



POUR L'ADAPTATION DES ÉLEVAGES LAITIERS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'élevage bovin laitier est confronté au changement climatique :

- Comment le climat va évoluer ?
- Avec quelles conséquences sur les cultures fourragères, sur l'alimentation des animaux ?
- Comment s'adapter à ces évolutions ?

Le 5^e rapport du GIEC établit que le changement climatique est dorénavant sans équivoque. Dans cette perspective, il convient donc d'anticiper les changements et de proposer des pistes d'adaptation.

Les instances dirigeantes du CNIEL ont demandé un programme d'accompagnement de la filière laitière pour s'adapter aux évolutions climatiques. En réponse, l'Institut de l'Élevage, en partenariat avec Arvalis, le BTPL, les Chambres d'agriculture, l'Inra et Météo France, a proposé un programme sur cette thématique essentielle pour l'avenir de la production laitière.

L'objectif de CLIMALAIT est d'évaluer les impacts du changement climatique, à moyen et/ou long terme, sur les différents systèmes d'élevages laitiers français et de fournir aux éleveurs et aux conseillers des pistes d'adaptation. Le principe de l'étude est de travailler sur un nombre limité d'Unités Laitières, représentant les principales zones de production laitière en France, d'y décrire les évolutions du climat dans le passé récent et dans le futur (à l'aide de sorties de modèles climatiques), puis d'évaluer les impacts du changement climatique sur les cultures et de proposer des adaptations.

La méthodologie détaillée est décrite en annexe.

Les attendus peuvent se résumer ainsi :

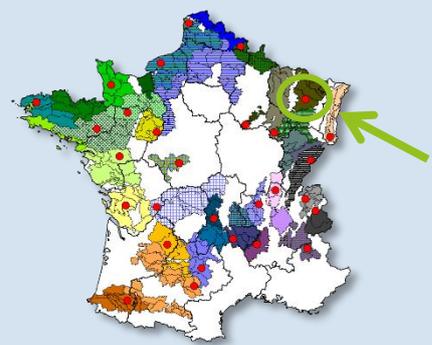
- ✓ Un zonage de la France en une trentaine d'Unités Laitières Agroclimatiques représentatives de la diversité des contextes de production du lait en France (voir ci-contre),
- ✓ Des données sur l'évolution du climat à l'échelle de chacune de ces zones,
- ✓ Les impacts du changement climatique, sur des systèmes d'élevage de chacune de ces zones,
- ✓ Des pistes d'adaptation possibles pour les différents systèmes d'élevage.

Les travaux ont été menés en partenariat étroit avec des conseillers et des éleveurs de chacune des Unités Laitières Agroclimatiques.

Ici, vous trouverez les résultats pour le plateau Lorrain (54)

DES RÉSULTATS

pour le plateau Lorrain



Carte présentant les 30 unités laitières agroclimatiques

Au sommaire :

La Région Agricole du plateau Lorrain	2
Climat de la zone.....	3
L'évolution prévue des rendements des cultures fourragères (et de la saisonnalité de la production pour les prairies).....	6
Conséquences à l'échelle des systèmes et adaptations possibles.....	9
Conclusions	15
Annexes.....	16

Glossaire

ETP : Évapotranspiration
GES : Gaz à Effet de Serre
MCPI : Mélanges Céréales Protéagineux Immatures
RA : Région Agricole
RGA : Recensement Général Agricole
SAU : Surface Agricole Utile / SFP : Surface Fourragère Principale
THI : <i>Temperature Humidity Index</i>
UGB : Unité Gros Bétail
UTA : Unité de Travail Annuel
VA : Vache Allaitante / VL : Vache Laitière

La Région Agricole du plateau Lorrain

Comme partout en France, la SAU moyenne par exploitation augmente à un rythme soutenu (de l'ordre de + 28 % entre 2000 et 2010), sans que la main d'œuvre augmente au même rythme (+ 7 % entre 2000 et 2010). Cela condamne les éleveurs, là comme ailleurs, à faire de constants gains de productivité sur le plan du travail.

