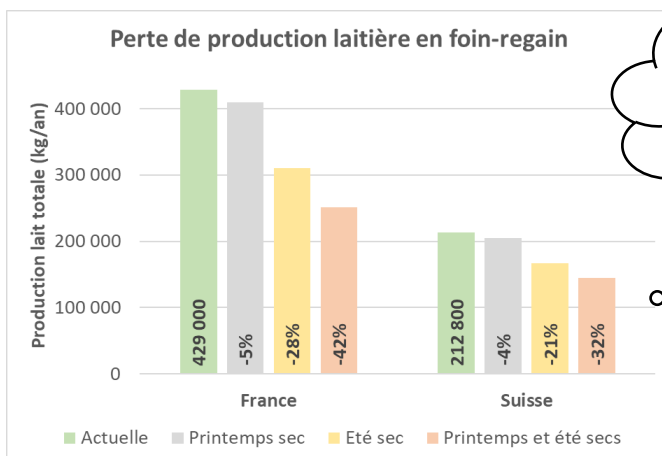
Foin-regain

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont plus fortes en France. Dans les exploitations suisses, la production fourragère repose sur l'installation de prairies temporaires et sur une utilisation plus intensive des surfaces herbagères. Cet effet tampon est moins utilisé du côté français.

Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.

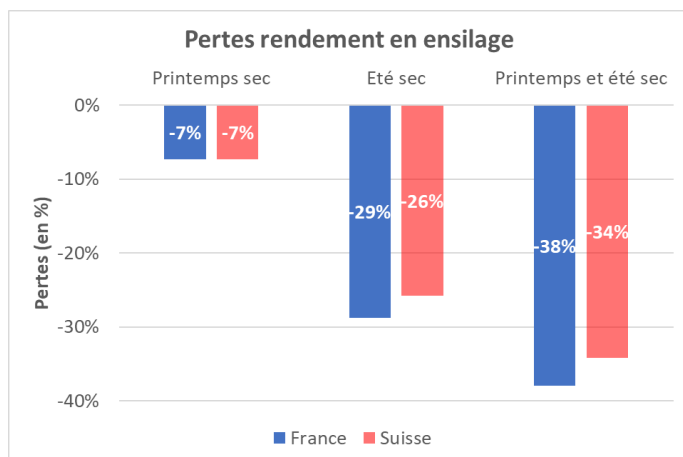


Pertes de production laitière en France après diminution du taux d'élevage de 40 à 33%

La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est plus importante en France. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) ne compense pas entièrement les différences de pertes de fourrages enregistrées par rapport à la Suisse, malgré le niveau de production par vache plus faible (F : 6'600 kg ↔ CH : 7'600 kg).

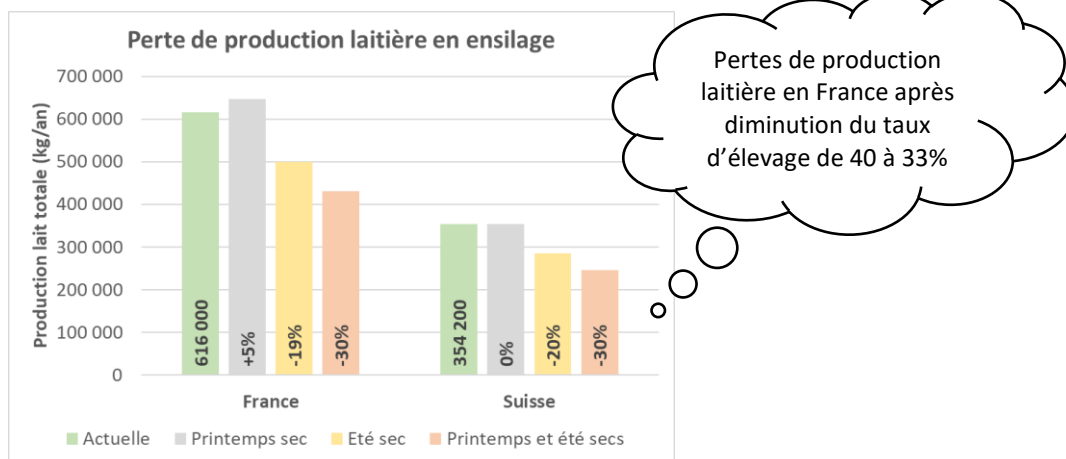
Ensilage maïs

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont plus fortes en France. Dans les exploitations suisses, la production fourragère repose sur l'installation de prairies temporaires et sur une utilisation plus intensive des surfaces herbagères. Cet effet tampon est moins utilisé du côté français. Cependant, le pourcentage d'ensilage maïs dans la ration annuelle (F : 57% ↔ CH : 30%) limite l'écart de pertes entre les 2 pays en comparaison aux systèmes foin-regain.

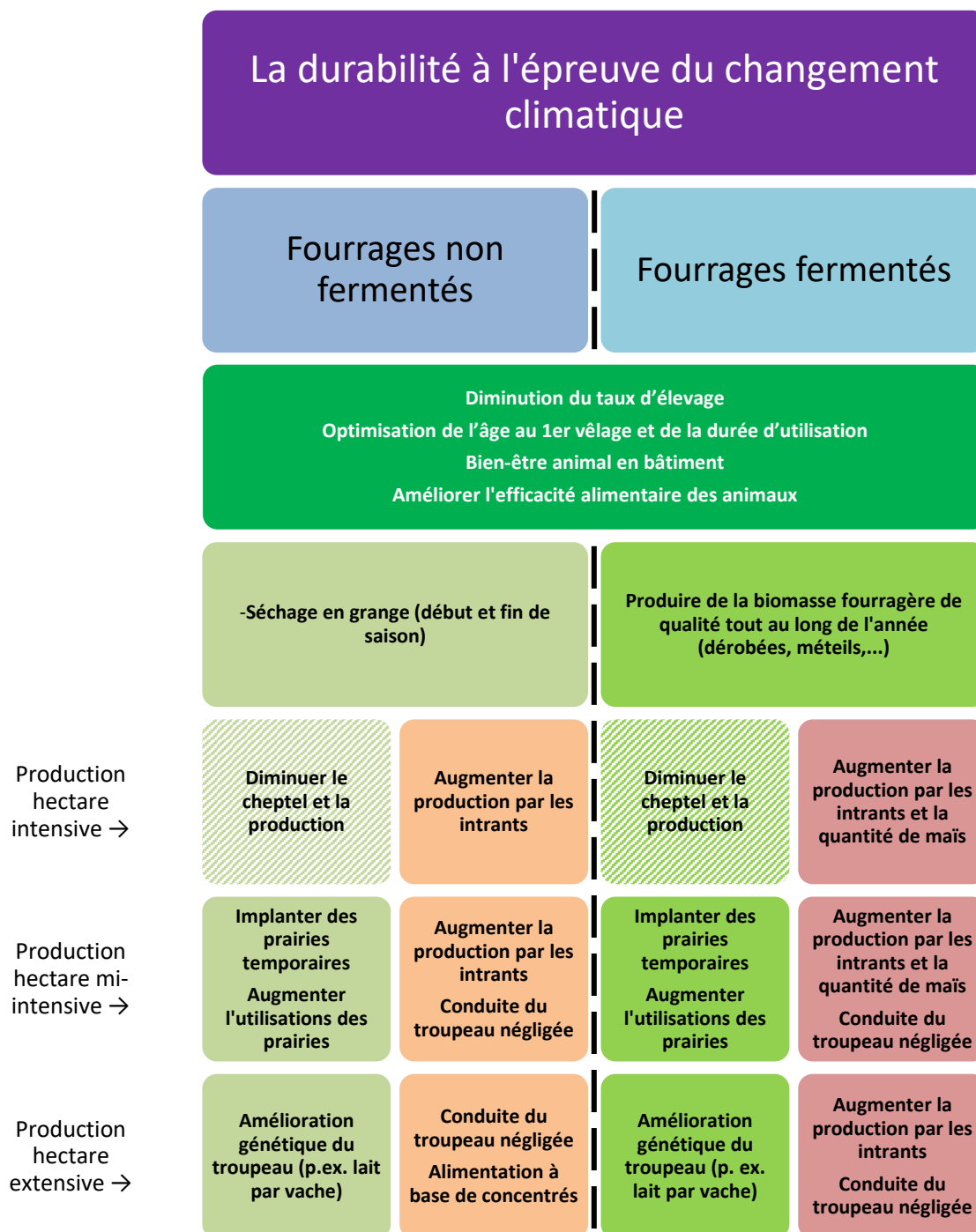
Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.



La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est similaire entre les deux pays. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) compense les différences de pertes de fourrages enregistrées par rapport à la Suisse, d'autant plus que le niveau de production par vache est comparable (7'700 kg).

4.1.7. Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables

Les leviers d'adaptation au changement climatique développés ci-dessous ont été réfléchis dans un maintien, voire une amélioration de la durabilité sur les exploitations. Par niveau de production par hectare (basés sur la typologie environnementale de l'étape 2), des leviers d'adaptation sont possibles.



Leviers dans les couleurs vertes = positif / Leviers dans les couleurs oranges-rouges = négatif

4.2. Unité géomorphologique : Vallée du Doubs

4.2.1. Définition synthétique

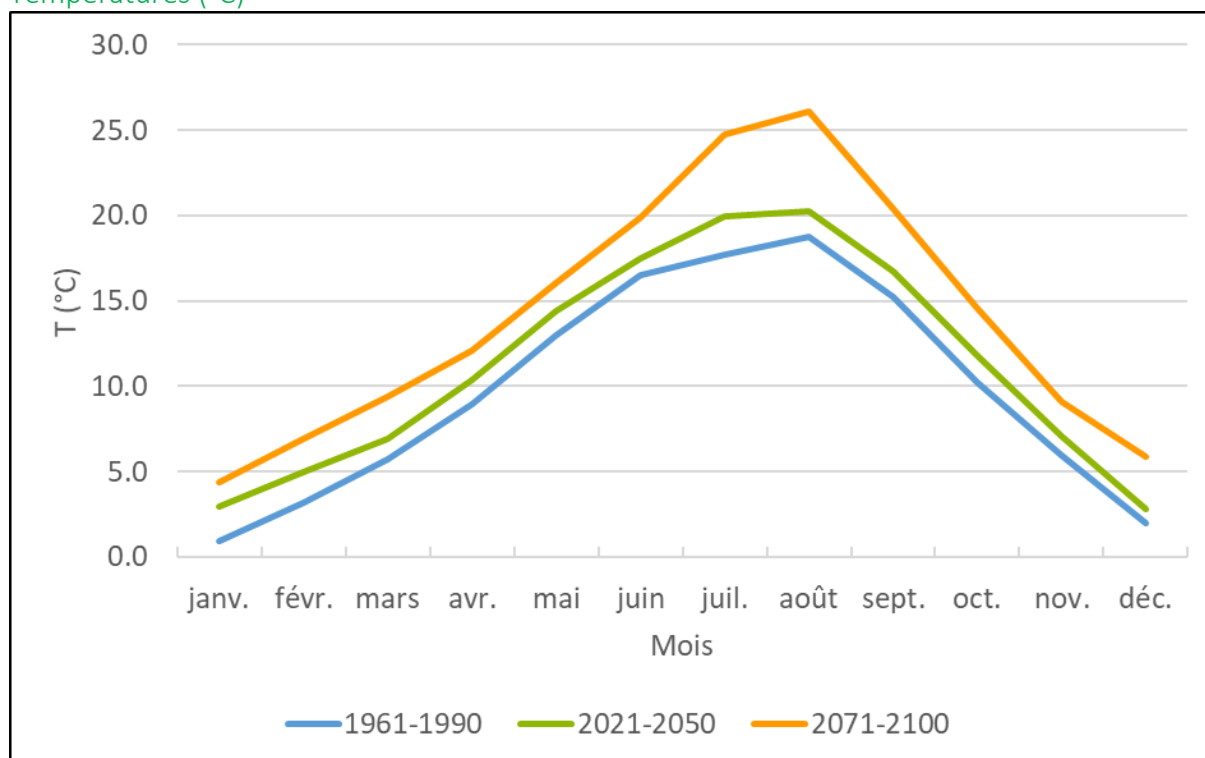
| | 1961-1990 | 2021-2050 | 2071-2100 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Températures annuelles (°C) (médiane) | 9.9 | 11.2 | 13.9 |
| Précipitation annuelles (mm) (médiane) | 983 | 1021 | 833 |
| 300 degrés jours (date)(médiane) | 29 mars | 02 avril | 11 mars |

4.2.2. Types sols

- 2 grands types de sols se distinguent du point de vue de la circulation de l'eau et de l'air :
 - Les sols aérés, profonds ou superficiels de nature argilo-calcaire, parfois contigus sur quelques mètres.
 - Les sols hydromorphes, profonds et moyennement profonds, pauvres en argile et de texture limoneuse.
- Ces sols sont répartis de manière uniforme sur cette unité. Par exemple, les sols hydromorphes se rencontrent aussi bien dans la partie Sud (Jura), que dans la partie centrale (Besançon) et que dans la partie Nord (Sundgau et une partie de l'Ajoie).

4.2.3. Présentation de différents graphiques mensuels

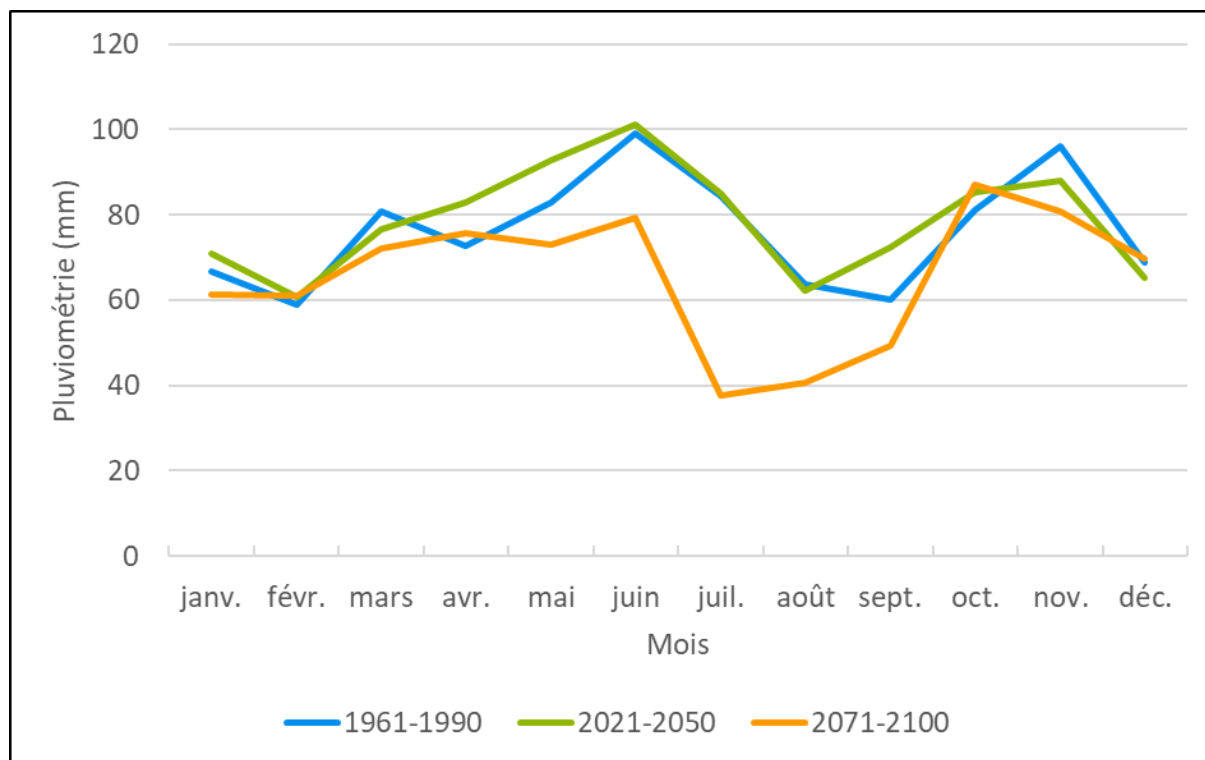
Températures (°C)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0.9 | 3.2 | 5.7 | 9.0 | 13.0 | 16.5 | 17.7 | 18.8 | 15.2 | 10.2 | 6.0 | 2.0 |
| 2021-2050 | +2.0 | +1.8 | +1.3 | +1.4 | +1.4 | +1.0 | +2.2 | +1.5 | +1.5 | +1.6 | +1.1 | +0.8 |
| 2071-2100 | +3.5 | +3.7 | +3.7 | +3.1 | +3.1 | +3.4 | +7.0 | +7.3 | +5.2 | +4.3 | +3.1 | +3.9 |

- Les températures vont légèrement augmenter sur la période "Futur proche". L'augmentation des températures sera marquée au-delà de 2050 et plus particulièrement sur les mois de juillet à octobre. (Similarité d'évolution avec l'UGM Plaine Ouest haut-saônoise, voire Plaine Sous-vosgienne)
- Du point de vue de la végétation :
 - Les périodes "Futur proche" et surtout "Futur lointain" marqueront un arrêt de la croissance de la végétation pendant l'été.
 - Il est probable que la pousse herbagère hivernale ne marque plus de temps d'arrêt au-delà de 2050.

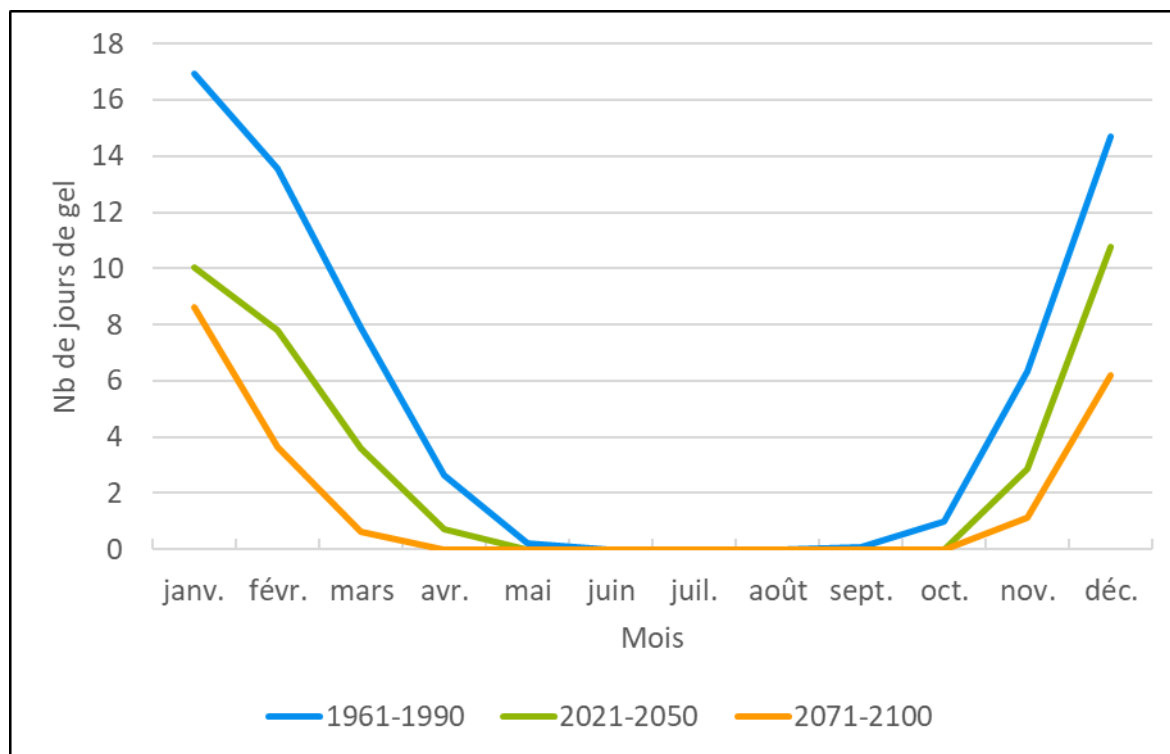
Pluviométrie (mm)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 67 | 59 | 81 | 73 | 83 | 99 | 84 | 64 | 60 | 81 | 96 | 69 |
| 2021-2050 | +4 | +2 | -4 | +10 | +10 | +2 | +1 | -1 | +12 | +4 | -8 | -4 |
| 2071-2100 | -5 | +2 | -9 | +3 | -10 | -20 | -47 | -23 | -11 | +6 | -15 | +1 |

- Sur la période 2021-2050, la tendance haussière des températures pourra localement être accompagnée de précipitations au moins égales, voire légèrement supérieures à la période "Passé".
- Le déficit de précipitations est marqué au-delà de 2050 sur les mois estivaux (juin à août). Sur le mois de juillet, la pluviométrie va diminuer de plus de moitié comparée à la période "Passé".
- Du point de vue de la végétation :
 - Le stress engendré par le déficit en eau et par de fortes températures va s'accompagner de repousses chétives, épiant bas (pas de quantité, ni de qualité), voire complètement absentes, accentuant ainsi les pertes par évaporation.

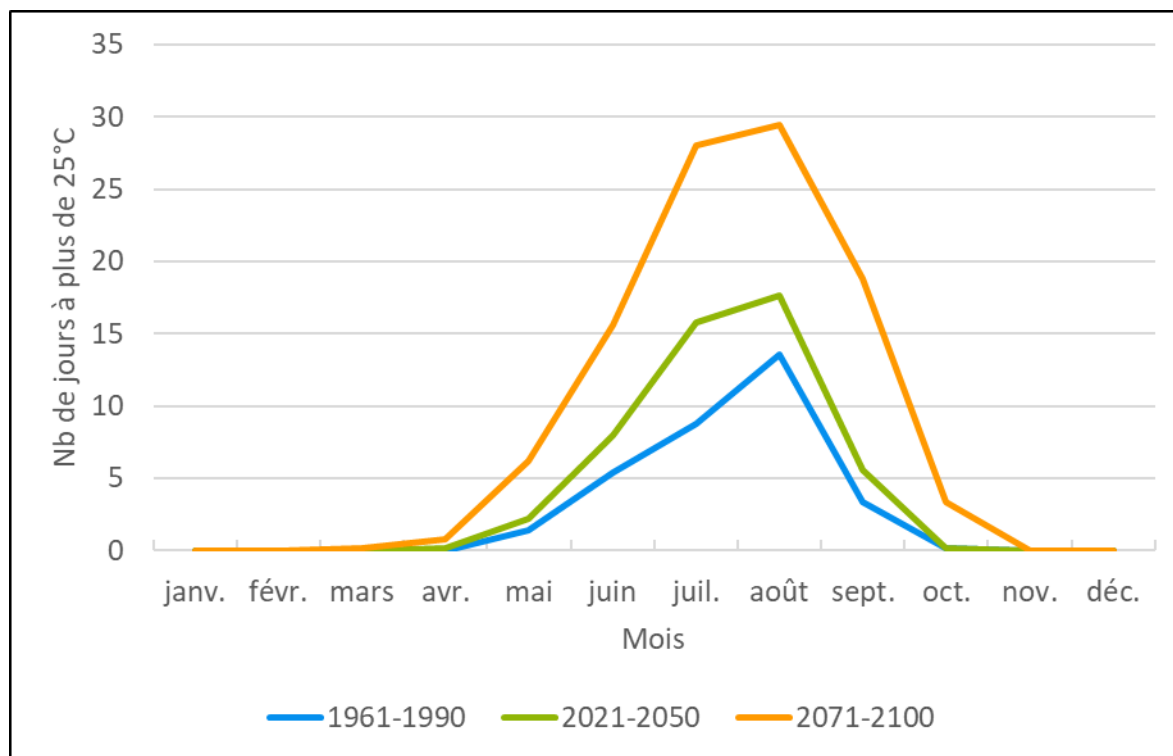
Nombre de jours de gel



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 17 | 14 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 15 |
| 2021-2050 | -7 | -6 | -4 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -3 | -4 |
| 2071-2100 | -8 | -10 | -7 | -3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -5 | -9 |

- La période gélive suit la tendance des températures : à savoir une diminution progressive de novembre à mars (qui est plus marquée que pour l'UGM Plaine Ouest haut-saônoise et celle de la Plaine Sous-Vosgienne).
- Du point de vue de la végétation :
 - Seul le rythme nyctéméral (alternance jour et nuit) deviendra un frein à une augmentation de la durée de végétation au-delà de la température et des précipitations.