	UTA	SAU (ha)	Grandes cultures (ha)	SFP (ha)	Dont maïs fourrage (ha)	Nb total d'UGB	Nb de VL
En 2010	2,3	154	64	90	22	125	55
Évolution entre 2000 et 2010 (% de 2000)	+7%	+28%	+30%	+26%	+32%	+28%	+28%

Caractéristiques structurelles moyennes des exploitations laitières de la zone (d'après RGA SSP, traitement Idele, C. Perrot).

Le nombre d'animaux par exploitation suit la même tendance : les troupeaux laitiers comme allaitants se sont agrandis entre 2000 et 2010. La SFP a elle aussi augmenté, à un rythme semblable à celui des effectifs de bovins. De

ce fait, le chargement apparent est resté aux alentours de de 1,4 UGB/ha de SFP.

Le quota moyen pour la dernière campagne (2014-2015) a atteint 393 000 litres par exploitation, soit environ 7 150 L/VL.

Avec environ 40 % de la SAU occupée par des grandes cultures, les systèmes en polyculture-élevage sont dominants. La SFP est en grande partie occupée par des prairies permanentes (les surfaces en prairie depuis au moins 6 ans occupaient plus de 70 % de la SFP en 2010, en Meurthe-et-Moselle). On trouve également des prairies temporaires, du maïs fourrage... Les surfaces en céréales apportent aussi des possibilités d'utilisation directe (via l'ensilage de céréales immatures) ou d'implantation de cultures intermédiaires.

Le plateau Lorrain n'échappe pas à l'agrandissement des exploitations. Le cheptel laitier suit la même évolution, bien que restant de taille limitée. Les systèmes laitiers en polyculture-élevage sont majoritaires, avec une part importante de prairies permanentes, auxquelles s'ajoutent des prairies temporaires, du maïs fourrage et des céréales.

Climat de la zone

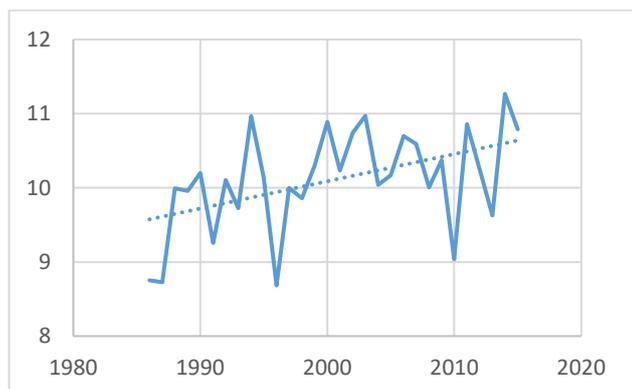
Le climat actuel de la zone (voir cartes en annexe 2)

Le climat du plateau Lorrain est de type semi-continentale (carte a) avec des températures froides (carte b) entraînant un repos hivernal de la végétation relativement long (carte f) et une date de mise à l'herbe théorique début avril (carte d). Le cumul annuel des précipitations est moyen (carte c) et la sécheresse agronomique estivale est courte (carte e).

Évolution récente du climat

Les données météorologiques des trente dernières années ont été recueillies sur la commune de Bayon (54).

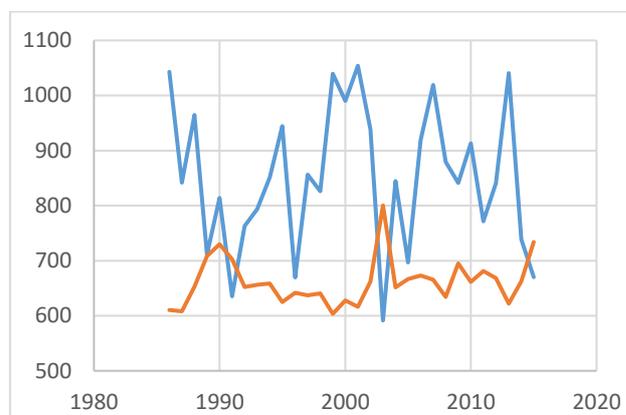
Sur ce site, l'évolution des températures moyennes annuelles est relativement marquée : en 30 ans, le climat s'est réchauffé d'environ 1 °C. La variabilité inter-annuelle demeure importante, avec des moyennes annuelles comprises entre 8,5 et 11,5 °C. Cette augmentation de température se retrouve à l'échelle saisonnière. Elle est particulièrement marquée au printemps (+ 1,7 °C) et à l'automne (+ 1,2 °C).



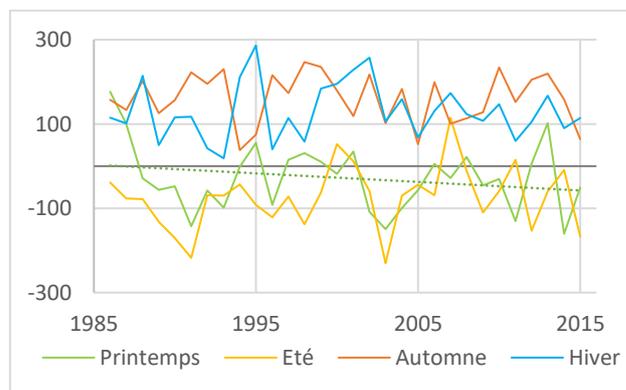
Évolution de la température moyenne annuelle de 1986 à 2015 (Données Météo-France Safran).

Le cumul annuel des précipitations est très variable, entre 650 et 1100 mm/an, et aucune tendance ne se dégage sur les trente dernières années. Cette variabilité des précipitations se retrouve à l'échelle saisonnière, avec une tendance à la baisse au printemps. Le cumul annuel d'évapotranspiration est lui aussi assez variable d'une année sur l'autre. Le bilan hydrique (P-ETP) saisonnier semble avoir diminué au printemps où il devient de plus

en plus souvent déficitaire. Pour les autres saisons, les variations inter-annuelles sont telles qu'aucune évolution n'est perceptible sur les trente dernières années.



Évolution de l'ETP et des précipitations en cumul annuel (mm) de 1986 à 2015 (Données Météo-France Safran).

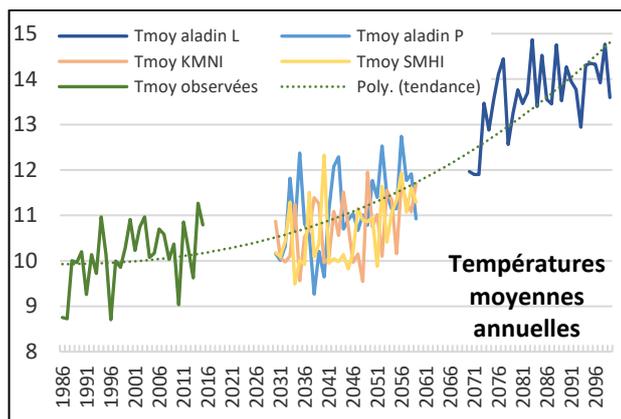


Bilan hydrique (P-ETP) calculé par saison de 1986 à 2015 (Données Météo-France Safran).

Évolutions futures du climat

Le futur climatique peut être estimé soit en prolongeant les tendances constatées, soit **par simulation**. Ce sont les grands laboratoires de recherche climatique du monde qui mettent au point les simulateurs de climat. Avec le soutien de Météo-France, nous avons mobilisé 3 d'entre eux : un français (le CNRM), et c'est ce qui correspond aux données **Aladin**, un Suédois (données **SMHI**), et un Néerlandais (**KMNI**). Nous présentons des calculs faits sur les **périodes 1986-2015** (sert de base de comparaison), **2030-2059** (**futur proche = P**), et **2070-2099** (**futur lointain = L**) pour **Aladin** seulement). Tous les modèles n'indiquent pas exactement la même chose, mais tous vont dans le même sens et prédisent un réchauffement dans le cadre du **RCP 8.5**, un scénario dans lequel les concentrations en gaz à effet de serre feraient plus que doubler d'ici la fin du siècle, ce qui est assez probable si des mesures draconiennes de limitation des émissions ne sont pas prises immédiatement. Ces données simulées sont comparées à des données issues d'observations (désignées par « **obs** ») : il s'agit des données du modèle **SAFRAN**. Ici encore, les données ont été recueillies pour la commune de Bayon (54).