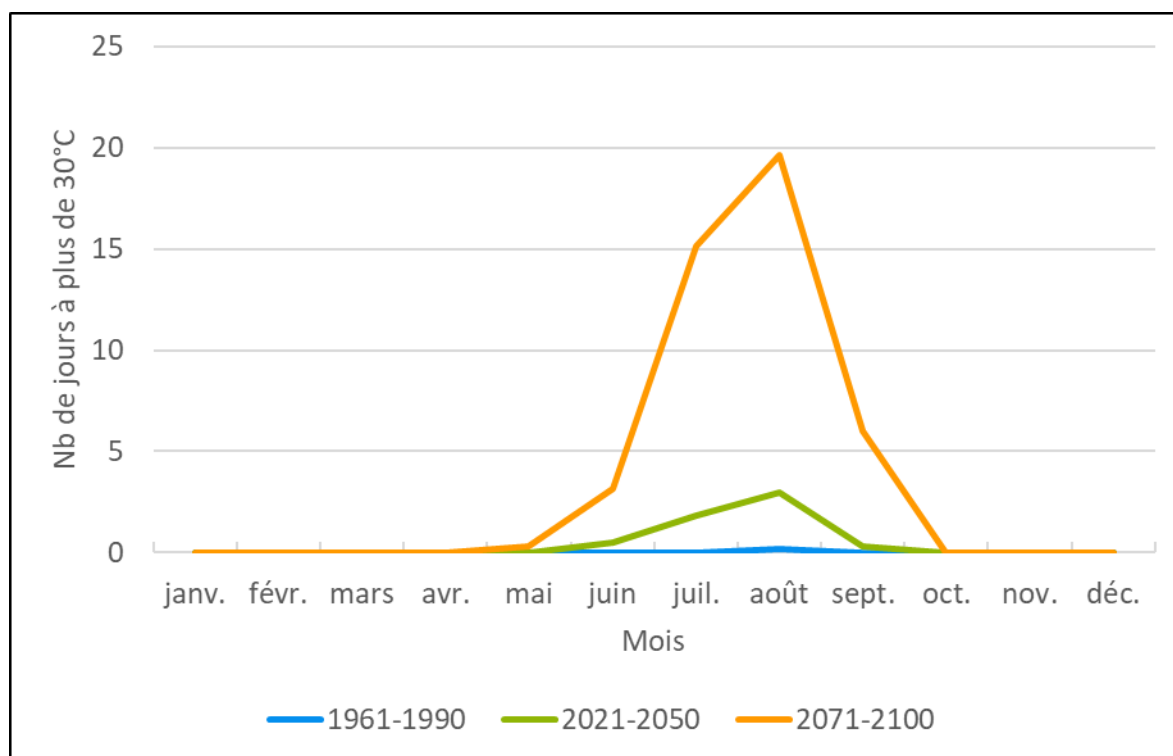
Nombre de jours à plus de 25°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 9 | 14 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +3 | +7 | +4 | +2 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | +1 | +5 | +10 | +19 | +16 | +15 | +3 | 0 | 0 |

- Le nombre de jours à plus de 25°C atteint jusqu'à une semaine de plus durant les mois d'été de la période 2021-2050, mais il atteint jusqu'à 3 semaines supplémentaires par mois sur la période du "Futur lointain" comparé à la période "Passé". (Similarité UGM Plaine Ouest haut-saônoise et UGM Plaine Sous-Vosgienne).
- Du point de vue de la végétation :
 - A ce niveau de température, la pousse du ray-grass et d'autres espèces semblables, est fortement ralentie.

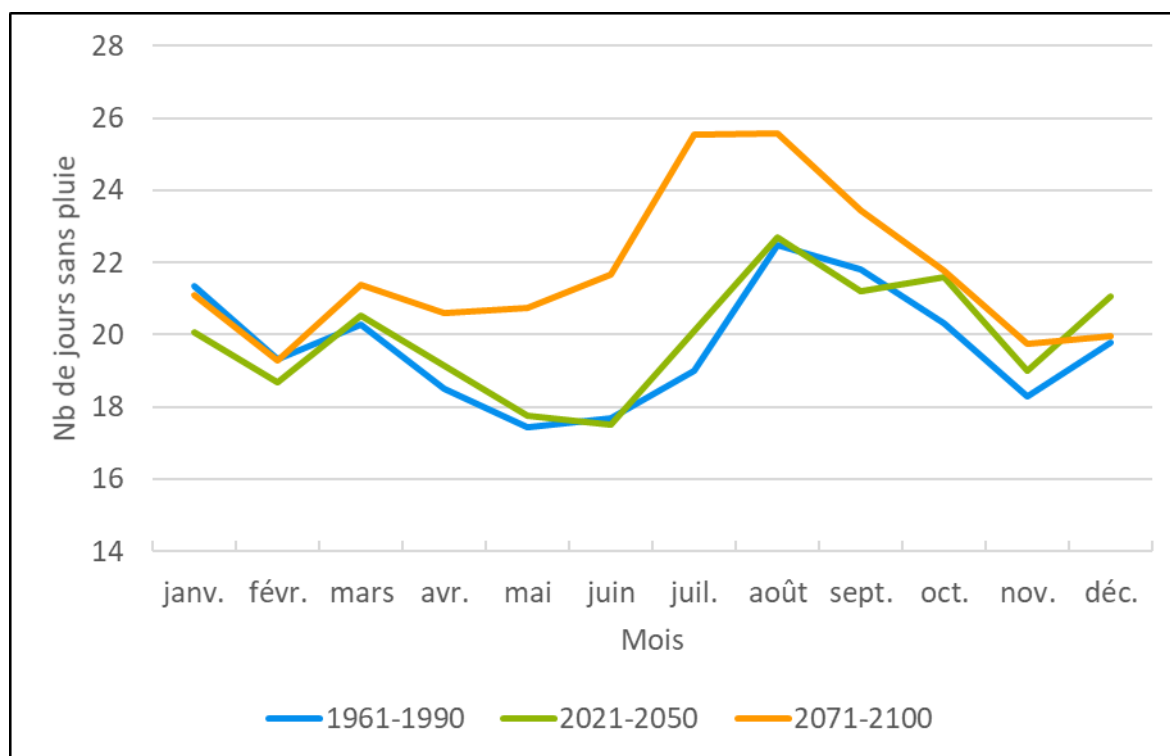
Nombre de jours à plus de 30°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +2 | +3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +3 | +15 | +20 | +6 | 0 | 0 | 0 |

- Le nombre de jours à plus de 30°C augmente peu sur la période 2021-2050 et il atteint jusqu'à 3 semaines supplémentaires par mois au-delà de 2050 (juillet-août). (Tendances similaires mais moins marquées avec les UGM Plaine Ouest haut-saônoise et Plaine Sous-Vosgienne).
- Il est à noter qu'il peut y avoir des variations régionales : avec des localités dans des endroits encaissés, en pied de montagne (p. ex. Delémont) où les températures plus fortes sont déjà plus nombreuses que dans certaines régions de la même unité géomorphologique.
- Du point de vue de la végétation :
 - A ce niveau de température, les cultures de printemps (p. ex. maïs) seront remises en question, tant au niveau de l'implantation que de leur développement. La date de semis et le choix variétal devront intégrer les nouvelles données climatiques.

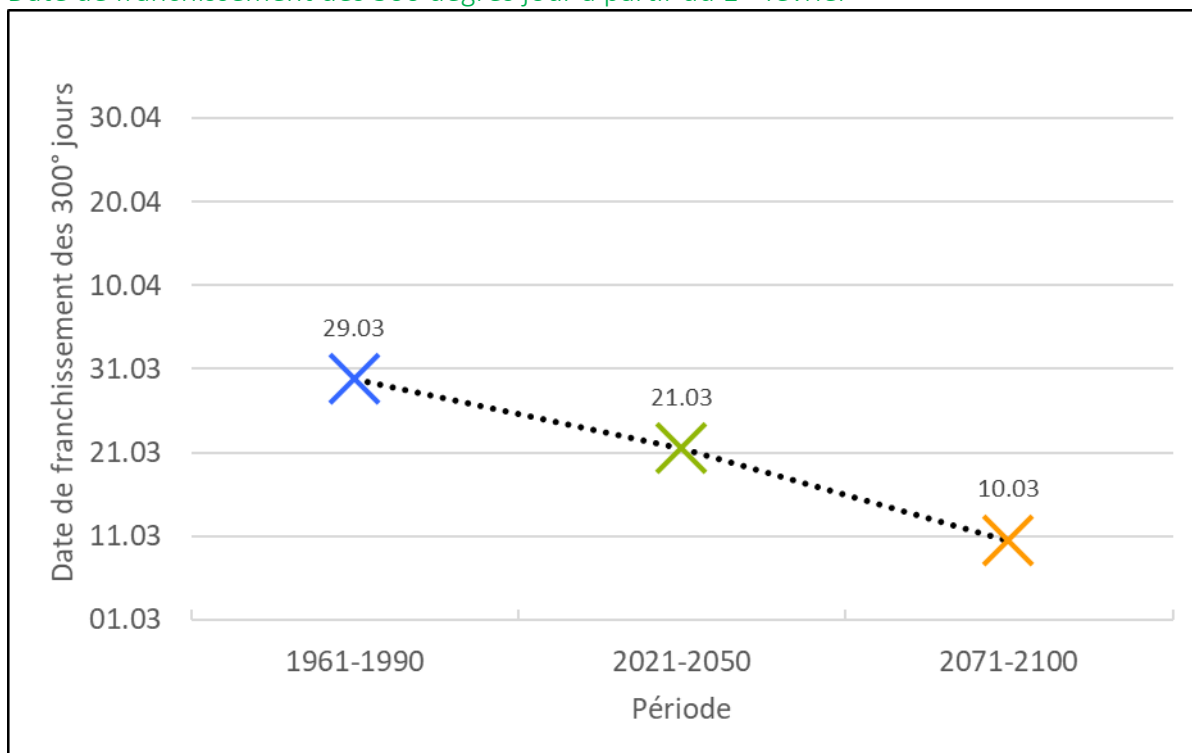
Nombre de jours sans pluie



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 21 | 19 | 20 | 18 | 17 | 18 | 19 | 22 | 22 | 21 | 18 | 20 |
| 2021-2050 | -1 | -1 | +1 | +1 | 0 | -1 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | +2 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | +2 | +3 | +4 | +4 | +7 | +4 | +2 | +1 | +1 | 0 |

- Le nombre de jours sans pluie est constant sur la période de référence (1961-1990) et il n'évolue peu voire pas sur la période 2021-2050 (max. +2 jours).
- L'augmentation du nombre de jours sans pluie est marquée au-delà de 2050, principalement d'avril à août avec un maximum sur le mois de juillet.
(Similarités avec l'UGM Plaine Ouest haut-saônoise, résultats davantage marqués en Plaine Sous-Vosgienne).
- Du point de vue de la végétation :
 - Pour la période 2071-2100, les travaux des champs seront peu impactés mais les conditions de pousses seront encore plus difficiles du printemps à l'automne.

Date de franchissement des 300 degrés jour à partir du 1^{er} février



| | jour |
|-----------|-------|
| 1961-1990 | 29/03 |
| 2021-2050 | -8 |
| 2071-2100 | -19 |

- La date de franchissement des 300 degrés jour depuis le 1^{er} février évolue (à peine 3 semaines au total) depuis la fin mars pour s'avancer à la 3^{ème} semaine de mars durant la période 2021-2050, puis début/mi-mars au-delà de 2050. (Similarité UGM Plaine Ouest haut-saônoise et UGM Plaine Sous-Vosgienne).

4.2.4. Conséquences des évolutions climatiques sur les fourrages

Il est à noter que l'évolution climatique de cette zone est comparable à celle aussi observée pour la Plaine Ouest haut-saônoise et Plaine Sous-Vosgienne.

Observations globales :

HERBE

- La période de végétation va s'étendre sur toute l'année avec une période plus fraîche en décembre-janvier.
- En revanche, l'arrêt va durablement se positionner durant la pleine période estivale, comme on peut déjà le constater actuellement.
- Cependant, le démarrage précoce et l'achèvement tardif de la saison rattrapera au moins partiellement le déficit estival.

MAÏS

- Un avancement des stades du maïs seront présents à hauteur de 1 à 3 semaines
- Le maïs sera soumis à des risques de différents stress : perturbation dans la multiplication des cellules (cas d'un stress précoce, avant grain laiteux) ou un ralentissement brutal du remplissage des grains (cas d'un stress thermique plus tardif, vers grain laiteux-pateux), le rendement en sera alors négativement impacté. Si la qualité des fourrages est dégradée (accélération de la dessiccation), les risques de refus à l'auge sont accrus
- La pression des ravageurs sera aussi plus importante

Conséquences globales :

HERBE

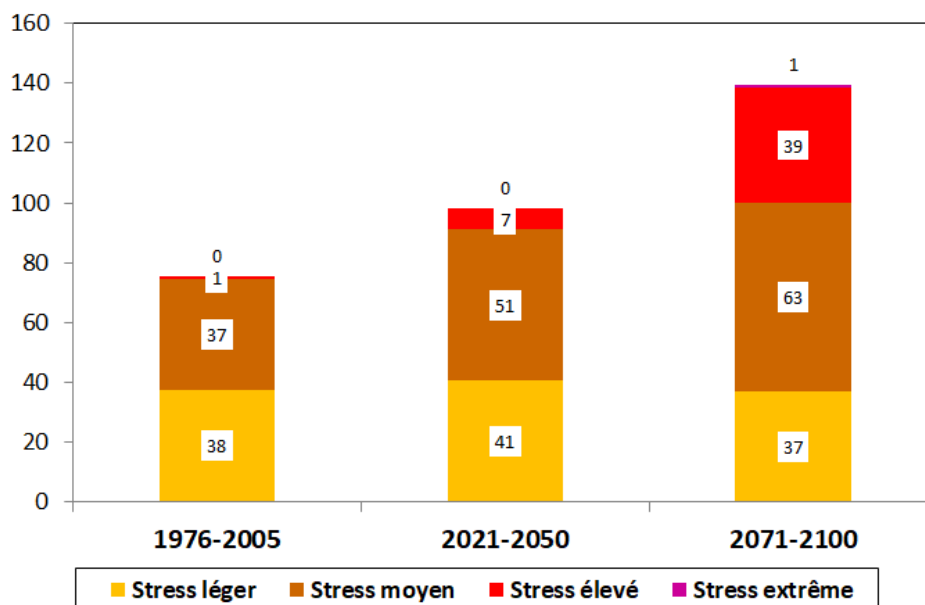
- Une gestion différente de l'herbe sera nécessaire : une sortie au pâturage et une première coupe plus précoce (dès la mi-avril) pour une deuxième coupe avant la mi-juin.
- Une dernière récolte sera possible, si le temps le permet, en octobre, voire novembre pour les enrubannés.
- Hormis en début de printemps, les périodes de repos des parcs devraient tendanciellement s'allonger pour laisser le temps aux prairies riches en graminées de reconstituer leurs réserves racinaires et foliaires.
- Les réserves stockées, pour les systèmes en ensilage, seront prioritairement constituées sous forme d'ensilage d'herbe/d'enrubannage, avec si possible pâturage au printemps. Pour les systèmes foin-regain, l'équipement en séchage en grange permettra de valoriser des végétations conjuguant qualité et quantité des fourrages tendres issus de prairies temporaires, et qui plus est récoltés tôt au printemps et tard en fin de saison.

MAÏS

- La tendance voulant que les jours de gel printanier seront presque inexistantes permettra d'avancer les dates de semis. Ceci permettra d'éviter les différentes périodes de stress dont principalement celles estivales. L'avancement des dates de semis sera aussi synonyme d'une meilleure valorisation de l'azote au vu des pluies plutôt hivernales qu'estivales. Néanmoins, attentions aux possibles problèmes de portances des sols avec les cumuls de pluie important prévus durant l'hiver et les jours de gels tardifs
- Le choix de variétés adaptées sera à prendre en compte
- Des apports en eau seront peut-être à envisager (irrigation raisonnée) mais tout dépendra du conflit sur la ressource en eau
- Passer un certain seuil, il sera peut-être nécessaire de réfléchir à changer d'espèces avec des cultures plus résistantes au sec (par exemple : en remplaçant le maïs par du sorgho).

4.2.5. Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail

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



Source: CA39, 2021 (source interne)

Conséquences globales :

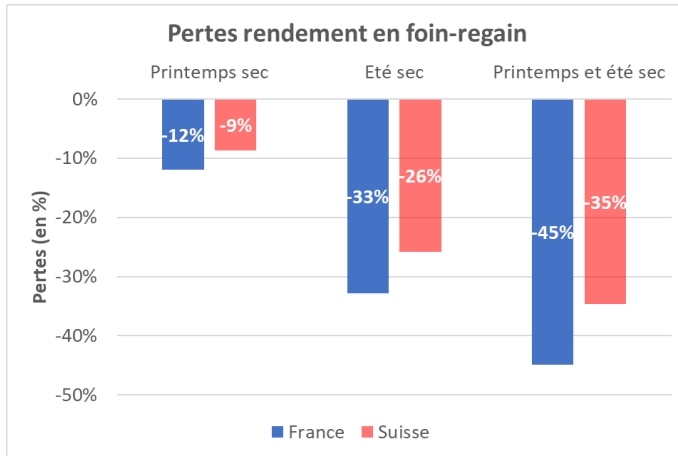
- Jusqu'ici ("Passé"), aucun à peu de stress élevé n'était ressenti par le bétail durant les mois de juin à août. (exemple ci-dessus du THI obtenu dans la Ville de Dole). En revanche d'ici 2100, le bétail sera impacté par plus d'un mois de stress élevé à extrême.
- Dans ces conditions de très fortes températures, les animaux devront s'abriter au bâtiment où la ventilation assistée occupera une place stratégique dans l'atténuation du stress thermique.
- Lors des années de sécheresse, qui vont se répéter plus fréquemment sans toutefois devenir une norme absolue, les animaux devront être affouragés au moins partiellement au bâtiment, avec une ration hivernale. Il faudra tenir compte de cette consommation supplémentaire lors des bilans fourragers. Les volumes de stockage et la gestion des effluents devront également s'adapter.
- Si cette adaptation correspond au bien-être animal, le stationnement des animaux au bâtiment augmentera la production de gaz à effet de serre. En effet, le stockage des déjections ne retournera pas directement sur les surfaces et la digestibilité des fourrages sera moindre.

⇒ Rappel : Il s'agit de grandes tendances d'évolution. Des années particulières, sortant de ces années-types, peuvent se produire : tout comme l'année 2021 par exemple

4.2.6. Impacts sur les productions fourragères et laitières

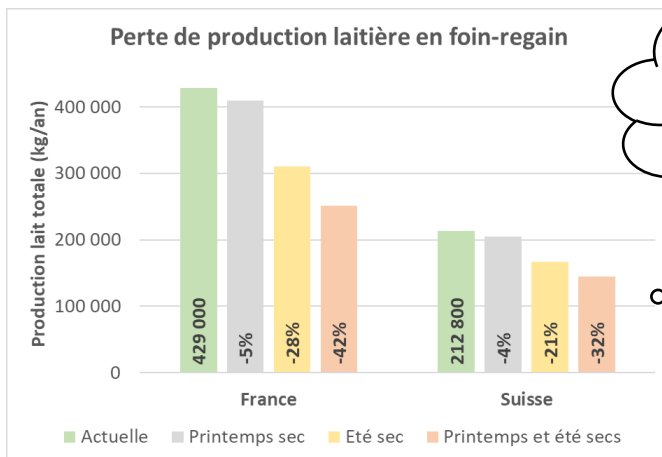
Foin-regain

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont plus fortes en France. Dans les exploitations suisses, la production fourragère repose sur l'installation de prairies temporaires et sur une utilisation plus intensive des surfaces herbagères. Cet effet tampon est moins utilisé du côté français.

Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.

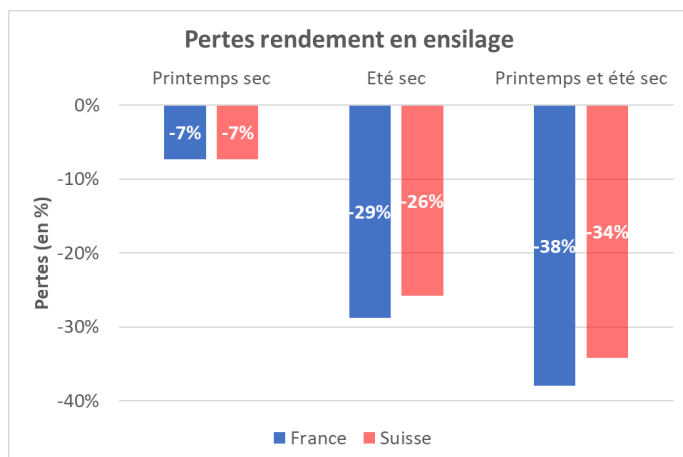


Pertes de production laitière en France après diminution du taux d'élevage de 40 à 33%

La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est plus importante en France. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) ne compense pas entièrement les différences de pertes de fourrages enregistrées par rapport à la Suisse, malgré le niveau de production par vache plus faible (F : 6'600 kg ↔ CH : 7'600 kg).