Évolution des températures moyennes annuelles



Quel que soit le modèle, il prédit une augmentation de température encore modérée (de l'ordre de 1 °C) dans le futur proche. Ce n'est que dans la seconde moitié du siècle que le réchauffement s'accélérerait rapidement pour atteindre + 3 à 4 °C par rapport au niveau actuel.

L'analyse des données simulées montre qu'autour de ce niveau, l'hiver se réchaufferait moins (+ 3 °C) que l'été (+ 5,5 °C). Les températures moyennes sont exprimées à partir des minimales et des maximales, l'analyse montre que les maximales progresseraient plus vite que les minimales. Ainsi quand on évoque une température moyenne en hausse de 3 à 4 °C à l'échelle de l'année en fin de siècle, cela signifie souvent + 6 °C pour les maximales en été, et seulement + 2 à 3 °C pour les minimales en hiver.

	Obs 30 ans	1986- 2000	2001- 2015	Aladin 2030- 2059	KMNI 2030- 2059	SMHI 2030- 2059	Aladin 2070- 2099
1 année sur 2 entre le... et le ...	25/3 8/4	26/3 10/4	26/3 6/4	20/3 2/4	19/3 5/4	15/3 28/3	13/3 19/3
Médiane	2/4	1/4	2/4	26/3	29/3	22/3	16/3

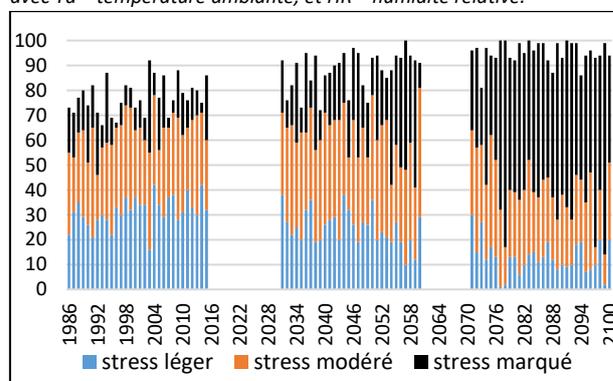
Date de mise à l'herbe (date d'atteinte du seuil de 300 °C cumulés depuis le 1^{er} février), dans le passé (données observées) et dans les différents modèles climatiques.

Il continuera à geler, mais moins souvent, et le nombre de jours caniculaires sera en forte hausse (cf. annexe 3).

Ces excès de température ont des conséquences sur les cultures mais aussi sur les animaux. On peut les approcher par le calcul d'un index (le THI, pour *Temperature Humidity Index*). Le graphique ci-dessous indique le nombre de jours où les animaux pourraient être en stress thermique léger, modéré, ou marqué dans le futur, en comparaison à ce qui a pu être observé : le nombre de jours de stress et l'intensité de celui-ci augmenteraient dans le futur proche, et plus encore vers la fin du siècle.

Pour chaque année, nombre de jours pour chaque niveau de stress estimé avec le THI, de 1986 à 2014 (sur données observées) et sur le futur (modèle Aladin).

$THI (Temperature Humidity Index) = 1,8 * Ta - (1 - HR) * (Ta - 14,3) + 32$
avec Ta = température ambiante, et HR = humidité relative.