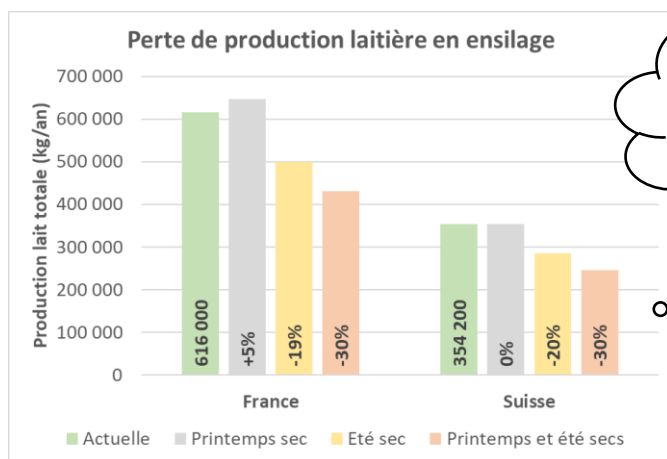
Ensilage maïs

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont plus fortes en France. Dans les exploitations suisses, la production fourragère repose sur l'installation de prairies temporaires et sur une utilisation plus intensive des surfaces herbagères. Cet effet tampon est moins utilisé du côté français. Cependant, le pourcentage d'ensilage maïs dans la ration annuelle (F : 57% ↔ CH : 30%) limite l'écart de pertes entre les 2 pays en comparaison aux systèmes foin-regain.

Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.

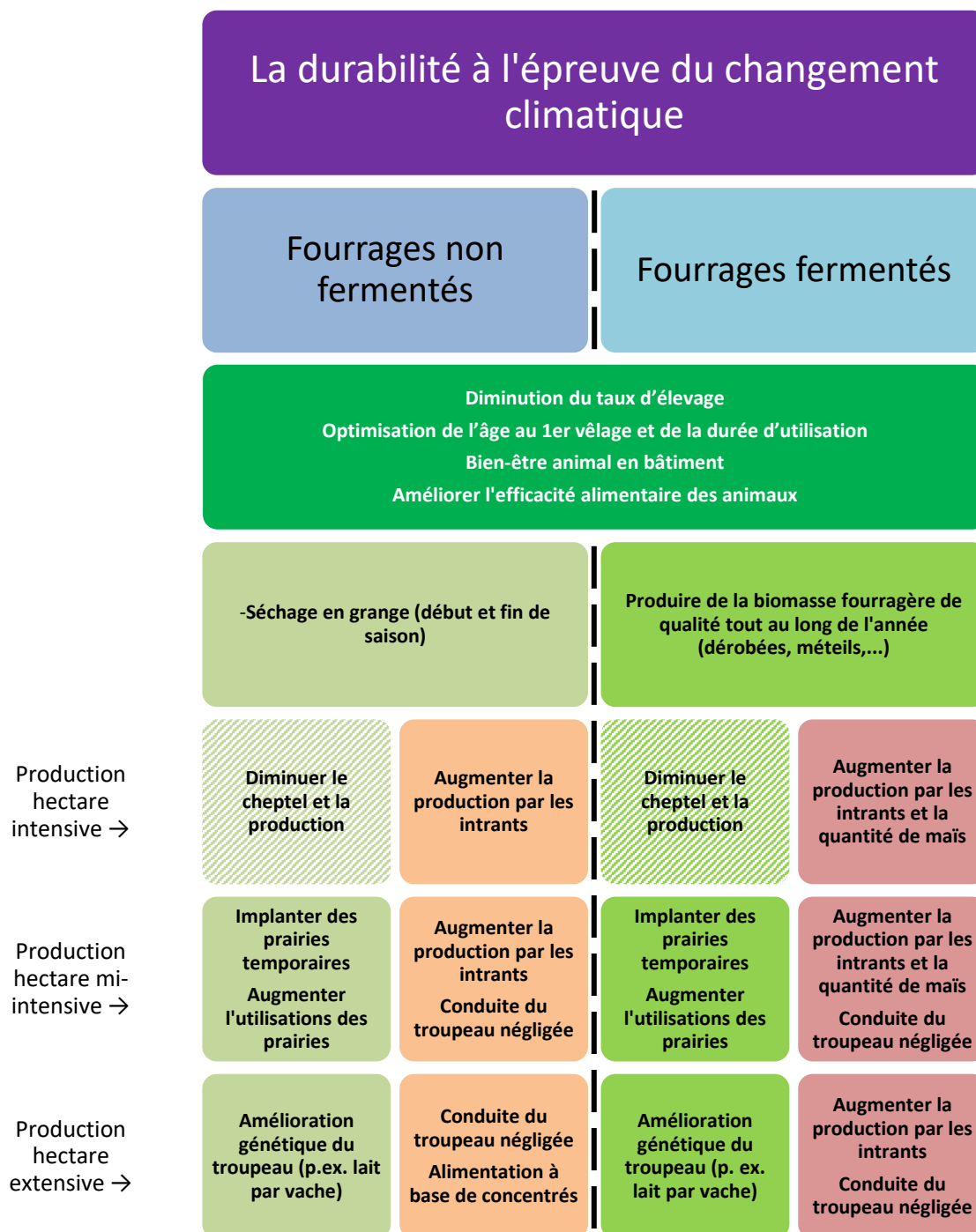


Pertes de production laitière en France après diminution du taux d'élevage de 40 à 33%

La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est similaire entre les deux pays. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) compense les différences de pertes de fourrages enregistrées par rapport à la Suisse, d'autant plus que le niveau de production par vache est comparable (7'700 kg).

4.2.7. Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables

Les leviers d'adaptation au changement climatique développés ci-dessous ont été réfléchis dans un maintien, voire une amélioration de la durabilité sur les exploitations. Par niveau de production par hectare (basés sur la typologie environnementale de l'étape 2), des leviers d'adaptation sont possibles.



Leviers dans les couleurs vertes = positif / Leviers dans les couleurs oranges-rouges = négatif

4.3. Unité géomorphologique : Plaine Sous-Vosgienne

4.3.1. Définition synthétique

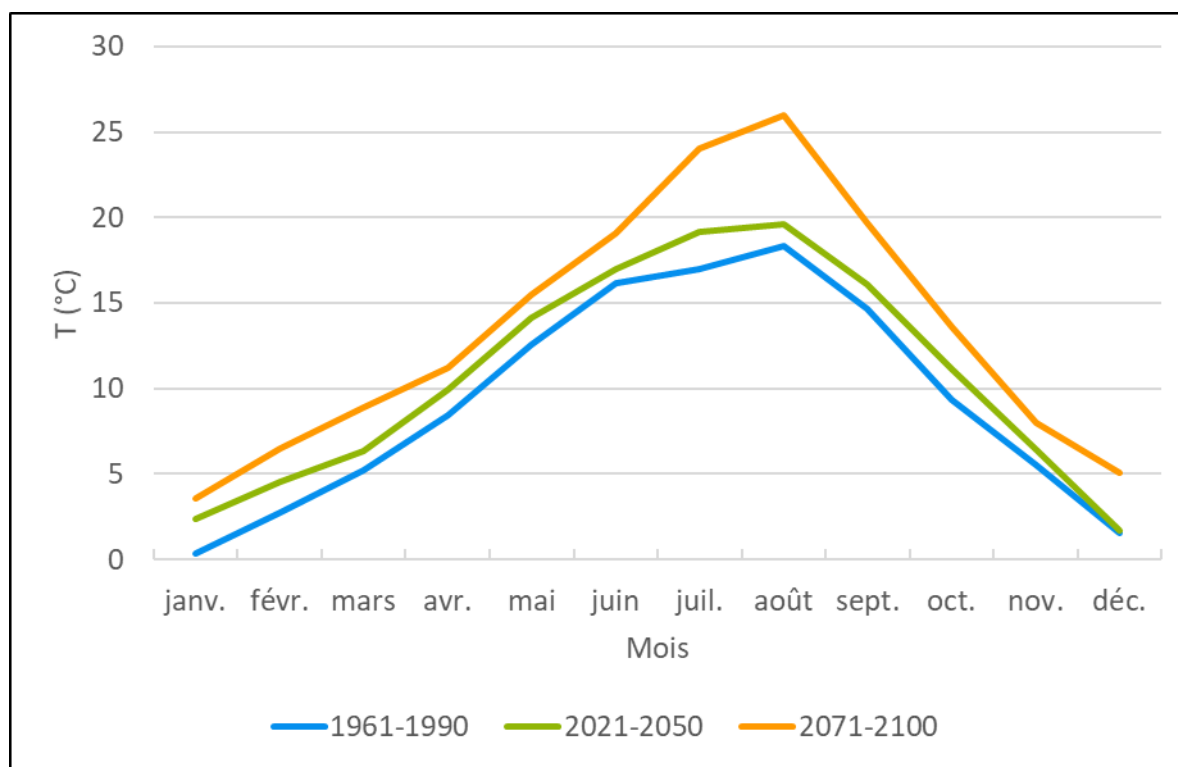
| | 1961-1990 | 2021-2050 | 2071-2100 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Températures annuelles (°C) (médiane) | 9.1 | 10.4 | 13.2 |
| Précipitation annuelles (mm) (médiane) | 1087 | 1122 | 921 |
| 300 degrés jours (date) (médiane) | 02 avril | 29 mars | 14 mars |

4.3.2. Types sols

- 2 grands types de sols se distinguent du point de vue de la circulation de l'eau et de l'air :
 - Les sols aérés, profonds ou superficiels de nature argilo-calcaire, parfois contigus sur quelques mètres.
 - Les sols hydromorphes, profonds et moyennement profonds, pauvres en argile et de texture limoneuse préférentiellement dans les fonds de vallée.
- Répartition en mosaïque de ces 2 types de sol

4.3.3. Présentation de différents graphiques mensuels

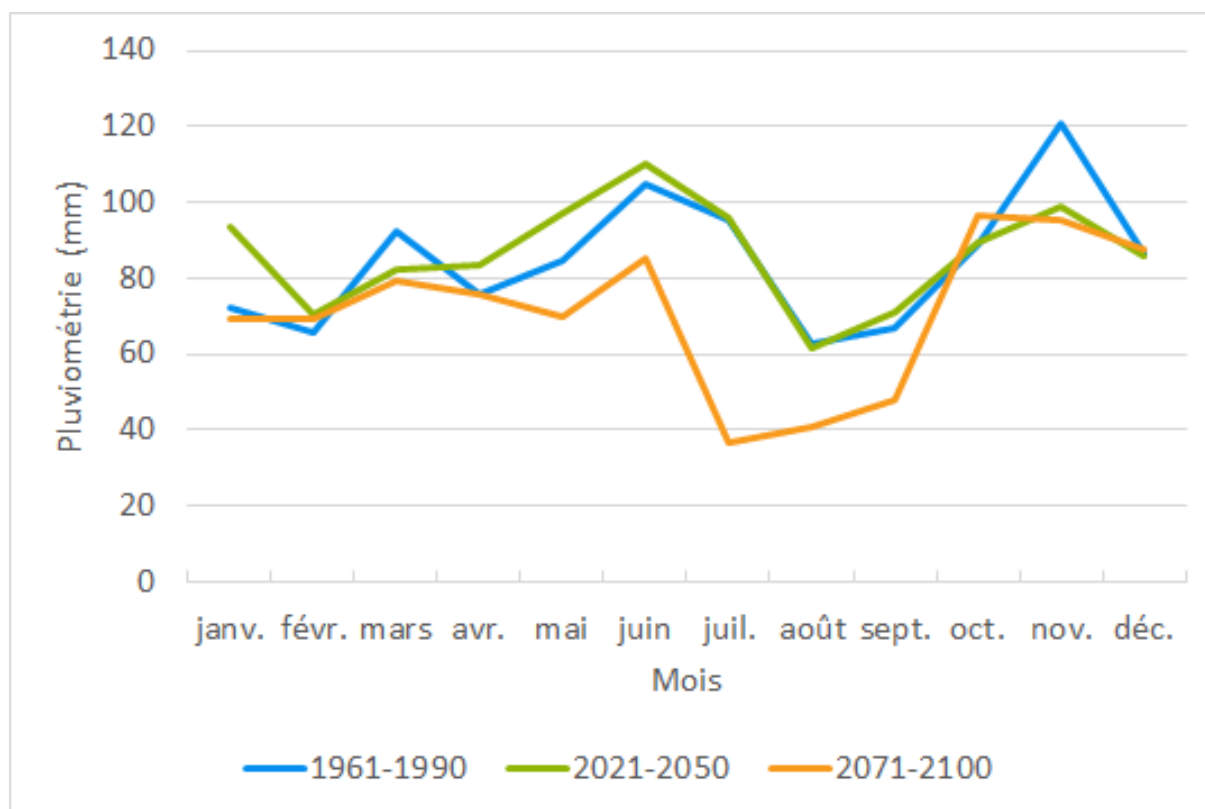
Températures (°C)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0.3 | 2.7 | 5.2 | 8.5 | 12.6 | 16.1 | 17.0 | 18.3 | 14.7 | 9.4 | 5.5 | 1.5 |
| 2021-2050 | +2.0 | +1.8 | +1.1 | +1.5 | +1.5 | +0.8 | +2.2 | +1.2 | +1.4 | +1.8 | +0.9 | +0.2 |
| 2071-2100 | +3.3 | +3.7 | +3.7 | +2.7 | +2.9 | +2.9 | +7.1 | +7.7 | +5.0 | +4.3 | +2.5 | +3.5 |

- Les températures vont légèrement augmenter sur la période "Futur proche". L'augmentation des températures sera marquée au-delà de 2050 et plus particulièrement sur les mois de juillet à octobre. (Malgré des températures "Passé" légèrement plus faibles, il existe des similarités d'évolution avec les UGM Plaine Ouest haut-saônoise et Vallée du Doubs).
- Du point de vue de la végétation :
 - Les périodes "Future proche" et surtout "Futur lointain" marqueront un arrêt de la croissance de la végétation pendant l'été.
 - Il est probable que la pousse herbagère hivernale ne marquera plus de temps d'arrêt au-delà de 2050.

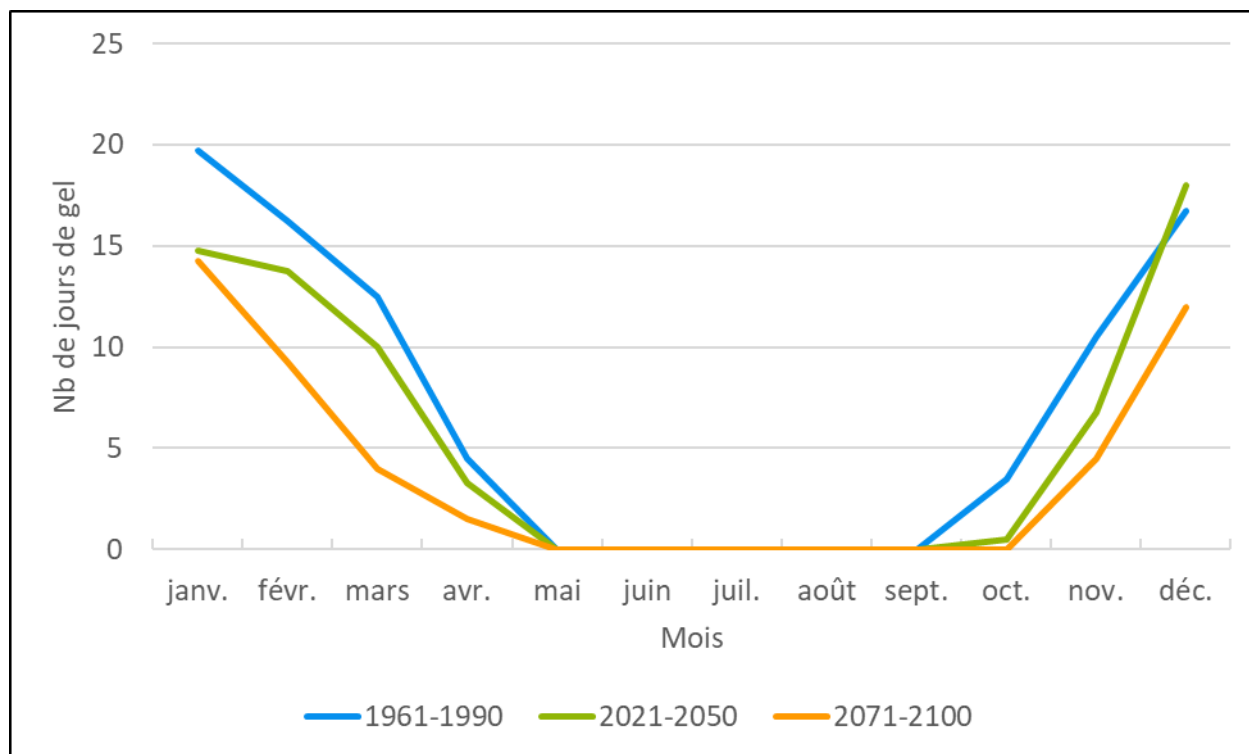
Pluviométrie (mm)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 72 | 66 | 92 | 76 | 84 | 105 | 95 | 62 | 67 | 89 | 121 | 86 |
| 2021-2050 | +21 | +5 | -10 | +8 | +13 | +5 | 0 | -1 | +4 | +1 | -22 | 0 |
| 2071-2100 | -3 | +4 | -13 | 0 | -14 | -20 | -59 | -22 | -19 | +8 | -26 | +2 |

- Sur la période 2021-2050, la tendance haussière des températures pourra localement être accompagnée de précipitations au moins égales, voire légèrement supérieures à la période "Passé" surtout en hiver (sauf pour les mois de mars et novembre).
- Le déficit de précipitations est marqué au-delà de 2050 dans les mois estivaux (juin à août). Pour le mois de juillet, la pluviométrie va diminuer de moitié comparé à la période "Passé".
- Du point de vue de la végétation :
 - Le stress engendré par le déficit en eau et par de fortes températures va s'accompagner de repousses chétives, épiant bas (pas de quantité, ni de qualité), voire complètement absentes, accentuant ainsi les pertes par évaporation.

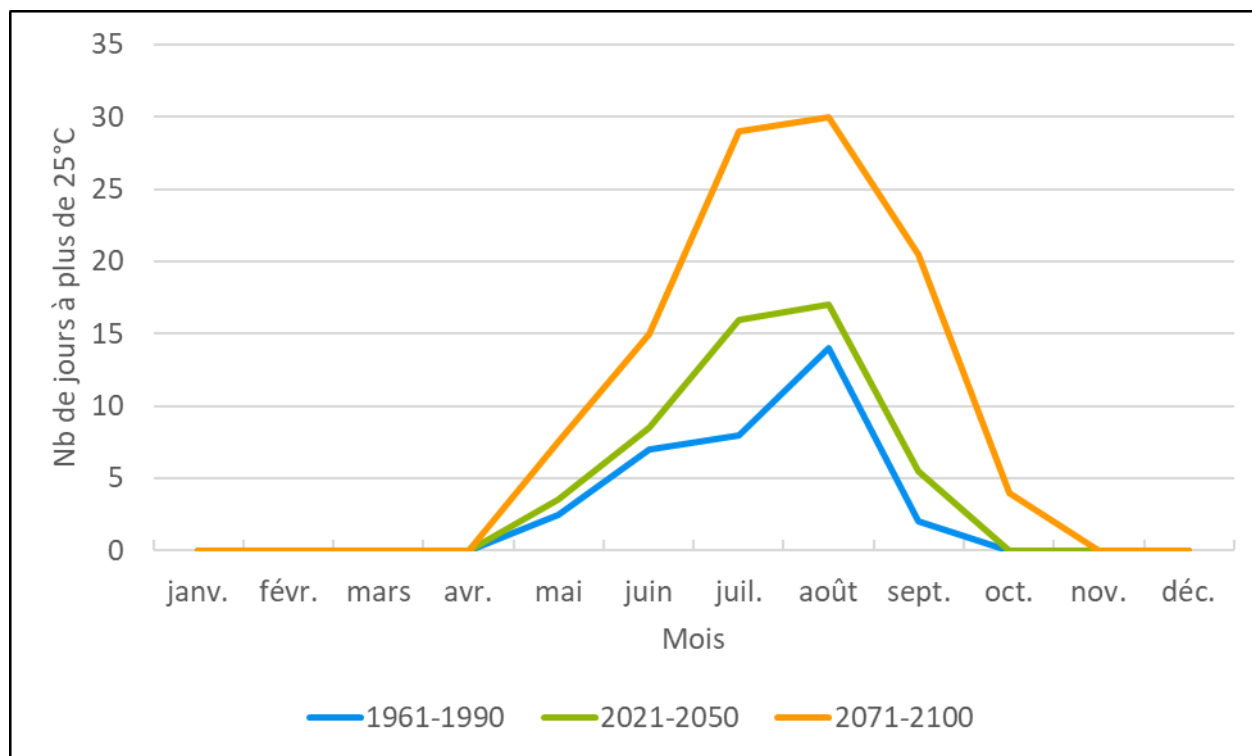
Nombre de jours de gel



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 20 | 16 | 13 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 | 17 |
| 2021-2050 | -5 | -3 | -3 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | -4 | +1 |
| 2071-2100 | -6 | -7 | -9 | -3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4 | -6 | -5 |

- La période gélive suit la tendance observée pour les températures : à savoir une diminution progressive d'octobre à mars. (Valeurs du "Passé" plus élevées que pour celles de l'UGM Plaine Ouest haut-saônoise, mais évolution similaire).
- Du point de vue de la végétation :
 - Seul le rythme nyctéméral (alternance jour et nuit) deviendra un frein à une augmentation de la durée de végétation au-delà de la température et des précipitations.