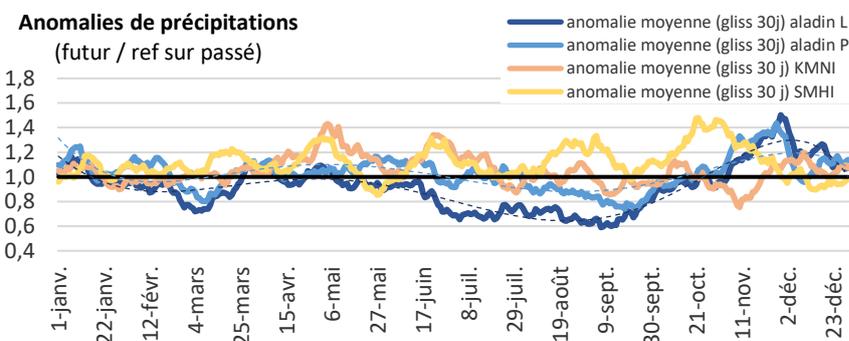
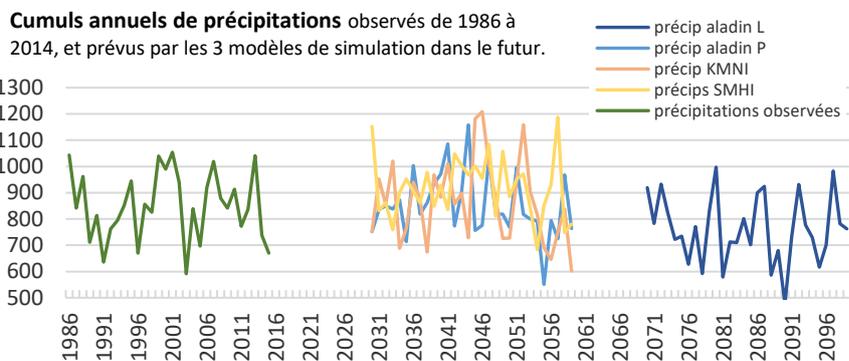


L'augmentation des températures n'aura pas que des effets négatifs : l'une de ses conséquences peut être la possibilité de mettre à l'herbe plus tôt. Ainsi, si la date à laquelle on atteint une somme de températures de 300 °C se situe actuellement aux alentours du 2 avril (une année sur deux entre le 25 mars et le 8 avril), elle pourrait passer aux alentours du 26 mars dans le futur proche (entre le 22 et le 29 selon les modèles), et du 16 mars dans le futur lointain. Reste à savoir si les conditions climatiques du début de printemps permettront l'accès à cette pousse précoce.

Évolution des précipitations

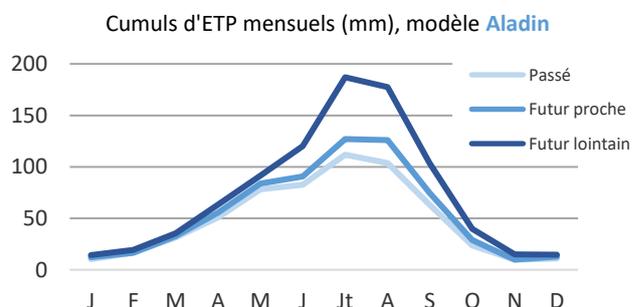
Il n'y a pas de tendance nette quant à l'évolution du cumul annuel de précipitations : aucun des 3 modèles ne prédit pour le futur proche une baisse du cumul annuel de précipitations dans cette zone, sauf peut-être en fin de siècle avec le modèle **Aladin**. Ce qui domine, c'est surtout la très forte variabilité inter-annuelle, réelle dans le passé et qui se poursuit de la même façon dans le futur.