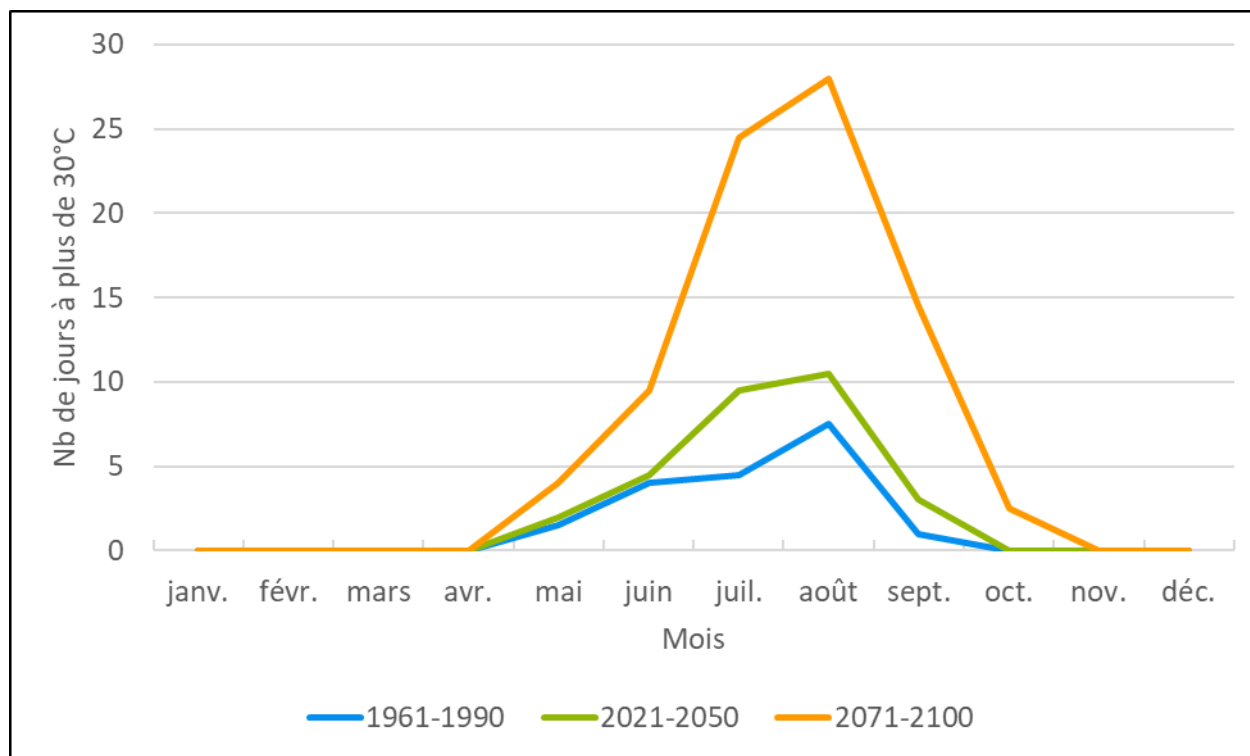
Nombre de jours à plus de 25°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 7 | 13 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +2 | +7 | +3 | +3 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | 0 | +6 | +10 | +22 | +18 | +17 | +4 | 0 | 0 |

- Le nombre de jours à plus de 25°C atteint jusqu'à une semaine de plus durant les mois d'été de la période 2021-2050, mais il atteint jusqu'à 3 semaines supplémentaires par mois sur la période du "Futur lointain" comparé à la période "Passé". (Similarité UGM Plaine Ouest haut-saônoise et UGM Vallée du Doubs).
- Du point de vue de la végétation :
 - A ce niveau de température, la pousse du ray-grass et d'autres espèces semblables, est fortement ralentie.

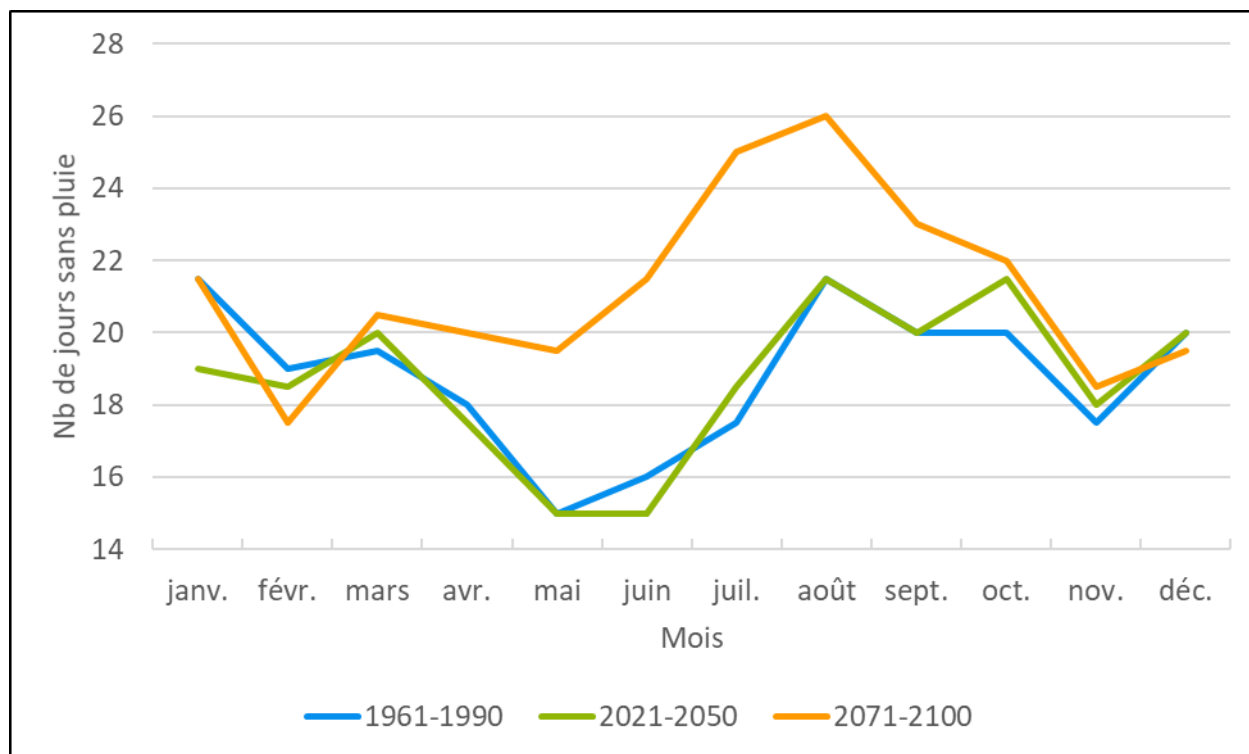
Nombre de jours à plus de 30°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 5 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +5 | +3 | +2 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | 0 | +2 | +6 | +20 | +21 | +13 | +2 | 0 | 0 |

- Le nombre de jours à plus de 30°C augmente légèrement sur la période estivale de 2021-2050 et il atteint jusqu'à 3 semaines supplémentaires par mois au-delà de 2050 (juillet-août contre 2 semaines pour le mois de septembre). (Valeurs obtenues légèrement plus étalées dans le temps et plus élevées que pour l'UGM Plaine Ouest haut-saônoise et celle de la Vallée du Doubs).
- Du point de vue de la végétation :
 - A ce niveau de température, les cultures de printemps (p. ex. maïs) seront remises en question, tant au niveau de l'implantation que de leur développement. La date de semis et le choix variétal devront intégrer les nouvelles données climatiques.

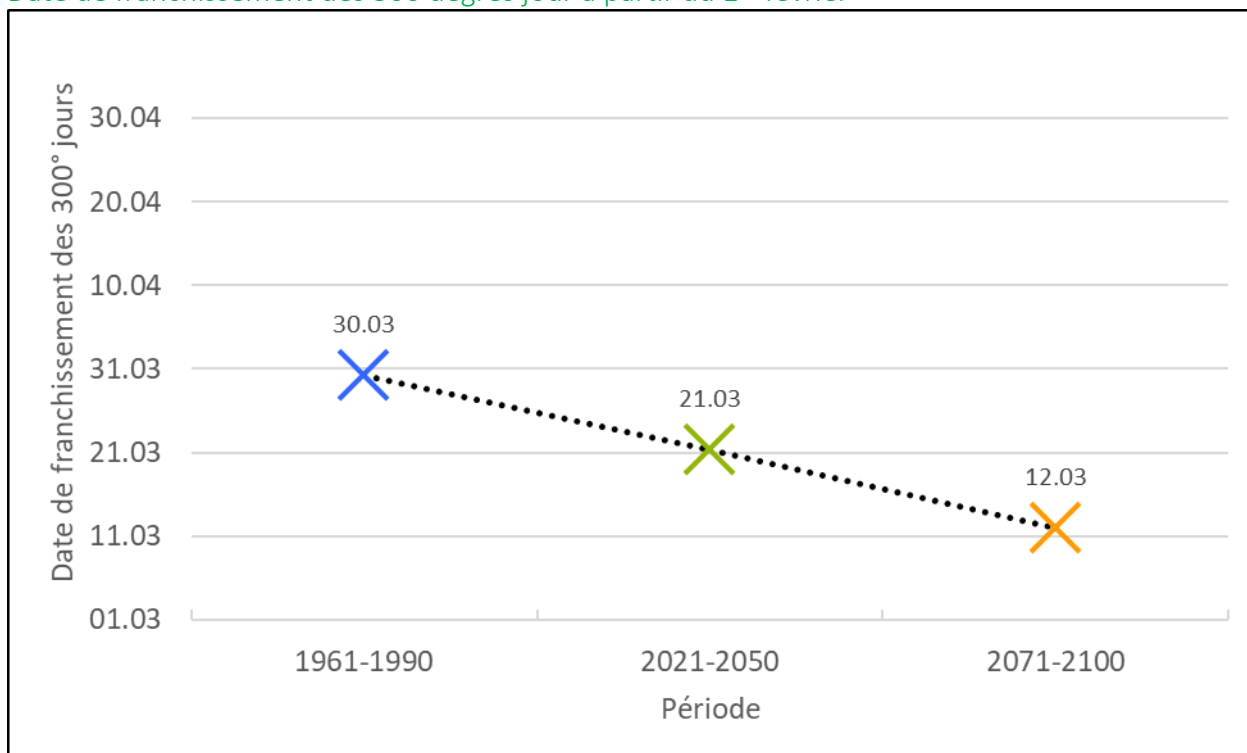
Nombre de jours sans pluie



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 22 | 19 | 20 | 18 | 15 | 16 | 18 | 22 | 20 | 20 | 18 | 20 |
| 2021-2050 | -3 | -1 | +1 | -1 | 0 | -1 | +1 | 0 | 0 | +2 | +1 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | -2 | +1 | +2 | +5 | +6 | +8 | +5 | +3 | +2 | +1 | -1 |

- Le nombre de jours sans pluie est constant sur la période de référence (1961-1990) et il n'évolue peu voire pas sur la période 2021-2050 (max. +2 jours). (Similarités avec les UGM Plaine Ouest haut-saônoise et Vallée du Doubs).
- L'augmentation du nombre de jours sans pluie est marquée au-delà de 2050 avec un point culminant sur les mois de mai à août.
- Du point de vue de la végétation :
 - Pour la période 2071-2100, les travaux des champs seront peu impactés mais les conditions de pousses seront encore plus difficiles du printemps à l'automne.

Date de franchissement des 300 degrés jour à partir du 1^{er} février



| | jour |
|-----------|-------|
| 1961-1990 | 30/03 |
| 2021-2050 | -9 |
| 2071-2100 | -18 |

- La date de franchissement des 300 degrés jour depuis le 1^{er} février évolue (entre 2 et 3 semaines au total) depuis la fin mars pour s'avancer à la 3^{ème} semaine du mois de mars durant la période 2021-2050, puis un peu avant mi-mars au-delà de 2050. (Tendances similaires d'évolution avec l'UGM Vallée du Doubs et la Plaine Ouest haut-saônoise).

4.3.4. Conséquences des évolutions climatiques sur les fourrages

Il est à noter que l'évolution climatique de cette zone est comparable à celle aussi observée sur les UGM de Plaine Ouest haut-saônoise et la Plaine Sous-Vosgienne (voire Plateau moyen).

Observations globales :

HERBE

- La période de végétation va s'étendre sur toute l'année avec une période plus fraîche en décembre-janvier.
- En revanche, l'arrêt va durablement se positionner durant la pleine période estivale, comme on peut déjà le constater actuellement.
- Cependant, le démarrage précoce et l'achèvement tardif de la saison rattrapera au moins partiellement le déficit estival.

MAÏS

- Un avancement des stades du maïs seront présents à hauteur de 1 à 3 semaines
- Le maïs sera soumis à des risques de différents stress : perturbation dans la multiplication des cellules (cas d'un stress précoce, avant grain laiteux) ou un ralentissement brutal du remplissage des grains (cas d'un stress thermique plus tardif, vers grain laiteux-pateux), le rendement en sera alors négativement impacté. Si la qualité des fourrages est dégradée (accélération de la dessiccation), les risques de refus à l'auge sont accrus
- La pression des ravageurs sera aussi plus importante

Conséquences globales :

HERBE

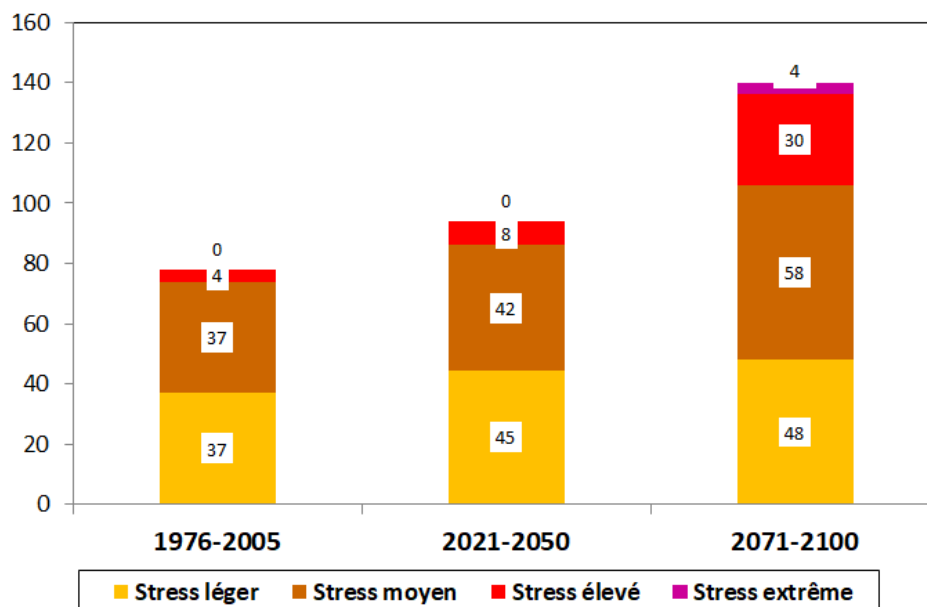
- Une gestion différente de l'herbe sera nécessaire : une sortie au pâturage et une première coupe plus précoce (dès la mi-avril) pour une deuxième coupe avant la mi-juin.
- Une dernière récolte sera possible, si le temps le permet, en octobre, voire novembre pour les enrubannés.
- Hormis en début de printemps, les périodes de repos des parcs devraient tendanciellement s'allonger pour laisser le temps aux prairies riches en graminées de reconstituer leurs réserves racinaires et foliaires.
- Les réserves stockées, pour les systèmes en ensilage, seront prioritairement constituées sous forme d'ensilage d'herbe/d'enrubannage, avec si possible pâturage au printemps. Pour les systèmes foin-regain, l'équipement en séchage en grange permettra de valoriser des végétations conjuguant qualité et quantité des fourrages tendres issus de prairies temporaires, et qui plus est récoltés tôt au printemps et tard en fin de saison.

MAÏS

- La tendance voulant que les jours de gel printanier seront presque inexistantes permettra d'avancer les dates de semis. Ceci permettra d'éviter les différentes périodes de stress dont principalement celles estivales. L'avancement des dates de semis sera aussi synonyme d'une meilleure valorisation de l'azote au vu des pluies plutôt hivernales qu'estivales. Néanmoins, attentions aux possibles problèmes de portances des sols avec les cumuls de pluie important prévus durant l'hiver et les jours de gels tardifs
- Le choix de variétés adaptées sera à prendre en compte
- Des apports en eau seront peut-être à envisager (irrigation raisonnée) mais tout dépendra du conflit sur la ressource en eau
- Passer un certain seuil, il sera peut-être nécessaire de réfléchir à changer d'espèces avec des cultures plus résistantes au sec (par exemple : en remplaçant le maïs par du sorgho).

4.3.5. Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail

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



Source : CA70, 2021 (source interne)

Conséquences globales :

- Jusqu'ici ("Passé"), aucun à peu de stress élevé n'était ressenti par le bétail durant les mois de juin à août. (exemple ci-dessus du THI obtenu dans la Ville de Lure). En revanche d'ici 2100, le bétail sera impacté par plus d'un mois de stress élevé à extrême.
- Dans ces conditions de très fortes températures, les animaux devront s'abriter au bâtiment où la ventilation assistée occupera une place stratégique dans l'atténuation du stress thermique.
- Lors des années de sécheresse, qui vont se répéter plus fréquemment sans toutefois devenir une norme absolue, les animaux devront être affouragés au moins partiellement au bâtiment, avec une ration hivernale. Il faudra tenir compte de cette consommation supplémentaire lors des bilans fourragers. Les volumes de stockage et la gestion des effluents devront également s'adapter.
- Si cette adaptation correspond au bien-être animal, le stationnement des animaux au bâtiment augmentera la production de gaz à effet de serre. En effet, le stockage des déjections ne retournera pas directement sur les surfaces et la digestibilité des fourrages sera moindre.

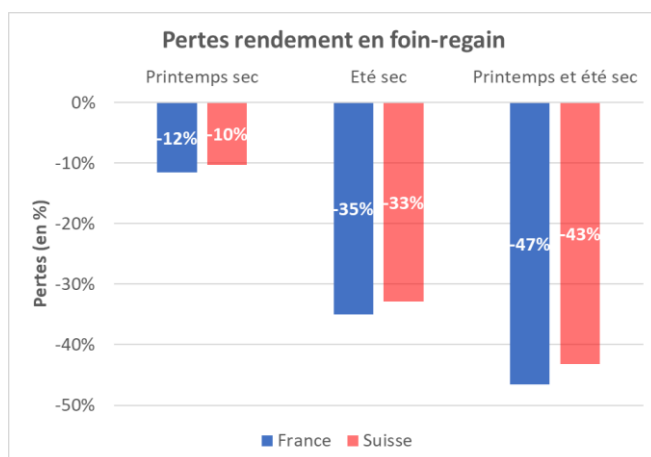
⇒ Rappel : Il s'agit de grandes tendances d'évolution. Des années particulières, sortant de ces années-types, peuvent se produire : tout comme l'année 2021 par exemple.

4.3.6. Impacts sur les productions fourragères et laitières

La logique de calcul et la physionomie des résultats sont comparables à la zone Plateau moyen, mais les caractéristiques climatiques moins arrosés et plus chaudes porteront vers des pertes de fourrage et de production laitière plus marquées côté français.

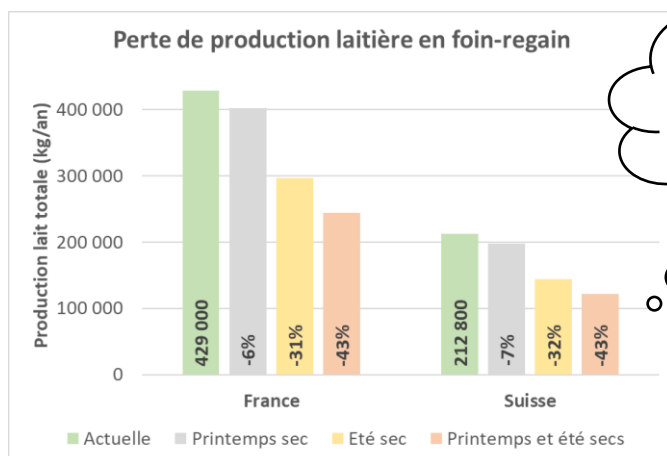
Foin-regain

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont plus fortes en France. Dans les exploitations suisses, la production fourragère repose sur l'installation de prairies temporaires et sur une utilisation plus intensive des surfaces herbagères. Cet effet tampon est moins utilisé du côté français. A noter que les différences sont moindres qu'en plaine à cause des conditions pédoclimatiques moins favorables aux prairies temporaires.

Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.

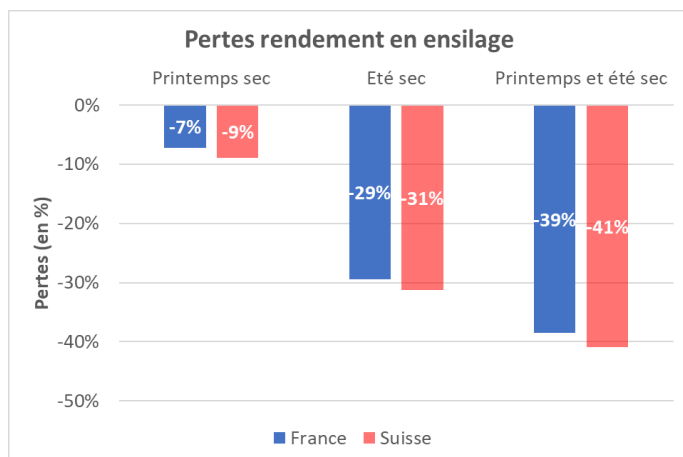


Pertes de production laitière en France après diminution du taux d'élevage de 40 à 33%

La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est similaire entre les deux pays. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) compense les différences de pertes de fourrages enregistrées par rapport à la Suisse, avec l'aide aussi d'un niveau de production par vache plus faible (F : 6'600 kg ↔ CH : 7'600 kg).

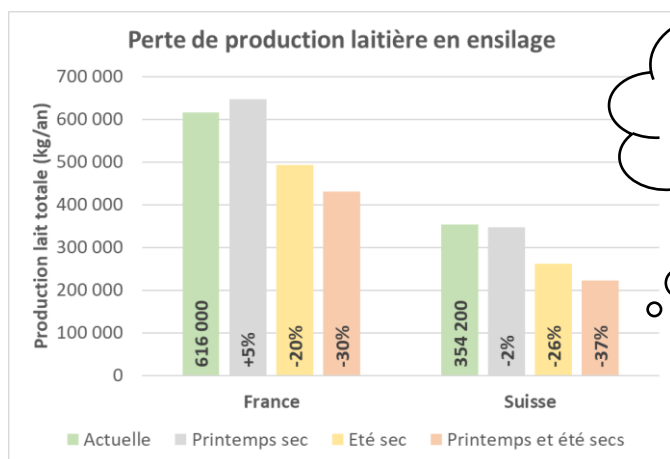
Ensilage maïs

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont légèrement plus fortes en Suisse. En effet, une ration plus herbagère que les exploitations françaises et un moindre recours aux prairies temporaires (en comparaison à la plaine avec des conditions pédoclimatiques moins favorables) expliquent ce résultat.

Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.