Il faut analyser les simulations plus en détail au travers du second graphique qui représente le rapport entre ce qui est simulé sur le futur et ce qui a été simulé par chaque modèle sur le passé. Ce rapport a été calculé chaque jour pour capter d'éventuelles différences saisonnières dans l'évolution des précipitations. Les données ont été moyennées chaque jour par périodes de 30 ans (2030-2059 ou 2070-2099), la base de comparaison étant 1986-2015. Quand ce rapport est supérieur à 1, il est prévu qu'il pleuve plus, et inversement s'il est inférieur à 1. Ainsi dans le futur proche, le modèle **SMHI** prévoit globalement plus de précipitations tout le long de l'année, le modèle **KMNI** prédit plus de précipitations en printemps été et moins en automne-hiver. Pour le modèle **Aladin** il pleuvrait plus en hiver et moins en fin d'été-début d'automne. Dans le futur lointain, le modèle **Aladin** prévoit une diminution des précipitations en fin de printemps et sur toute la durée de l'été et de l'automne. On peut donc s'attendre à des sécheresses météorologiques estivales, voire printanières, plus fréquentes. Le tableau ci-dessous indique la fréquence possible de tels aléas climatiques, dans le passé et pour le futur, selon le modèle climatique.



	Obs 30 ans	1986- 2000	2001- 2015	Aladin 2030- 2059	KMNI 2030- 2059	SMHI 2030- 2059	Aladin 2070- 2099
au moins 15 jours sans pluie entre le 20/04 et le 10/06	6/10	5/10	7/10	+20%	-20%	+0%	+10%
au moins 20 jours sans pluie entre le 01/07 et le 01/09	1/10	1/10	1/10	+3%	+3%	+7%	+10%

Pour chacune des deux périodes considérées, fréquence d'apparition d'au moins un épisode de sécheresse (en nb années /10) sur les 30 (ou 15) dernières années observées, et évolution possible (futur / passé) dans différentes simulations (modèles **Aladin**, **KMNI** et **SMHI**).



La sécheresse agronomique est le résultat d'un manque de précipitations et d'une ETP intense. Le graphique ci-contre indique pour le modèle climatique **Aladin** comment évoluerait l'ETP au cours de l'année. En augmentant plus fortement et plus tôt, l'ETP créera un état de sécheresse non seulement plus fréquent et plus prononcé, mais aussi plus précoce.

Le modèle **Aladin** est le seul pour lequel nous disposons des calculs d'ETP, aussi c'est le seul à partir duquel nous avons réalisé les simulations de culture qui permettent d'intégrer tous les effets du changement climatique sur la plante : augmentation des températures et de l'ETP, modifications du régime de précipitations, effets directs du CO₂.

Le climat de la zone se caractérise par des températures froides, et des précipitations moyennes. Les températures, déjà en légère augmentation par le passé, le seraient encore plus dans le futur. Au printemps, cela pourrait permettre d'avancer la mise à l'herbe. En été, les épisodes caniculaires se multiplieraient, entraînant un ralentissement voire l'arrêt de la croissance de certaines espèces prairiales (ou même leur disparition), et un stress thermique pour les animaux.

Les précipitations sont variables d'une année sur l'autre, dans le passé comme dans le futur. On note cependant, à la fin du siècle, une diminution des précipitations en été, ainsi qu'une augmentation de l'évapotranspiration. Ces deux phénomènes contribuent à accentuer les situations de sécheresse en été.

L'évolution prévue des rendements des cultures fourragères (et de la saisonnalité de la production pour les prairies)

Les rendements présentés ici ne prennent pas en compte les adaptations possibles par choix de variétés (sauf pour le maïs), ni l'évolution des variétés. En revanche, le modèle utilisé tient compte de l'effet de l'augmentation de la concentration en CO₂ sur l'efficacité de la photosynthèse et l'intensité des échanges entre la plante et l'atmosphère via l'ouverture des stomates. Ainsi, toutes choses étant égales par ailleurs, les résultats des simulations sont la conséquence de l'évolution du climat et de l'augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère. Une précédente étude a montré que cet effet du CO₂ est à l'origine d'une augmentation des rendements pouvant aller jusqu'à 10 voire 20 % (Etude ACTA-MIRES Ruget Moreau).

Les simulations ont été réalisées grâce au modèle de culture STICS, à partir des données climatiques précédentes issues du modèle Aladin, des itinéraires techniques locaux, et sur deux types de sols représentatifs de la région du plateau lorrain (présentés ci-contre).