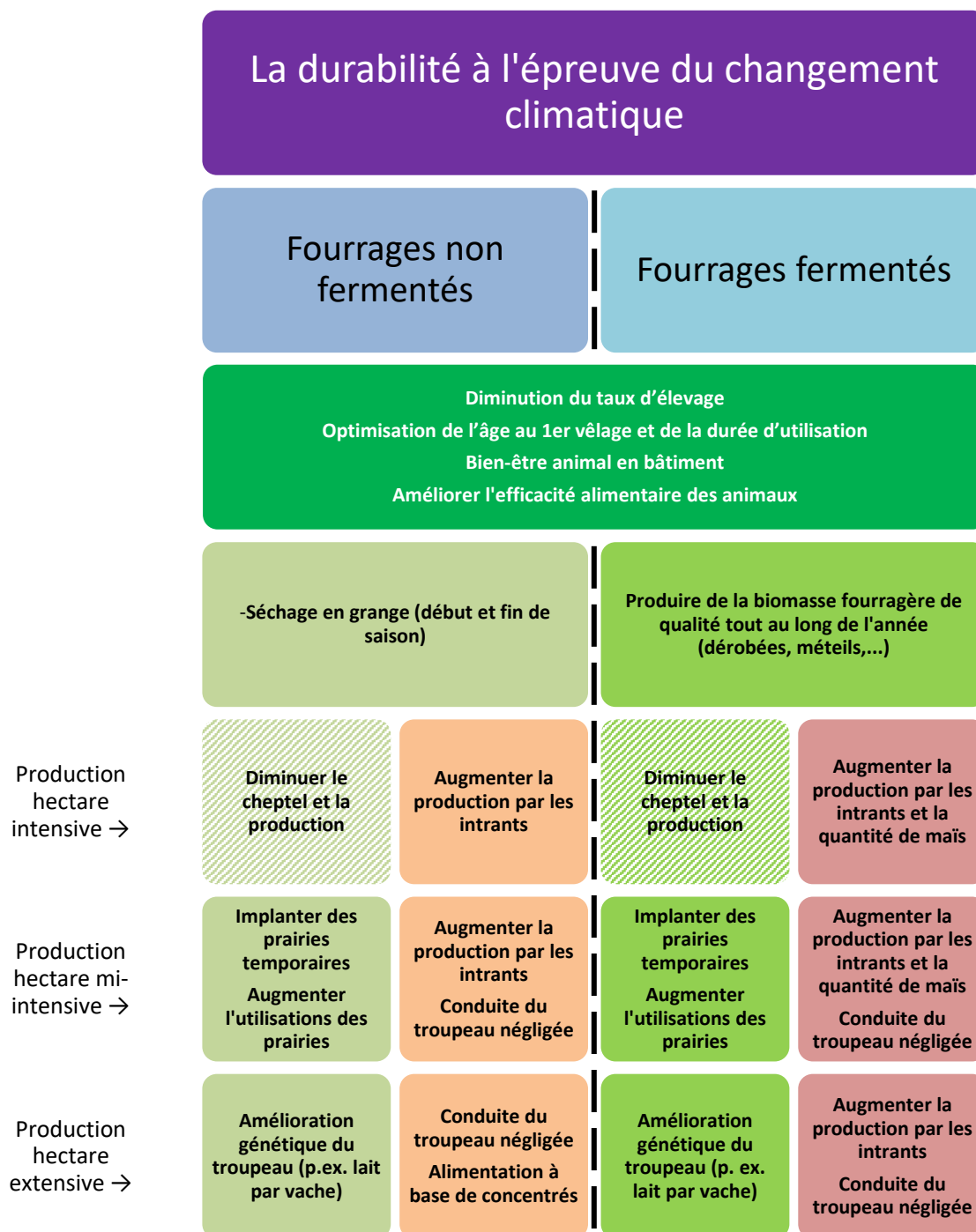


Pertes de production laitière en France après diminution du taux d'élevage de 40 à 33%

La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est plus importante en Suisse, à l'image du résultat sur les pertes de rendements fourragers. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) accentue cette différence de pertes de production laitière, d'autant plus que le niveau de production par vache est comparable (7'700 kg).

4.3.7. Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables

Les leviers d'adaptation au changement climatique développés ci-dessous ont été réfléchis dans un maintien, voire une amélioration de la durabilité sur les exploitations. Par niveau de production par hectare (basés sur la typologie environnementale de l'étape 2), des leviers d'adaptation sont possibles.



Leviers dans les couleurs vertes = positif / Leviers dans les couleurs oranges-rouges = négatif

4.4. Unité géomorphologique : Plateau moyen

4.4.1. Définition synthétique

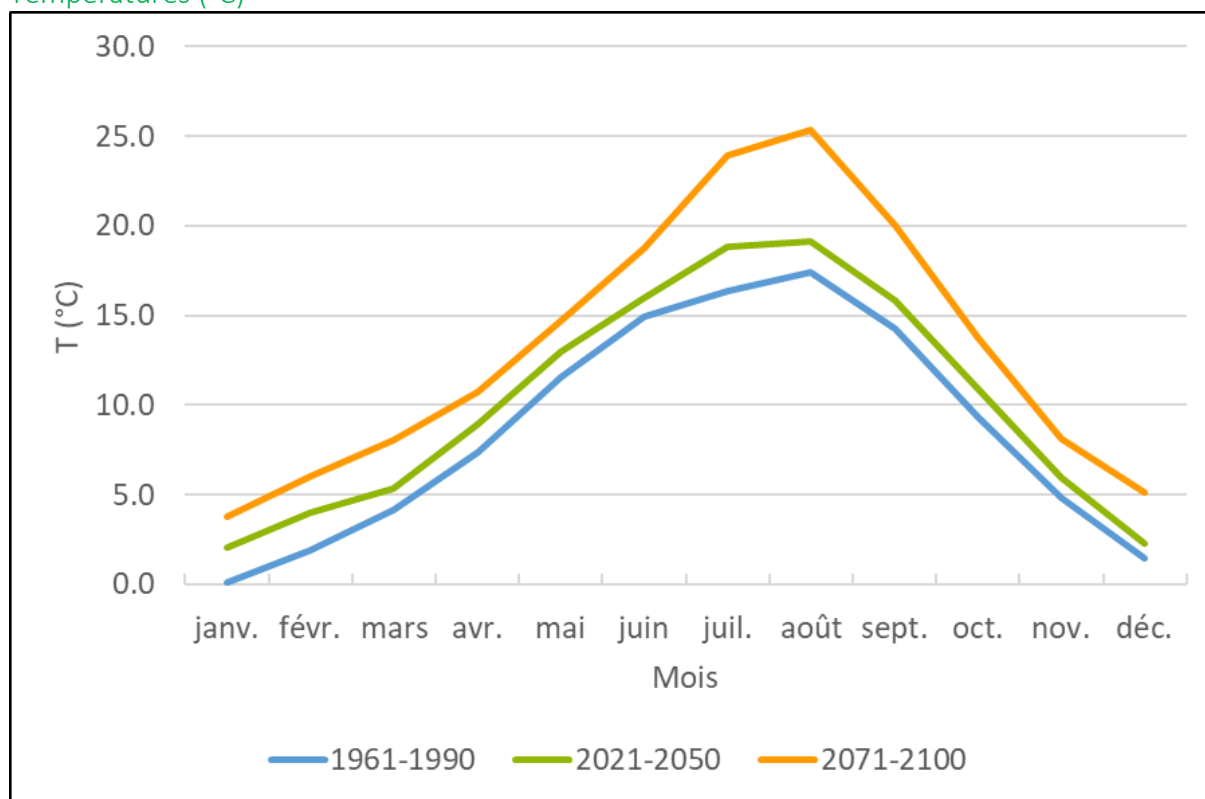
| | 1961-1990 | 2021-2050 | 2071-2100 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Températures annuelles (°C) (médiane) | 8.8 | 10.2 | 13.0 |
| Précipitation annuelles (mm) (médiane) | 1249 | 1322 | 1062 |
| 300 degrés jours (date) (médiane) | 08 avril | 06 avril | 16 mars |

4.4.2. Types sols

- Un grand type de sol se distingue du point de vue de la circulation de l'eau et de l'air :
 - Un sol aéré, moyennement profond ou superficiel de nature argilo-calcaire, parfois contigus sur quelques mètres.
- Ces sols sont répartis en mosaïque sur cette unité. Par exemple, les sols superficiels se rencontrent en majorité sur les plateaux et les surfaces en pente. Les sols moyennement profonds se rencontrent dans les fonds de vallées.

4.4.3. Présentation de différents graphiques mensuels

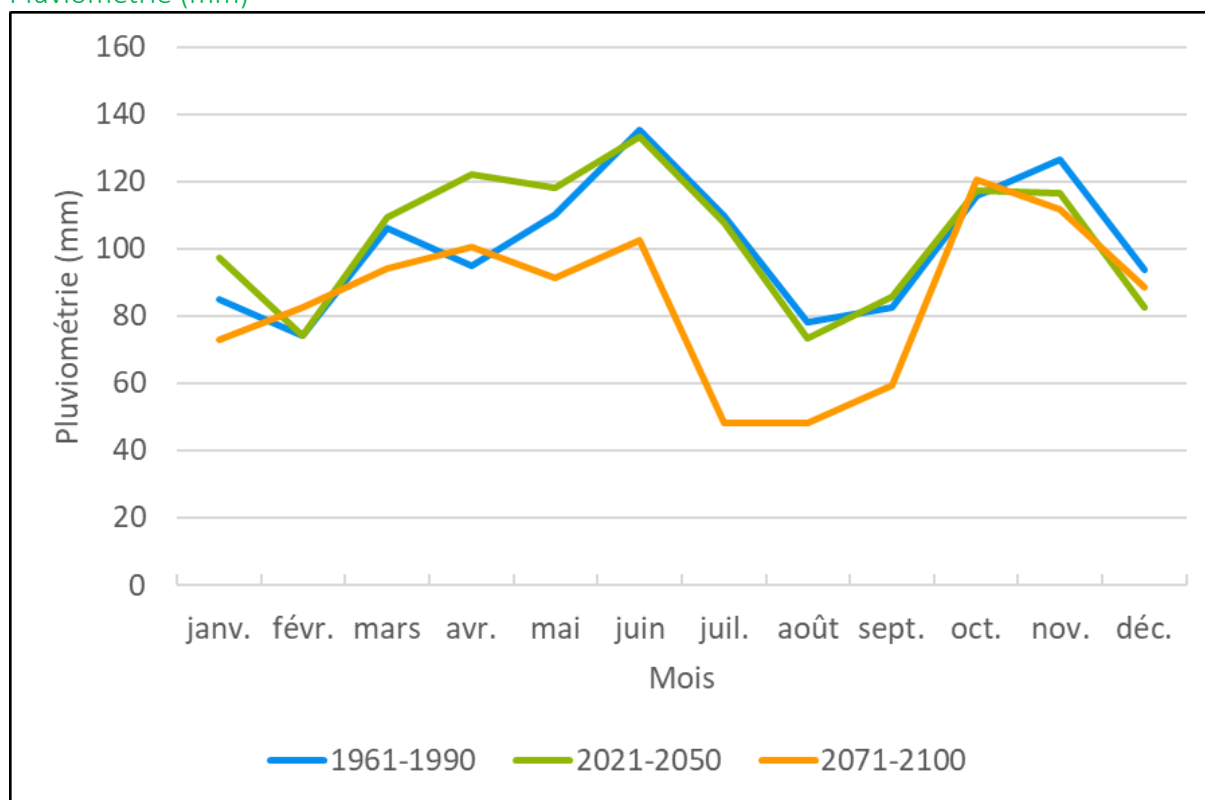
Températures (°C)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0.1 | 1.9 | 4.2 | 7.3 | 11.6 | 15.0 | 16.4 | 17.4 | 14.3 | 9.3 | 4.8 | 1.5 |
| 2021-2050 | +1.9 | +2.1 | +1.2 | +1.6 | +1.4 | +1.0 | +2.4 | +1.7 | +1.6 | +1.6 | +1.1 | +0.8 |
| 2071-2100 | +3.6 | +4.1 | +3.9 | +3.4 | +3.2 | +3.8 | +7.5 | +8.0 | +5.7 | +4.4 | +3.3 | +3.7 |

- Les températures vont légèrement augmenter sur la période "Futur proche", tout au long de l'année (principalement février et juillet). L'augmentation des températures sera marquée au-delà de 2050 et plus particulièrement sur les mois de février et de juillet à octobre. (Valeurs "Passé" légèrement plus élevées que celles de l'UGM du Plateau Montagnard et plus basses que celles de l'UGM Plaine Sous-Vosgienne - mais évolutions similaires).
- Du point de vue de la végétation :
 - Un arrêt de la croissance de la végétation marquera les étés pour la période du "Futur lointain" (juillet à août).

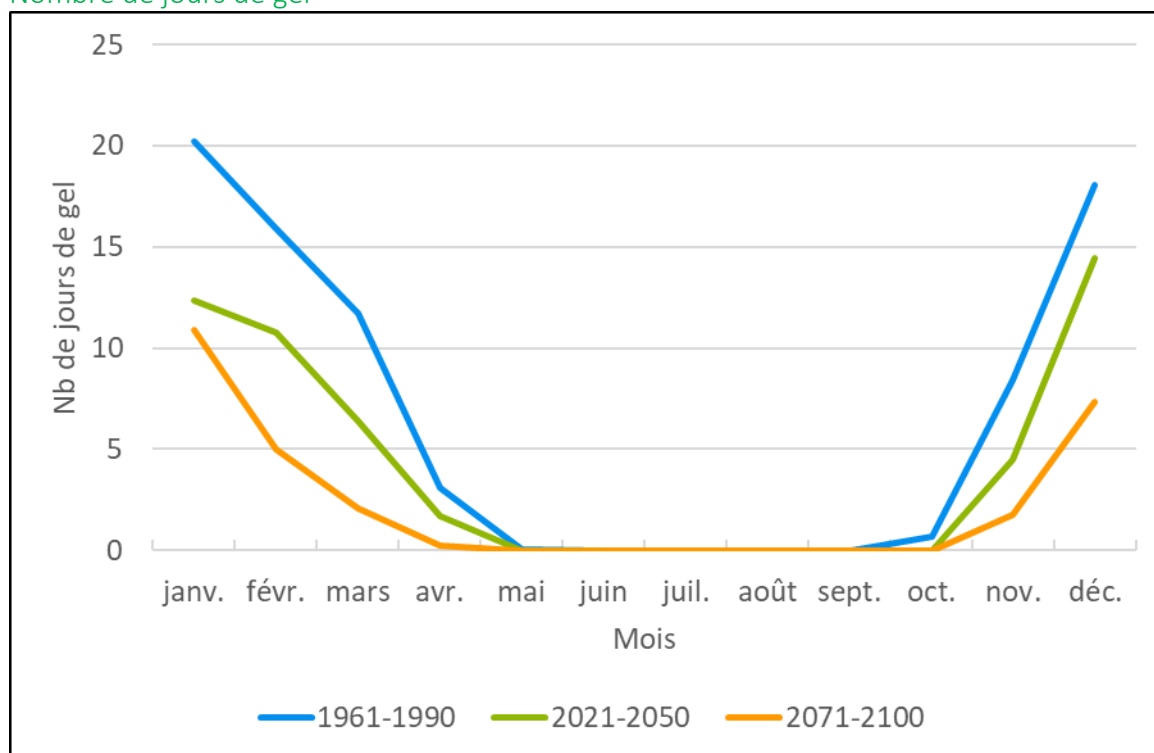
Pluviométrie (mm)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 85 | 74 | 106 | 95 | 110 | 135 | 110 | 78 | 82 | 116 | 127 | 94 |
| 2021-2050 | +13 | 0 | +3 | +27 | +8 | -2 | -2 | -5 | +3 | +2 | -10 | -11 |
| 2071-2100 | -12 | +8 | -12 | +6 | -19 | -33 | -62 | -30 | -23 | +5 | -15 | -5 |

- Sur la période 2021-2050, la tendance haussière des températures pourra localement être accompagnée de précipitations au moins égales (sauf en novembre et en décembre), voire légèrement supérieures à la période "Passé" (surtout en janvier et en avril).
- Le déficit de précipitations est marqué au-delà de 2050 dans les mois estivaux (juin à septembre). Plus précisément, pendant les mois de juillet et août, les précipitations diminueront de moitié. La diminution est plus forte que pour les UGM à plus faible altitude, mais le niveau de précipitation reste correct.
- Du point de vue de la végétation :
 - La baisse des précipitations risque d'entraîner un changement dans la flore herbacée présente dans cette UGM surtout en sols superficiels.
 - Le stress engendré par le déficit en eau et par de fortes températures va s'accompagner de repousses chétives, épiant bas (pas de quantité, ni de qualité), voire complètement absentes, accentuant ainsi les pertes par évaporation.

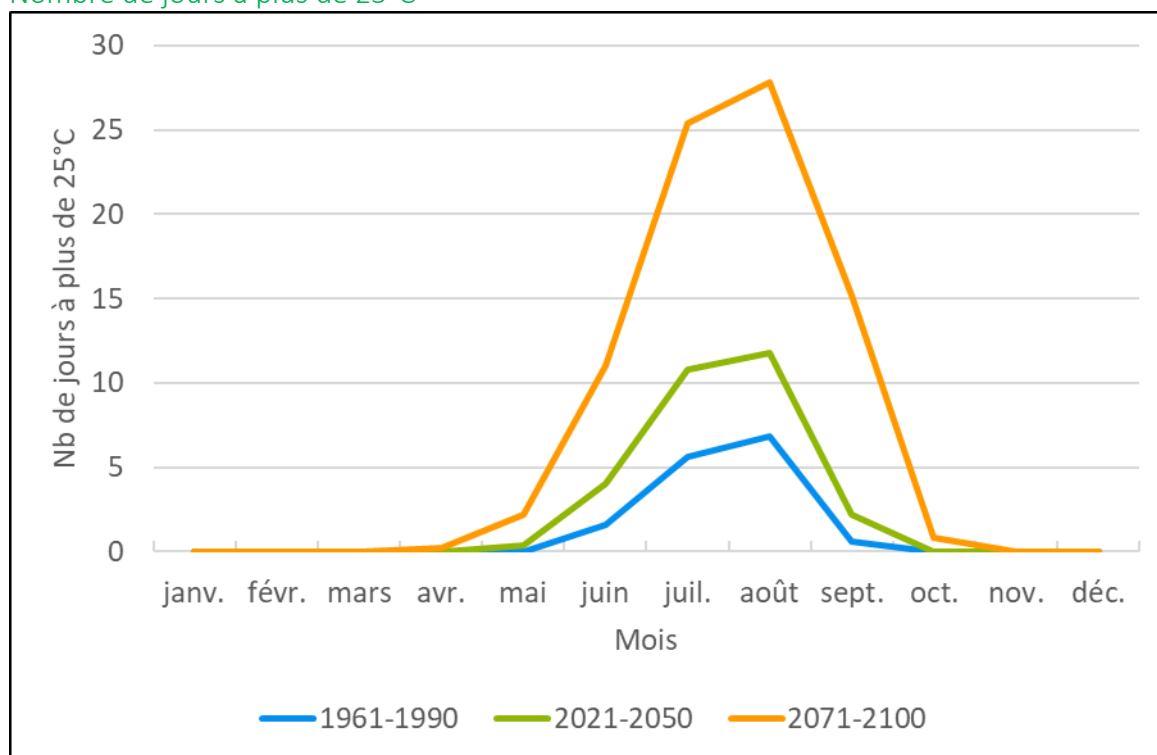
Nombre de jours de gel



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 20 | 16 | 12 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 18 |
| 2021-2050 | -8 | -5 | -5 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -4 | -4 |
| 2071-2100 | -9 | -11 | -10 | -3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -7 | -11 |

- La période gélive suit la tendance observée pour les températures : à savoir une diminution progressive de novembre à mars. (Valeurs "Passé" plus élevées que les UGM à plus faible altitude mais diminution plus marquée dans les périodes futur).
- Du point de vue de la végétation :
 - Seul le rythme nyctéméral (alternance jour et nuit) deviendra un frein à une augmentation de la durée de végétation au-delà de la température et des précipitations.

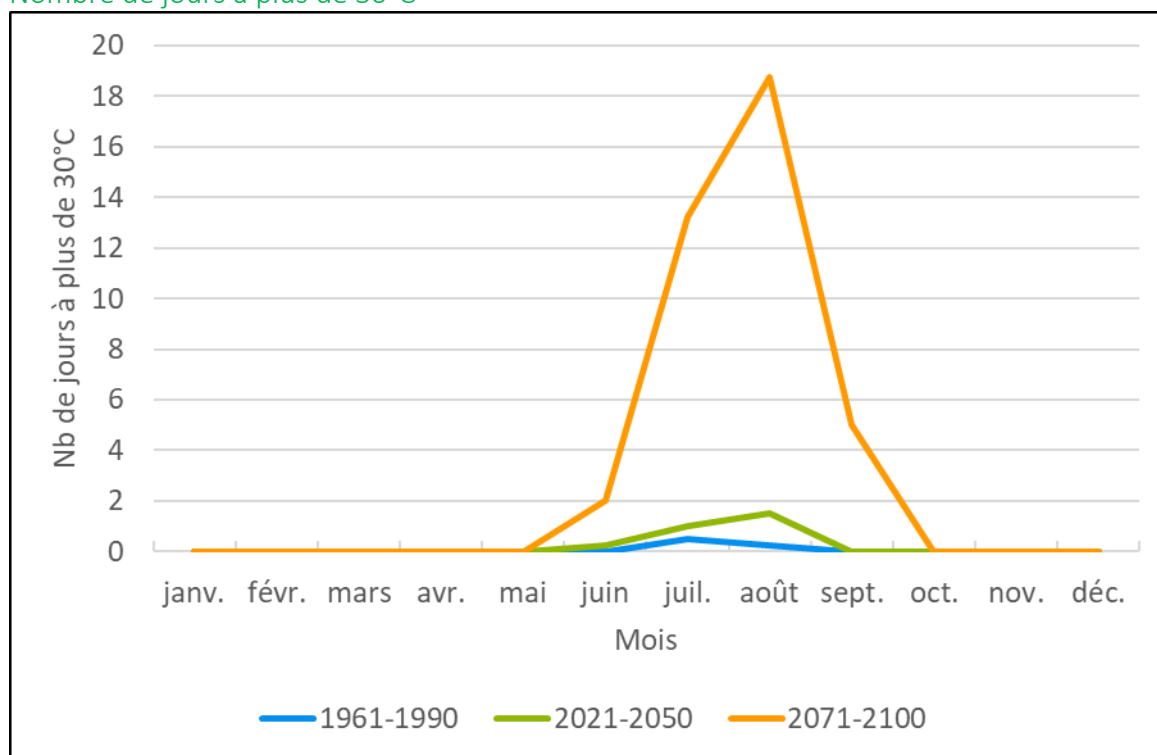
Nombre de jours à plus de 25°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +2 | +5 | +5 | +2 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | 0 | +2 | +9 | +20 | +21 | +15 | +1 | 0 | 0 |

- Le nombre de jours à plus de 25°C dépasse de moins d'une semaine supplémentaire par mois sur la période estivale de 2021-2050 et il atteint jusqu'à 3 semaines supplémentaires par mois sur la période du "Futur lointain" comparé à la période "Passé". (Evolution qui se rapproche de celles des UGM à altitude plus basse).
- Du point de vue de la végétation :
 - A ce niveau de température, la pousse du ray-grass et d'autres espèces semblables, est fortement ralentie.

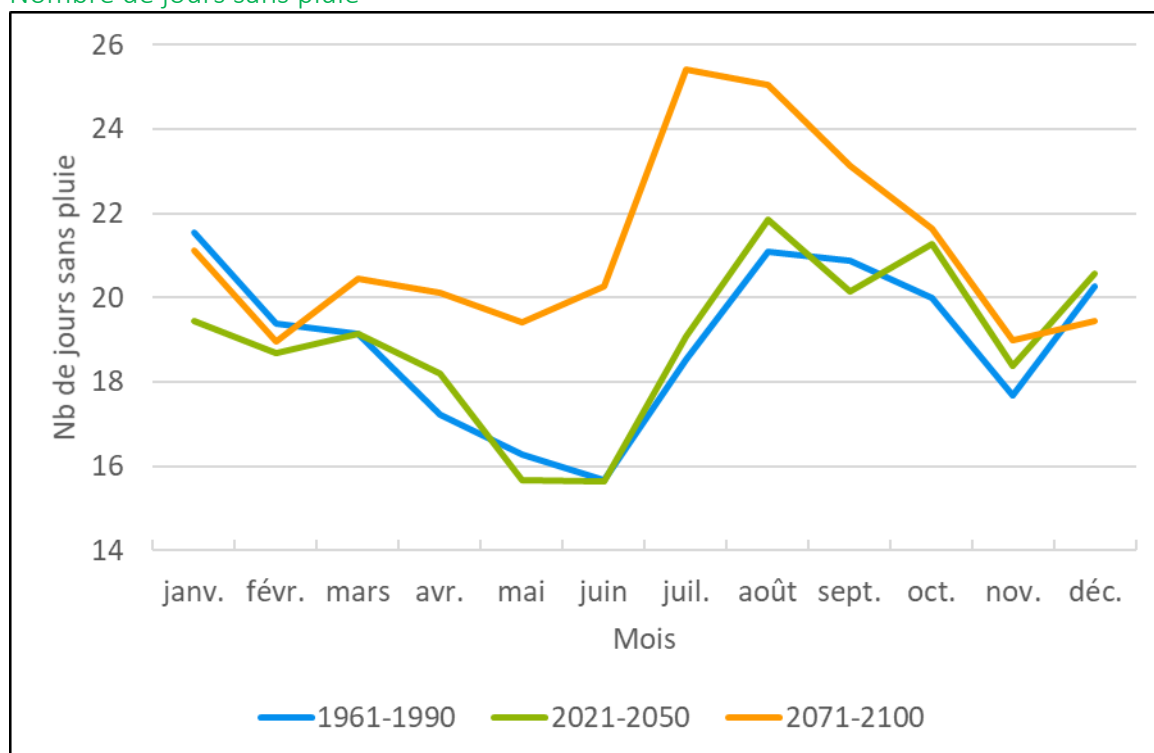
Nombre de jours à plus de 30°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +2 | +13 | +19 | +5 | 0 | 0 | 0 |

- Il n'y a pratiquement pas de jours à plus de 30°C sur la période 2021-2050. Mais, on passe à près de 2 à 3 semaines au-delà de 2050 pour les mois de juillet et août.
- Il est à noter qu'il peut y avoir des variations régionales : avec des localités dans des endroits encaissés où les températures plus fortes sont déjà plus nombreuses que dans certaines régions de la même unité géomorphologique.
- Du point de vue de la végétation :
 - A ce niveau de température, pour réussir l'implantation et leur développement, toute culture sera raisonnée selon la date de semis et le choix variétal.

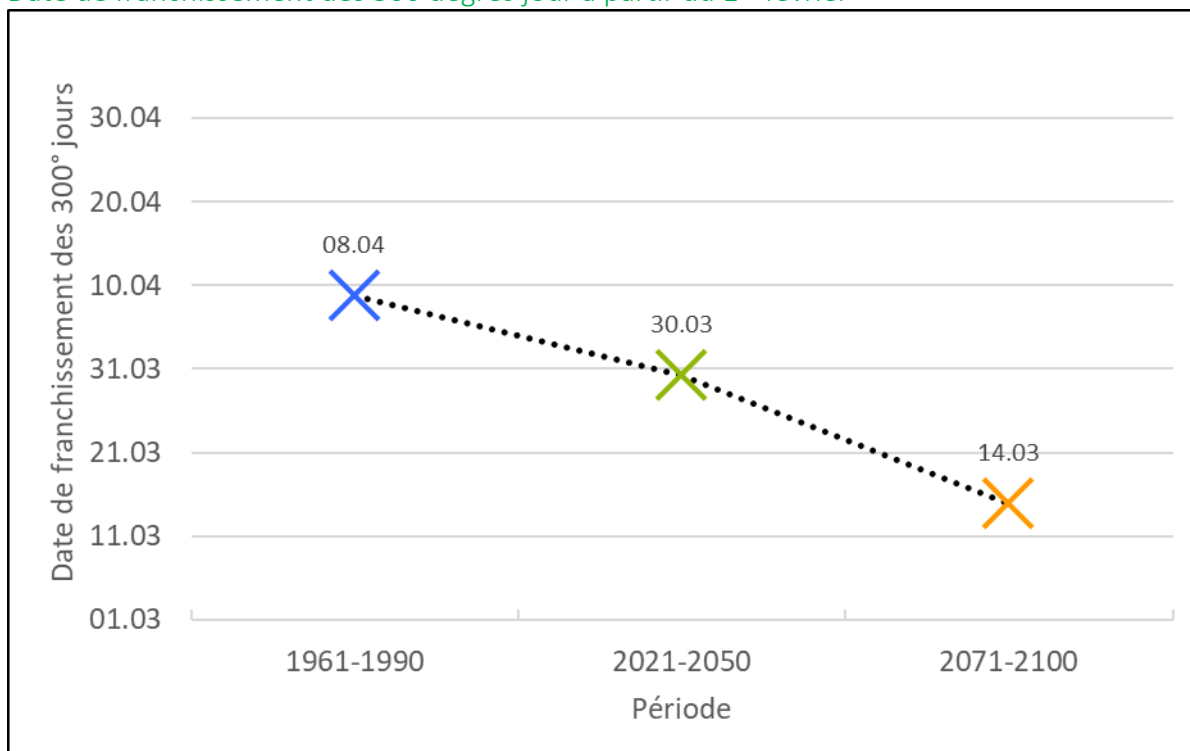
Nombre de jours sans pluie



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 22 | 19 | 19 | 17 | 16 | 16 | 19 | 21 | 21 | 20 | 18 | 20 |
| 2021-2050 | -2 | -1 | 0 | +1 | -1 | -1 | 0 | +1 | -1 | +1 | +1 | +1 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | +2 | +4 | +4 | +5 | +7 | +5 | +3 | +2 | +1 | -1 |

- Le nombre de jours sans pluie est constant sur la période de référence (1961-1990) et il n'évolue peu voire pas sur la période 2021-2050 (max. +1 jour).
- L'augmentation du nombre de jours sans pluie est marquée au-delà de 2050 d'avril à septembre avec un maximum sur les mois de juin à août. (Similarité des valeurs du "Futur Proche" sur la période 2071-2100 comparé aux UGM à faible altitude).
- Du point de vue de la végétation :
 - Pour la période 2071-2100, les travaux des champs seront peu impactés mais les conditions de pousse seront encore plus difficiles.

Date de franchissement des 300 degrés jour à partir du 1^{er} février



| | jour |
|-----------|-------|
| 1961-1990 | 08.04 |
| 2021-2050 | -10 |
| 2071-2100 | -25 |

- La date de franchissement des 300 degrés jour depuis le 1^{er} février évolue (un peu plus de 3 semaines au total) depuis le début avril pour s'avancer à fin mars durant la période 2021-2050, puis à mi-mars à partir de 2070. (L'évolution de la date de franchissement des 300 degrés jours est plus marquée ici que pour les 3 UGM à faible altitude ; néanmoins, la date de franchissement reste plus tardive).
- Ceci aura pour conséquence de pouvoir semer et de faire pâturer le bétail plus tôt.

4.4.4. Conséquences des évolutions climatiques sur les fourrages

Il est à noter que l'évolution climatique de cette zone est intermédiaire entre les UGM à faible altitude et celle du Plateau Montagnard.

Observations globales :

HERBE

- L'arrêt de la végétation va durablement se positionner durant la pleine période estivale, comme on peut déjà le constater actuellement.
- Cependant, le démarrage précoce et l'achèvement plus tardif de la saison rattrapera au moins partiellement le déficit estival.

MAÏS

- Un avancement des stades du maïs seront présents à hauteur de 1 à 3 semaines
- Le maïs sera soumis à des risques de différents stress : perturbation dans la multiplication des cellules (cas d'un stress précoce, avant grain laiteux) ou un ralentissement brutal du remplissage des grains (cas d'un stress thermique plus tardif, vers grain laiteux-pateux), le rendement en sera alors négativement impacté. Si la qualité des fourrages est dégradée (accélération de la dessiccation), les risques de refus à l'auge sont accrus
- La pression des ravageurs sera aussi plus importante

Conséquences globales :

HERBE

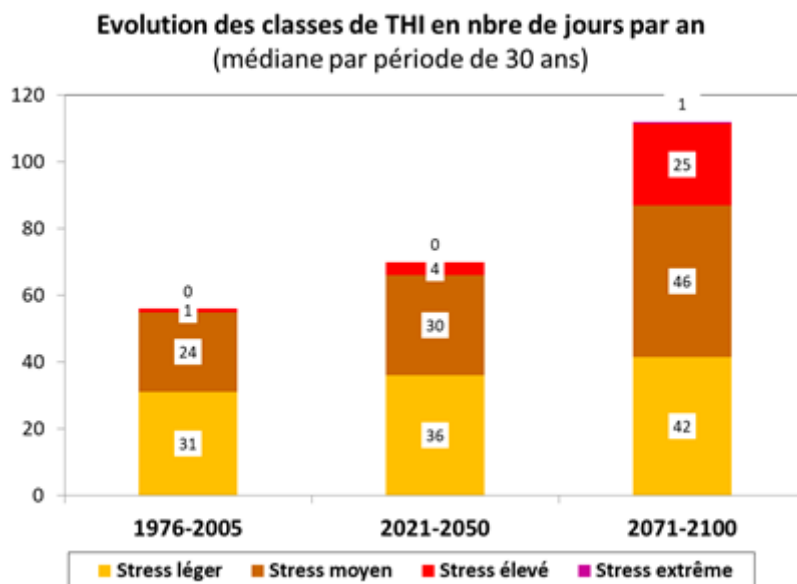
- Une gestion différente de l'herbe sera nécessaire : une sortie au pâturage et une première coupe plus précoce (dès fin avril) pour une deuxième coupe vers mi-juin.
- Une dernière récolte sera possible, si le temps le permet en septembre-octobre.
- Hormis en début de printemps, les périodes de repos des parcs devraient tendanciellement s'allonger pour laisser le temps aux prairies riches en graminées de reconstituer leurs réserves racinaires et foliaires.
- Les réserves stockées, pour les systèmes en ensilage, seront prioritairement constituées sous forme d'ensilage d'herbe/d'enrubannage, avec si possible pâturage au printemps. Pour les systèmes foin-regain, l'équipement en séchage en grange permettra de valoriser des végétations conjuguant qualité et quantité des fourrages tendres issus de prairies temporaires, et qui plus est récoltés tôt au printemps et tard en fin de saison.

MAÏS

- La tendance voulant que les jours de gel printanier soient largement réduits permettra d'avancer les dates de semis. Ceci permettra d'éviter les différentes périodes de stress dont principalement celles estivales. L'avancement des dates de semis sera aussi synonyme d'une meilleure valorisation de l'azote au vu des pluies plutôt hivernales qu'estivales. Néanmoins, attentions aux possibles problèmes de portances des sols avec les cumuls de pluie important prévus durant l'hiver et les jours de gels tardifs
- Le choix de variétés adaptées sera à prendre en compte
- Passer un certain seuil, il sera peut-être nécessaire de réfléchir à changer d'espèces avec des cultures plus résistantes au sec (par exemple : en remplaçant le maïs par du sorgho).

⇒ Rappel : Il s'agit de grandes tendances d'évolution. Des années particulières, sortant de ces années-types, peuvent se produire : tout comme l'année 2021 par exemple.

4.4.5. Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail



Source: CA39, 2021 (source interne)

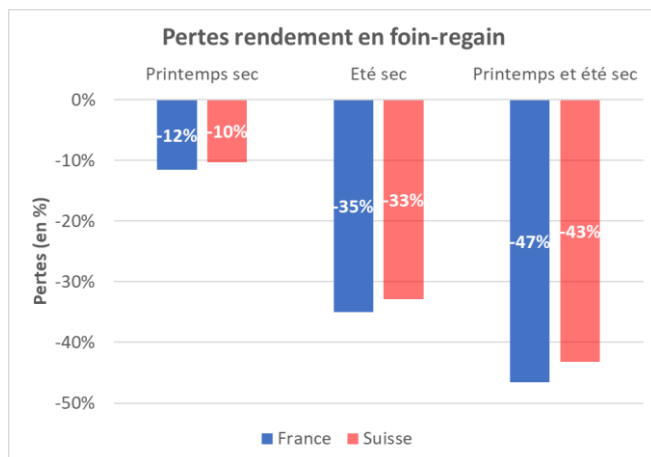
Conséquences globales :

- Jusqu'ici ("Passé"), aucun à peu de stress élevé n'était ressenti par le bétail durant les mois de juin à août. (exemple ci-dessus du THI obtenu dans la Ville de Champagne). En revanche d'ici 2100, le bétail sera impacté par plus de 20 jours de stress élevé à extrême.
- Dans ces conditions de très fortes températures, les animaux devront s'abriter sous des abris naturels ou en bâtiment.
- Lors des années de sécheresse, qui vont se répéter plus fréquemment sans toutefois devenir une norme absolue, les animaux devront être affouragés au moins partiellement au bâtiment, avec une ration hivernale. Il faudra tenir compte de cette consommation supplémentaire lors des bilans fourragers. Les volumes de stockage et la gestion des effluents devront également s'adapter.
- En cas de stationnement des animaux au bâtiment, la production de gaz à effet de serre augmentera, car le stockage des déjections ne retournera pas directement sur les surfaces et la digestibilité des fourrages sera moindre.

4.4.6. Impacts sur les productions fourragères et laitières

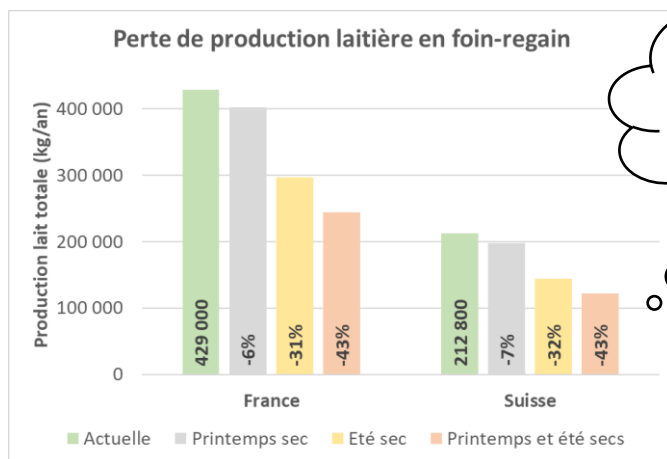
Foin-regain

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont plus fortes en France. Dans les exploitations suisses, la production fourragère repose sur l'installation de prairies temporaires et sur une utilisation plus intensive des surfaces herbagères. Cet effet tampon est moins utilisé du côté français. A noter que les différences sont moindres qu'en plaine à cause des conditions pédoclimatiques moins favorables aux prairies temporaires.

Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.

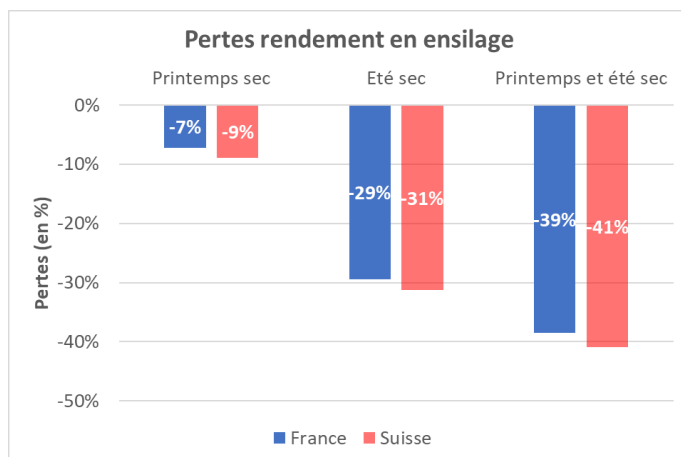


Pertes de production laitière en France après diminution du taux d'élevage de 40 à 33%

La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est similaire entre les deux pays. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) compense les différences de pertes de fourrages enregistrées par rapport à la Suisse, avec l'aide aussi d'un niveau de production par vache plus faible (F : 6'600 kg ↔ CH : 7'600 kg).

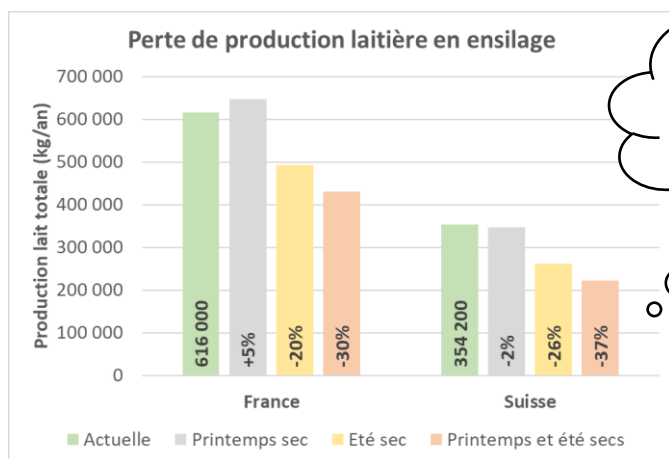
Ensilage maïs

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont légèrement plus fortes en Suisse. En effet, une ration plus herbagère que les exploitations françaises et un moindre recours aux prairies temporaires (en comparaison à la plaine avec des conditions pédoclimatiques moins favorables) expliquent ce résultat.

Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.

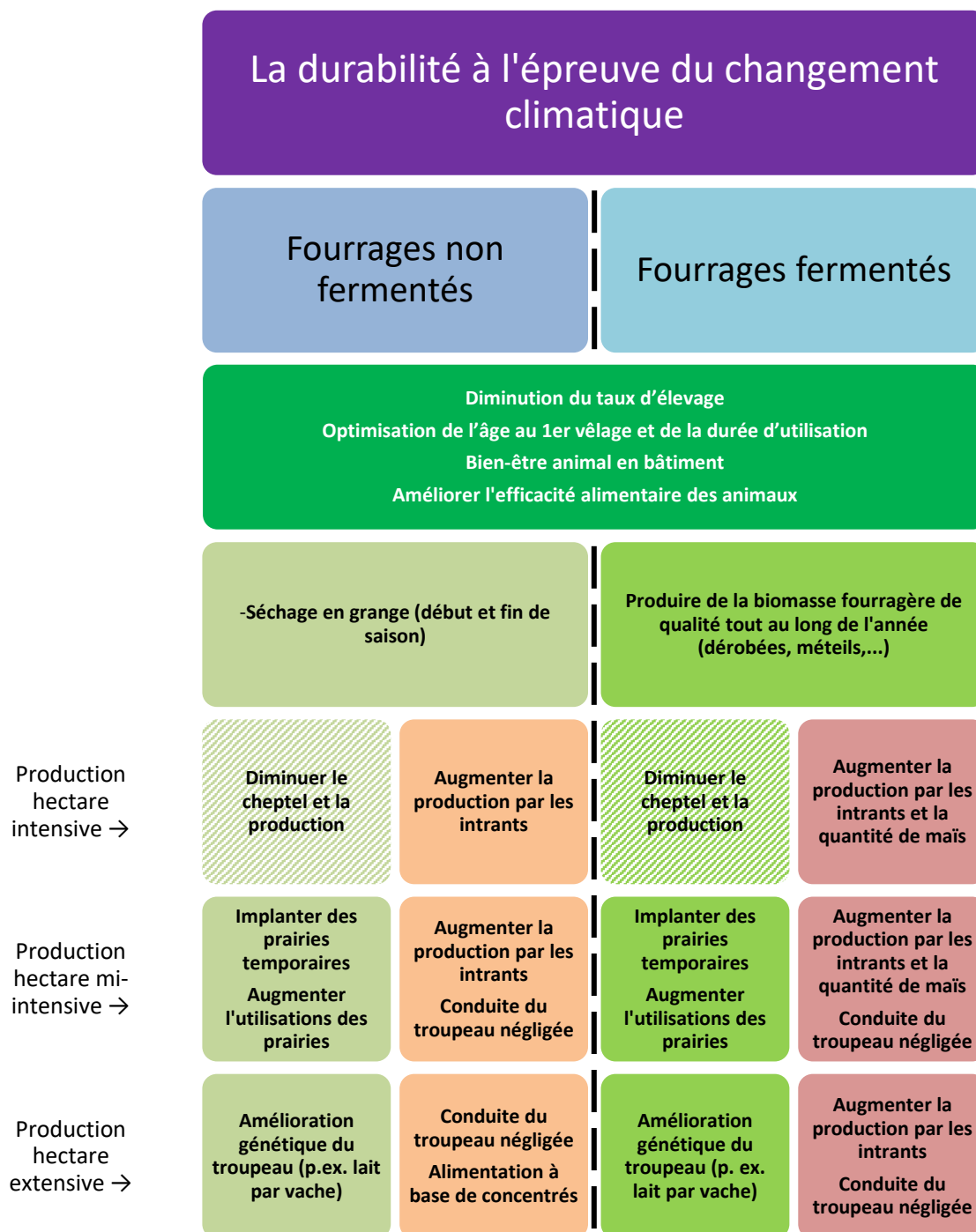


Pertes de production laitière en France après diminution du taux d'élevage de 40 à 33%

La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est plus importante en Suisse, à l'image du résultat sur les pertes de rendements fourragers. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) accentue cette différence de pertes de production laitière, d'autant plus que le niveau de production par vache est comparable (7'700 kg).

4.4.7. Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables

Les leviers d'adaptation au changement climatique développés ci-dessous ont été réfléchis dans un maintien, voire une amélioration de la durabilité sur les exploitations. Par niveau de production par hectare (basés sur la typologie environnementale de l'étape 2), des leviers d'adaptation sont possibles.