	Profondeur	Taux d'argile	Réserve utile
Sol profond, de vallée	120 cm	20 %	150 mm
Sol moyen, de plateau	80 cm	40 %	65 mm

Caractéristiques des sols utilisés dans les simulations.

Conséquences du changement climatique sur la pousse de l'herbe

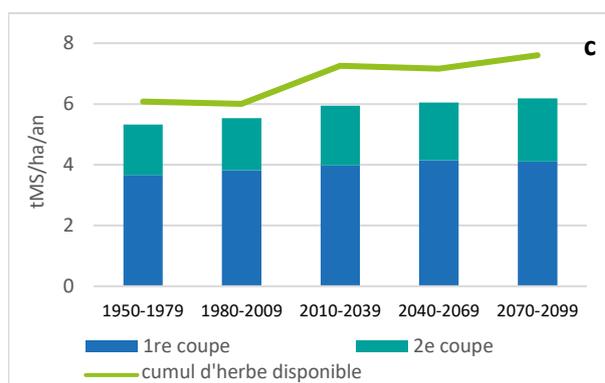
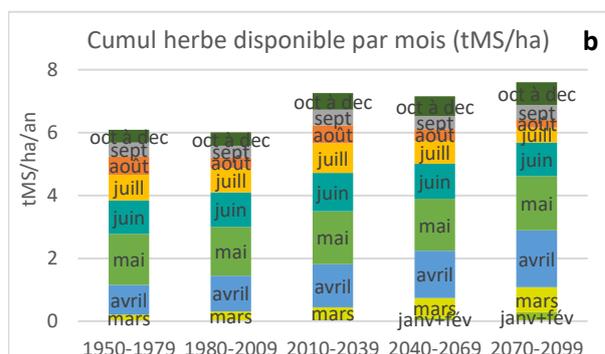
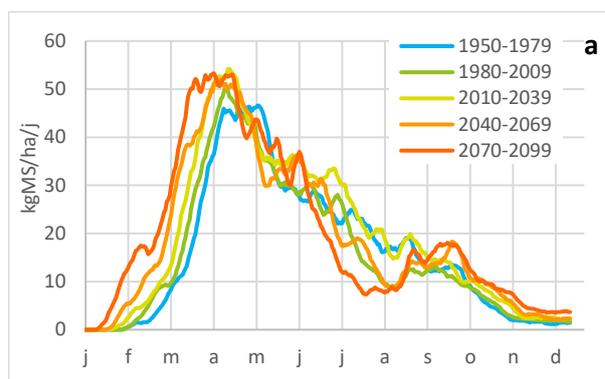
Les simulations ont été réalisées pour plusieurs itinéraires techniques combinant récoltes (en foin ou en ensilage) et pâturage, sur le sol « moyen » présenté précédemment. Les courbes de croissance présentées ci-dessous ne concernent que les itinéraires de type pâturage.

Conséquence de l'augmentation des températures au début du printemps, les simulations STICS mettent en évidence un démarrage en végétation des prairies de plus en plus précoce. Ainsi, une mise à l'herbe plus précoce pourrait être envisagée, sous réserve de bonnes conditions de portance. Le calcul d'autres indicateurs, construits à partir de la pluviométrie autour de la mise à l'herbe (présentés en annexe 3) montre que les épisodes de fortes précipitations autour de la date théorique de mise à l'herbe ne seraient pas plus fréquents à l'avenir que par le passé, et ce malgré l'avancée de cette date : cette herbe de printemps pourrait donc être utilisée dans de bonnes conditions certaines années.

Dès la fin du printemps et tout l'été, les simulations montrent une croissance de l'herbe ralentie, notamment dans le futur lointain. Au contraire, les conditions automnales permettraient une reprise de la croissance de l'herbe à l'automne. Cette situation était déjà la norme dans d'autres régions aussi, dans lesquelles le creux d'été et le rebond d'automne s'accroissent.

Au total, la quantité d'herbe produite sur l'année serait en augmentation, notamment du fait du démarrage plus précoce.