Leviers dans les couleurs vertes = positif / Leviers dans les couleurs oranges-rouges = négatif

4.5. Unité géomorphologique : Plateau montagnard

4.5.1. Définition synthétique

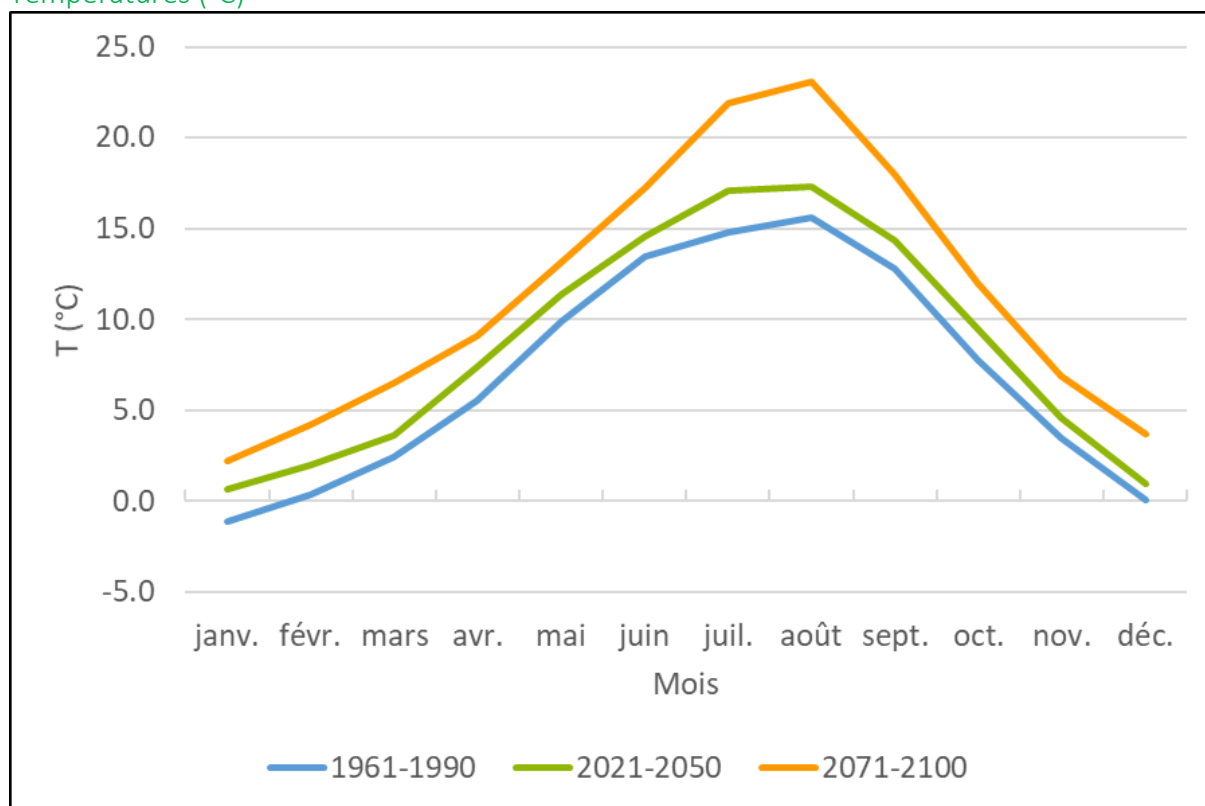
| | 1961-1990 | 2021-2050 | 2071-2100 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Températures annuelles (°C) (médiane) | 6.9 | 8.6 | 11.4 |
| Précipitation annuelles (mm) (médiane) | 1315 | 1422 | 1153 |
| 300 degrés jours (date) (médiane) | 26 avril | 06 avril | 25 mars |

4.5.2. Types sols

- Un grand type de sol se distingue du point de vue de la circulation de l'eau et de l'air :
 - Un sol aéré, peu profond à superficiel de nature argilo-calcaire, parfois contigus sur quelques mètres.

4.5.3. Présentation de différents graphiques mensuels

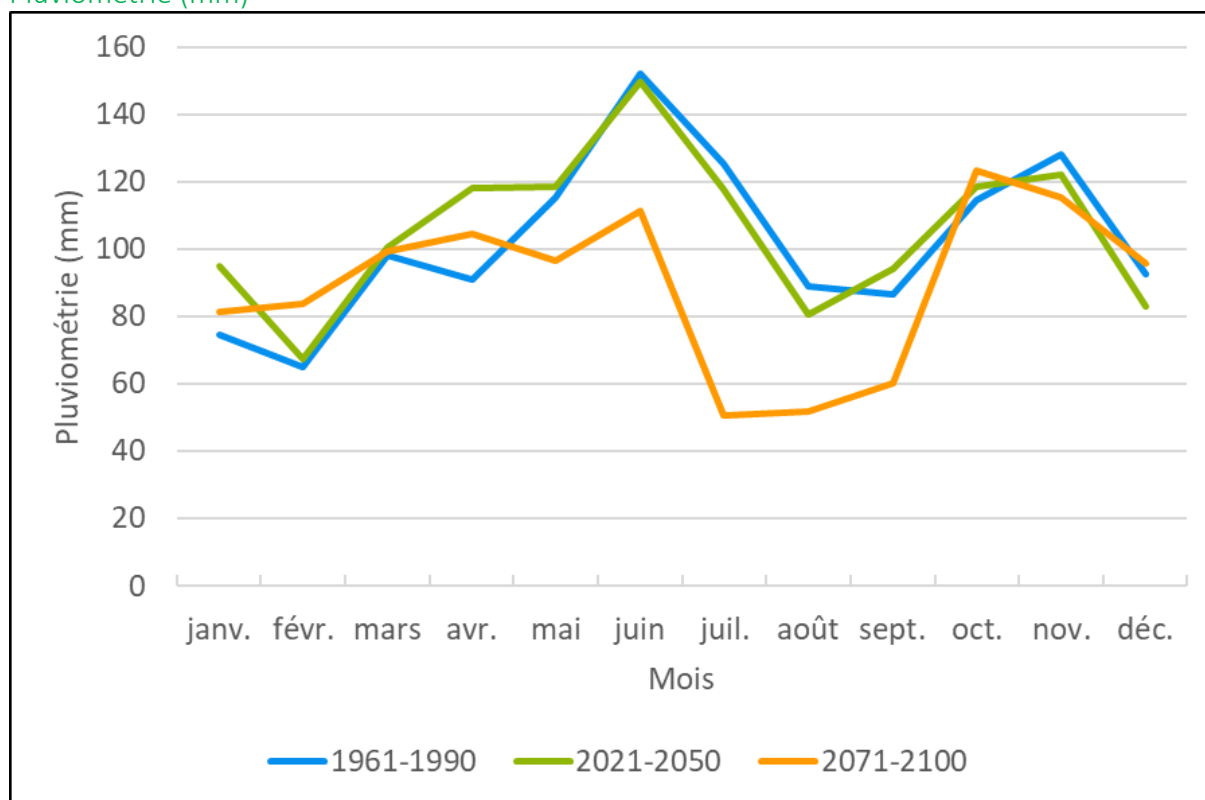
Températures (°C)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | -1.2 | 0.3 | 2.4 | 5.5 | 9.9 | 13.4 | 14.8 | 15.6 | 12.8 | 7.8 | 3.5 | 0.1 |
| 2021-2050 | +1.8 | +1.6 | +1.2 | +1.8 | +1.4 | +1.1 | +2.3 | +1.8 | +1.6 | +1.7 | +1.1 | +0.9 |
| 2071-2100 | +3.3 | +3.9 | +4.1 | +3.5 | +3.2 | +3.8 | +7.2 | +7.5 | +5.2 | +4.2 | +3.4 | +3.6 |

- Les températures vont légèrement augmenter sur la période "Futur proche", tout au long de l'année (+1 à +2°C). L'augmentation des températures sera marquée au-delà de 2050 et plus particulièrement sur les mois de juillet à octobre, ainsi que mars. (Valeurs "Passé" légèrement plus basse que pour l'UGM Plateau Moyen mais évolution similaire).
- Du point de vue de la végétation :
 - En été, la végétation se maintiendra malgré la hausse des températures pour la période du "Futur lointain".

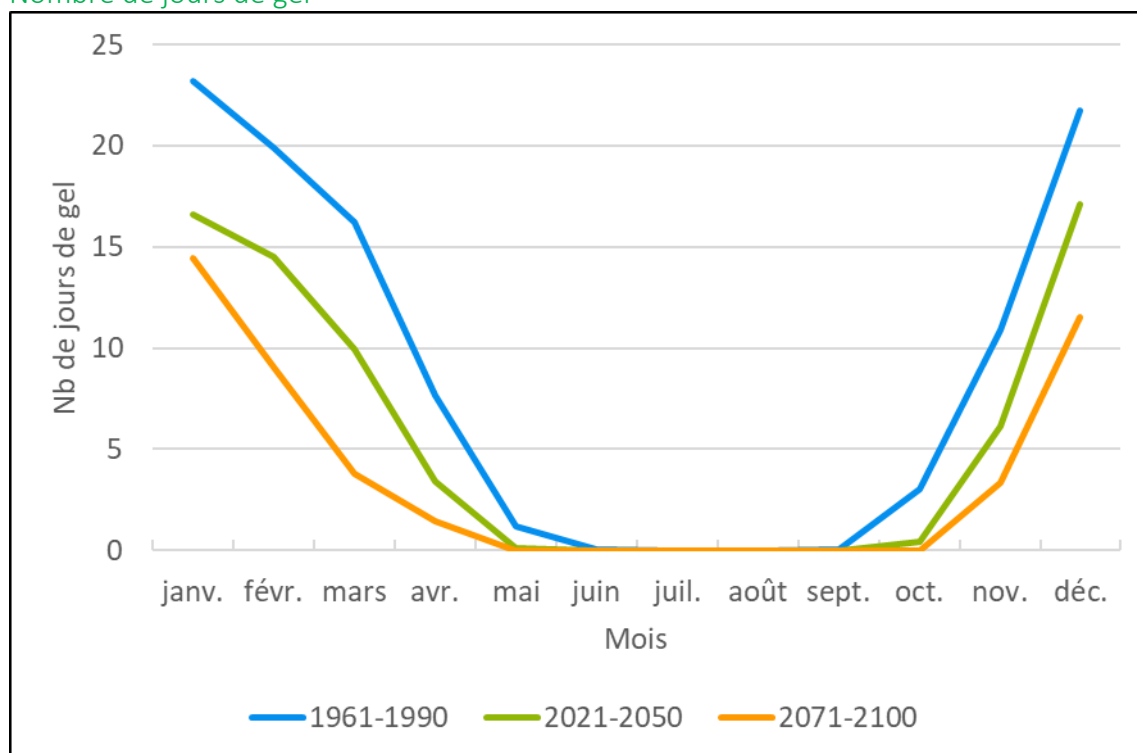
Pluviométrie (mm)



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 74 | 65 | 98 | 91 | 115 | 152 | 125 | 89 | 87 | 114 | 128 | 93 |
| 2021-2050 | +20 | +2 | +3 | +27 | +4 | -3 | -7 | -8 | +7 | +4 | -6 | -10 |
| 2071-2100 | +7 | +19 | +1 | +14 | -19 | -41 | -75 | -37 | -26 | +9 | -13 | +3 |

- Sur la période 2021-2050, la tendance haussière des températures pourra localement être accompagnée de précipitations au moins égales, voire légèrement supérieures à la période "Passé" surtout en janvier et en avril.
- Le déficit de précipitations est marqué au-delà de 2050 dans les mois estivaux (mai à septembre). Plus précisément, pendant les mois de juillet voire août, les précipitations diminueront de plus de moitié. La diminution est plus forte que pour les UGM à plus faible altitude, mais le niveau de précipitation reste plus élevé que ces dernières.
- Du point de vue de la végétation :
 - Le stress engendré par le déficit en eau et par de fortes températures va s'accompagner d'un ralentissement de la croissance de l'herbe voire d'un arrêt total pour les zones à sols très superficiels.

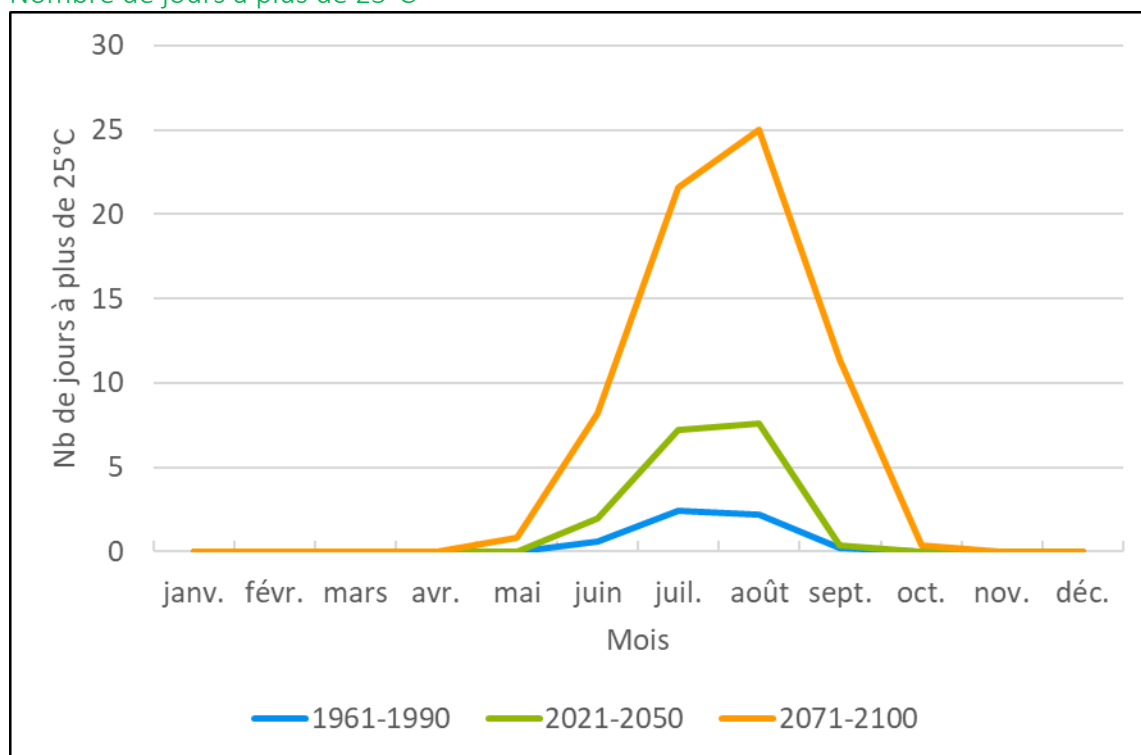
Nombre de jours de gel



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 23 | 20 | 16 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 11 | 22 |
| 2021-2050 | -7 | -5 | -6 | -4 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | -5 | -5 |
| 2071-2100 | -9 | -11 | -12 | -6 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | -8 | -10 |

- La période gélive suit la tendance observée pour les températures, une diminution progressive de novembre à mars. (Tendance similaire à celle de l'UGM du Plateau Moyen).
- Du point de vue de la végétation :
 - Le départ de la végétation pourra être plus rapide, car les périodes de gel seront moins importantes en fin d'hiver (sauf certains zones locales, ex : fond de vallée perchée) principalement pour la période "Futur lointain".

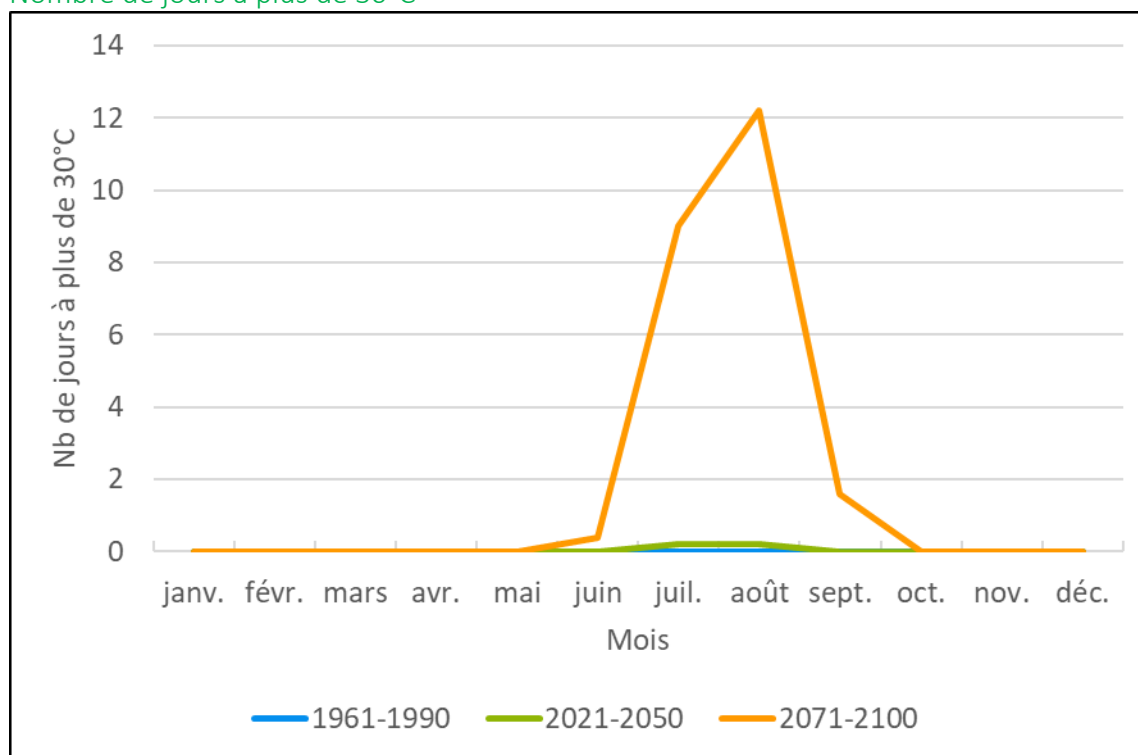
Nombre de jours à plus de 25°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +5 | +5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | +8 | +19 | +23 | +11 | 0 | 0 | 0 |

- Le nombre de jours à plus de 25°C dépasse de moins d'une semaine supplémentaire par mois sur la période estivale de 2021-2050 et il atteint jusqu'à 3 semaines supplémentaires par mois sur la période du "Futur lointain" comparé à la période "Passé". (Evolution similaire à celle de l'UGM de Plateau Moyen).
- Du point de vue de la végétation :
 - La hausse des températures pendant les mois de juillet à août pourrait jouer un impact positif sur la pousse de l'herbe si les précipitations sont suffisantes et selon le type de sol (drainant ou non).

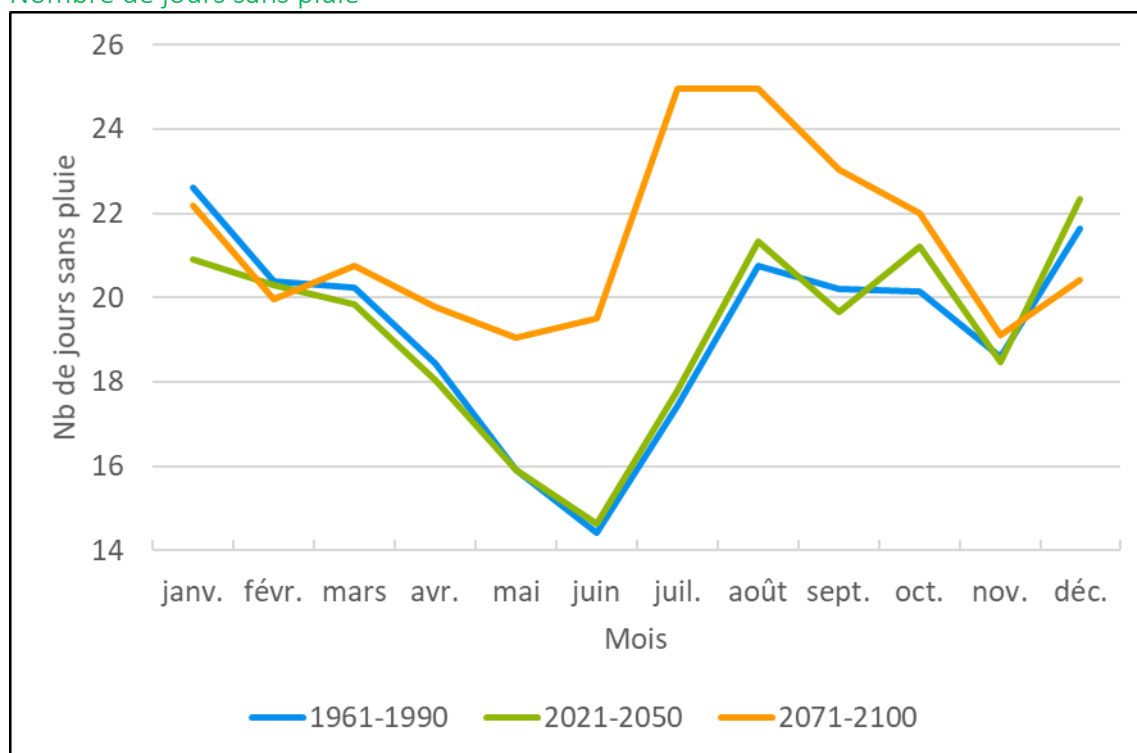
Nombre de jours à plus de 30°C



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2021-2050 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2071-2100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +9 | +12 | +2 | 0 | 0 | 0 |

- Le nombre de jours à plus de 30°C ne change pas sur la période 2021-2050 et il atteint jusqu'à près de 2 semaines supplémentaires sur le mois d'août sur la période 2071-2100. (Valeurs légèrement similaires à celles de l'UGM du Plateau Moyen bien que plus faibles).
- Du point de vue de la végétation :
 - A ce niveau de température, on pourra observer une modification de la flore herbacée ; Par ailleurs, la pousse des espèces de graminées sera ralentie.

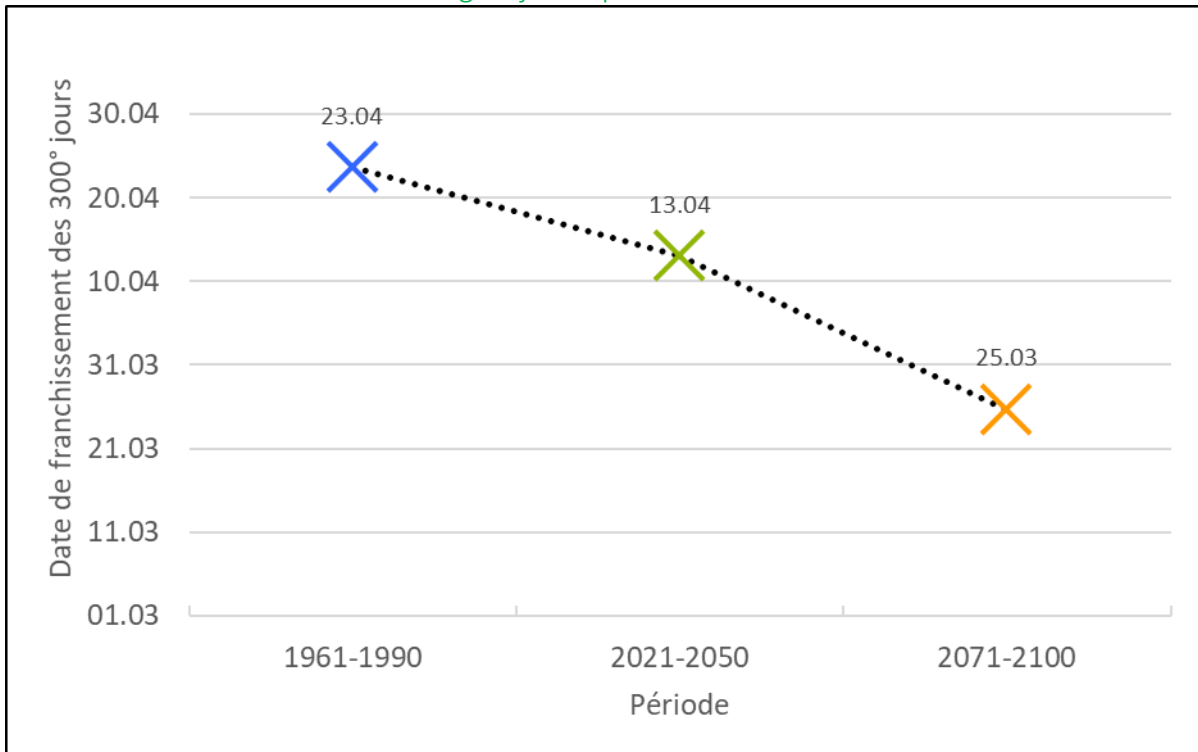
Nombre de jours sans pluie



| | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|-----------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| 1961-1990 | 23 | 20 | 20 | 18 | 16 | 14 | 17 | 21 | 20 | 20 | 19 | 22 |
| 2021-2050 | -1 | +1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +1 | -1 | +1 | 0 | +2 |
| 2071-2100 | +1 | 0 | +1 | +2 | +4 | +5 | +8 | +5 | +3 | +2 | 0 | -1 |

- Le nombre de jours sans pluie évolue peu sur la période 2021-2050 (max. +2 jours).
- L'augmentation du nombre de jours sans pluie est marquée au-delà de 2050 sur les mois estivaux de juin à août dont par exemple 1 semaine en plus sur le mois de juillet comparé à la période "Passé".
- Du point de vue de la végétation :
 - Pour la période 2071-2100, les conditions de pousses estivales pourraient être plus difficiles (ralentissement voire arrêt dans les contextes les plus contraignants).

Date de franchissement des 300 degrés jour à partir du 1^{er} février



| | jour |
|-----------|-------|
| 1961-1990 | 23.04 |
| 2021-2050 | -10 |
| 2071-2100 | -28 |

- La date de franchissement des 300 degrés jour depuis le 1^{er} février évolue (4 semaines au total) depuis la 3^{ème} semaine d'avril pour s'avancer à la mi-avril durant la période 2021-2050, puis à fin mars au-delà de 2050. (L'évolution de la date de franchissement des 300 degrés jours est plus marquée ici que pour les 4 autres UGM; néanmoins, la date de franchissement finale reste plus tardive).

4.5.4. Conséquences des évolutions climatiques sur la végétation

Il est à noter que l'évolution climatique globale de cette zone est comparable à celle aussi observée sur le Plateau Moyen mais reste moins marquée (zone plus favorable en période "Passé").

Observations globales :

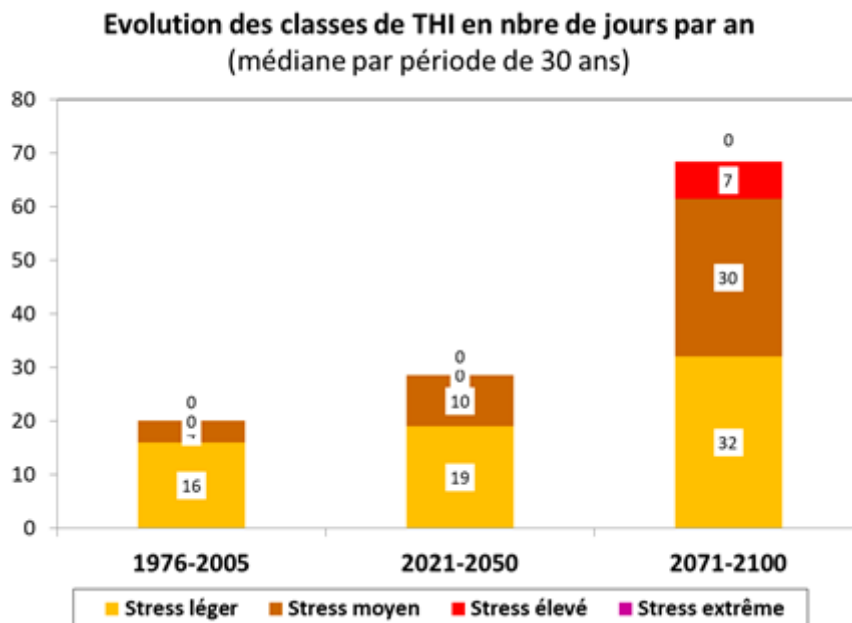
- Un ralentissement de la végétation pourrait se positionner durant la pleine période estivale.
- Le démarrage précoce (voire une possible opportunité d'un achèvement tardif) de la saison pourrait permettre d'équilibrer voire d'augmenter la quantité de fourrage en été.

Conséquences globales :

- Une gestion différente de l'herbe sera nécessaire : une sortie au pâturage et une première coupe plus précoce (mi mai) si les conditions de portance le permettent pour une deuxième coupe vers début juillet. La récolte printanière des fourrages continuera de dépendre des fenêtres météo favorables.
- Une dernière récolte sera possible, si les conditions le permettent en septembre.
- Pour les systèmes foin-regain, l'équipement en séchage en grange permettra de valoriser des récoltes fourragères précoces, conjuguant qualité et quantité.

⇒ Rappel : *Il s'agit de grandes tendances d'évolution. Des années particulières, sortant de ces années-types, peuvent se produire : tout comme l'année 2021 par exemple.*

4.5.5. Conséquences des évolutions climatiques pour le bétail



Source: CA39, 2021 (source interne)

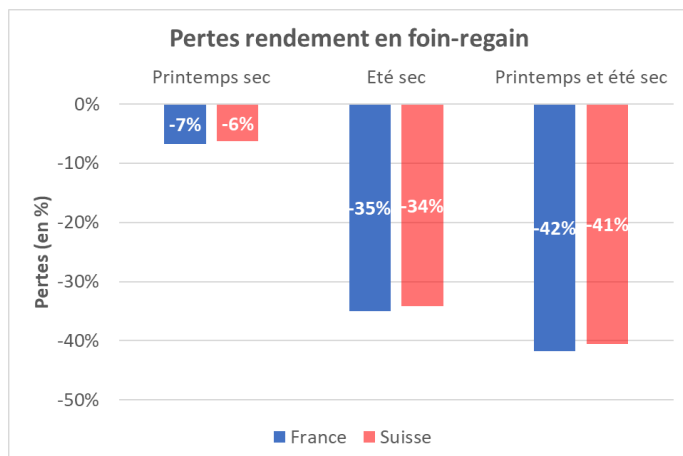
Conséquences globales :

- Jusqu'ici ("Passé"), aucun stress élevé n'était ressenti par le bétail durant les mois de juin à août. (exemple ci-dessus du THI obtenu dans la localité de Bellecombe). En revanche d'ici 2100, le bétail sera impacté par environ une semaine de stress élevé.
- Lors des journées le plus chaudes, les animaux devront s'abriter sous des abris naturels ou en bâtiment.
- Des conditions d'alimentation hivernale pourront peut-être prendre place entre mi-juillet et mi-août où la pâture des animaux pourra être complétée par des fourrages (conservés ou vert). En situation plus pessimiste (conditions défavorables à la pousse herbagère, confort bétail ...etc), les animaux pourraient se trouver en bâtiment en période estivale. Dans ce cas-ci, la production de gaz à effet de serre augmentera, car le stockage des déjections ne retournera pas directement sur les surfaces et la digestibilité des fourrages sera moindre.

4.5.6. Impacts sur les productions fourragères et laitières

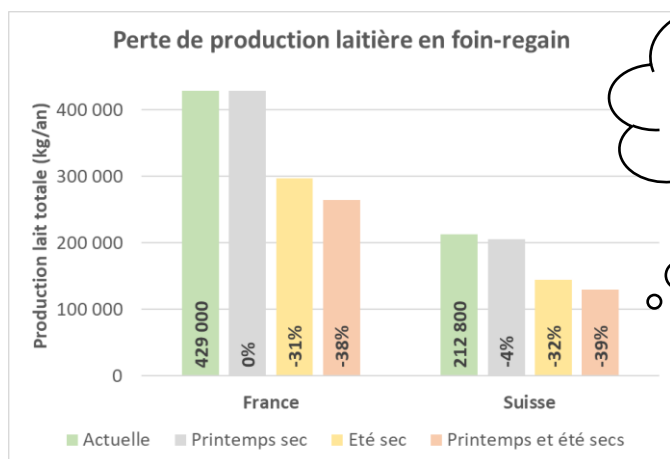
Foin-regain

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont similaires entre les deux pays. A noter que les différences sont moindres qu'en zones de plaine et intermédiaire à cause des conditions pédoclimatiques moins favorables aux prairies temporaires.

Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.

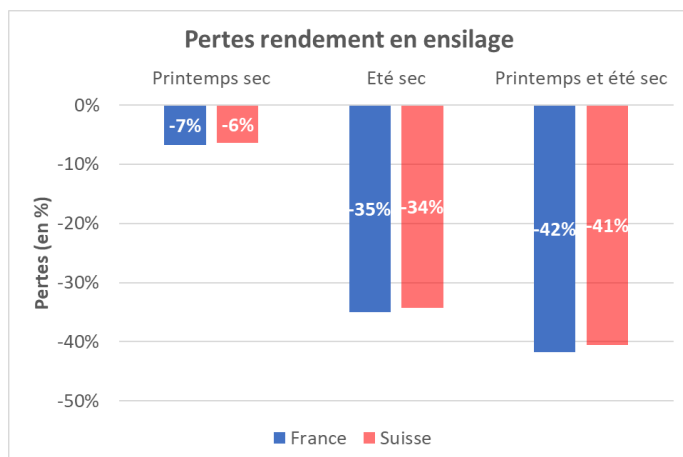


Pertes de production laitière en France après diminution du taux d'élevage de 40 à 33%

La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est similaire entre les deux pays. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) n'accentue pas les différences de pertes de production laitière par rapport à la Suisse, malgré le niveau de production par vache plus faible (F : 6'600 kg ↔ CH : 7'600 kg).

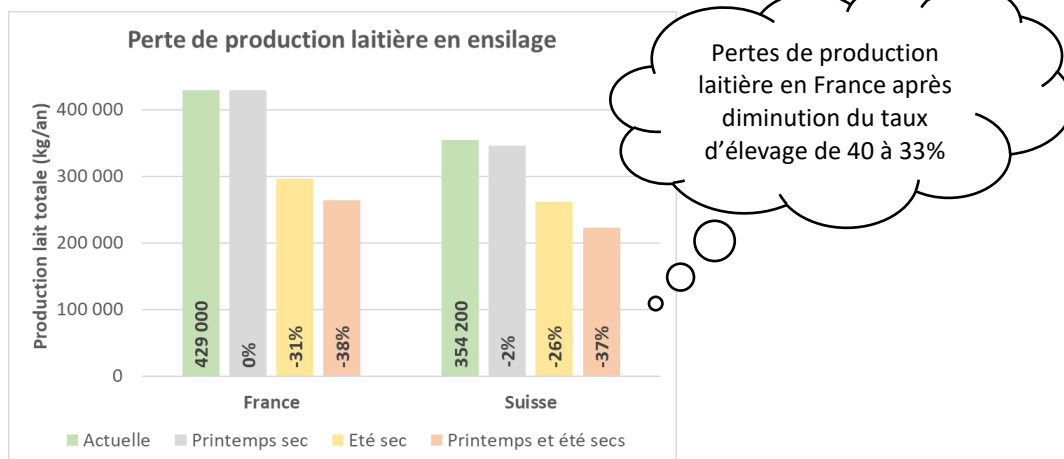
Ensilage maïs

Les pertes de fourrages en cumulant printemps et été secs sont très marquantes.



Les baisses de rendements fourragers (voir graphique ci-dessus) sont similaires entre les deux pays. A noter que les différences sont moindres qu'en zones de plaine et intermédiaire à cause des conditions pédoclimatiques moins favorables aux prairies temporaires, ainsi qu'avec aucun apport en ensilage maïs dans la ration.

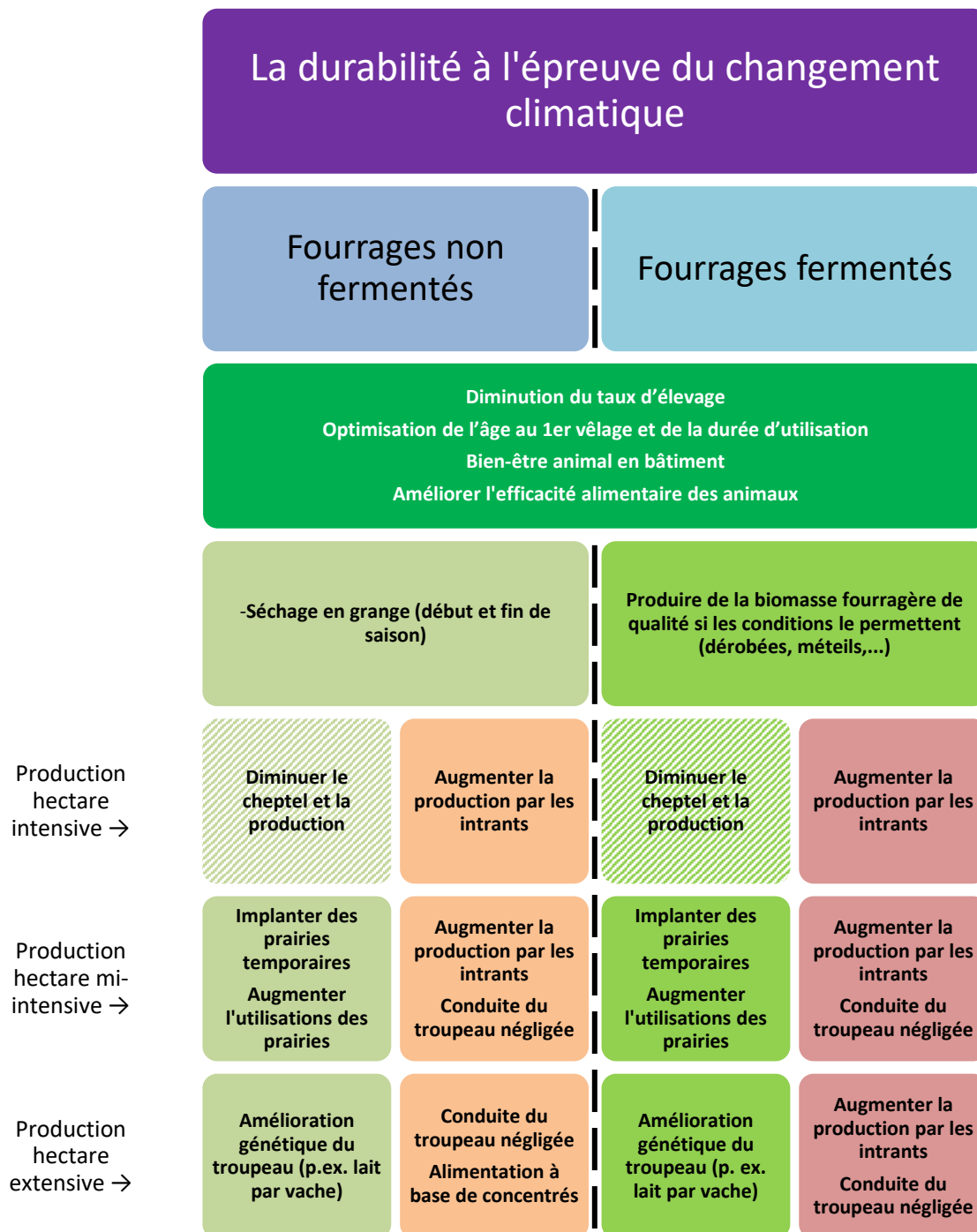
Les pertes de production laitière en cumulant printemps et été secs sont très préoccupantes pour les filières et la santé économique des exploitations.



La diminution de la production laitière (voir graphique ci-dessus) est similaire entre les deux pays. Dans les exploitations françaises, la diminution du taux d'élevage (40% → 33%) n'accentue pas les différences de pertes de production laitière par rapport à la Suisse, malgré le niveau de production par vache plus faible (F : 6'600 kg ↔ CH : 7'600 kg).

4.5.7. Synthèse des leviers d'adaptation à l'évolution du climat pour des systèmes d'élevage durables

Les leviers d'adaptation au changement climatique développés ci-dessous ont été réfléchis dans un maintien, voire une amélioration de la durabilité sur les exploitations. Par niveau de production par hectare (basés sur la typologie environnementale de l'étape 2), des leviers d'adaptation sont possibles.



Leviers dans les couleurs vertes = positif / Leviers dans les couleurs oranges-rouges = négatif

BIBLIOGRAPHIE

- Chambre Régionale d'Agriculture de Franche Comté (CRA FC). 1995. Carte des sols de Franche Comté. Référentiel Régional Agronomique. Document interne.

- EVA JURA. 2021. Espèces fourragères alternatives. [en ligne]. Disponible sur: <https://evajura.com/recherche/esp%C3%A8ces+fourrag%C3%A8res> .

- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). 2014. Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse. [en ligne]. Disponible sur : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf

- Levrault.F. 2020. L'outil ClimA-XXI dans le réseau des Chambres d'agriculture : les raisons d'une success story. *Fourrages*, (244), pp.69-72 – Disponible sur : www.afpf-asso.fr

- Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse. Non datée. National Centre for Climate Services (NCCS) et IDAWEB. [en ligne]. Disponible sur: <https://www.meteosuisse.admin.ch/home/recherche-et-collaboration/nccs.html> et <https://www.meteosuisse.admin.ch/home/service-et-publications/conseil-et-service/portail-de-donnees-pour-l-enseignement-et-la-recherche.html> .

- Paysan Breton. 2020. Le confort climatique n'est pas uniforme dans l'étable. [en ligne]. Disponible sur: <https://www.paysan-breton.fr/2020/09/le-confort-climatique-nest-pas-uniforme-dans-letable/> .

- Recherche Agronomique Suisse 8 (6) : PRIF 2017 – Chap. 9, p. 3-5

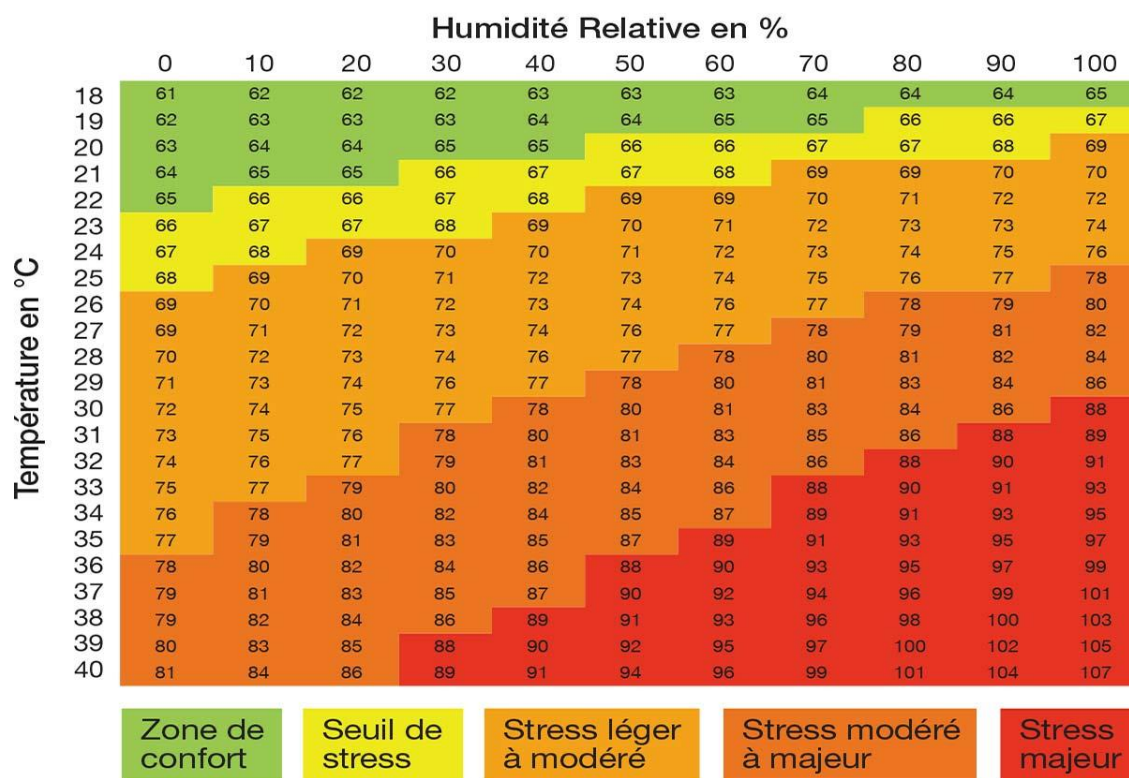
- SCAMPEI (Scénarios Climatiques Adaptés aux zones de Montagne : Phénomènes extrêmes, Enneigement et Incertitudes). Non datée. Projet SCAMPEI: M. Rousselot, Y. Durand, G. Giraud, L. Mérindol, M. Déqué GAME/CNRM-CEN (CNRS/Météo-France). [en ligne]. Disponible sur: <http://www.umr-cnrm.fr/scampe/communes/index.php>

ANNEXE 1 : T.H.I. : Temperature Humidity Index

→ traduction du stress thermique des bovins

L'évolution climatique va aussi avoir un impact négatif sur les animaux. Une thermorégulation des bovins est nécessaire dès 15 °C et un stress thermique est atteint et démarre à 22 °C quand il y a 50% d'humidité. En stress thermique, les vaches boivent plus, mangent moins, ruminent moins. Ce stress thermique peut être traduit à l'aide d'un indicateur : les classes de THI (Temperature Humidity Index). Il est calculé à partir de la température et de l'humidité. Le stress peut être décrit comme léger, moyen, élevé et extrême.

T.H.I. Indice température humidité pour les vaches laitières.



Source : Paysan Breton, 2020