En résumé, l'herbe pousserait de plus en plus tôt au printemps et de plus en plus tard à l'automne, mais un ralentissement d'été apparaîtrait dans le futur proche et s'accroîtrait dans le futur lointain. Ces résultats sont conformes à ce qui a été vu dans des études antérieures sur le changement climatique (ACTA-CC, Climator).



a) pousse d'une prairie à base de graminées sur sol « moyen », en kg de MS/ha/jour, selon la période de 30 ans simulée ;

b) cumul d'herbe disponible par mois sur sol « moyen » avec apports d'azote modérés ;

c) rendements moyens des récoltes de foin, et cumul d'herbe disponible sur l'année sur sol « moyen » avec apports d'azote modérés.

Luzerne

Les simulations ont été réalisées sur les sols « profond » et « moyen » décrits précédemment, pour un itinéraire technique de 3, 4 et 5 coupes « visées ». Le modèle est paramétré pour réaliser les coupes lorsque le cumul de températures dépasse un seuil préalablement fixé pour chaque itinéraire technique, à condition que la quantité de fourrage disponible soit suffisante. Par conséquent, les dernières coupes ne sont pas systématiquement réalisées. Par ailleurs, il s'agit de simulations pour une luzernière déjà installée, qui ne prennent donc pas en compte l'année d'installation ni la « fin de vie » de la luzernière.

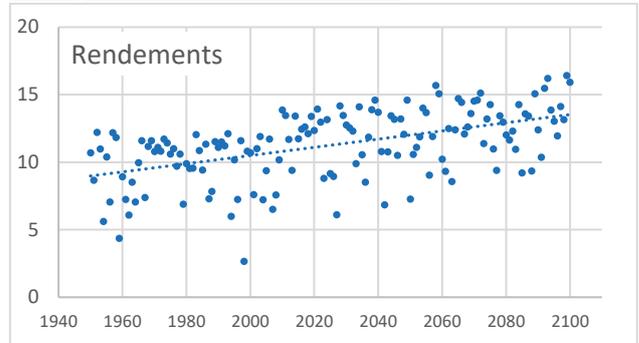
Quel que soit le nombre de coupes réalisées, les rendements seraient à la hausse. Cependant, si l'ensemble des rendements augmente, la variabilité interannuelle est toujours aussi marquée.

Le gain de rendement cumulé est à relier à l'évolution des conditions de printemps qui, comme pour la prairie, permettraient un démarrage en végétation et donc une exploitation des luzernières plus précoces : en moyenne, dans la période 2010-2039, la première coupe interviendrait environ dix jours plus tôt que par le passé ; on gagnerait encore une semaine dans la période 2040-2069, et presque quinze jours dans la période 2070-2099.

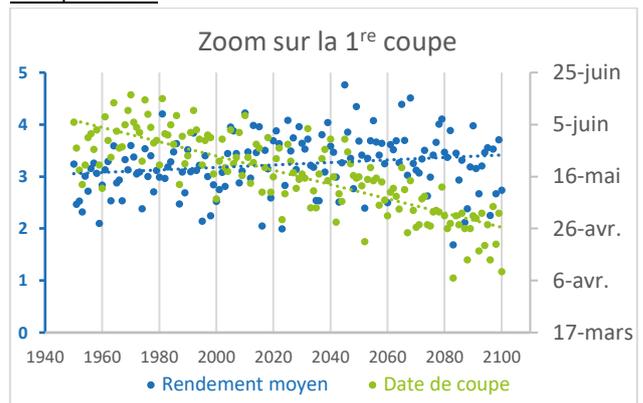
D'autre part, l'augmentation des températures estivales permettrait d'accélérer la croissance des plantes (contrairement aux prairies de graminées, la luzerne est peu affectée par les températures élevées, tant que suffisamment d'eau est disponible) et ainsi bien souvent de faire une coupe supplémentaire.

Le détail des rendements cumulé en fonction du nombre de coupes et de leur espacement dans la saison (non présenté ici) montre des rendements assez proches. Les différences se situent au niveau de la qualité du fourrage récolté et du temps de travail nécessaire.

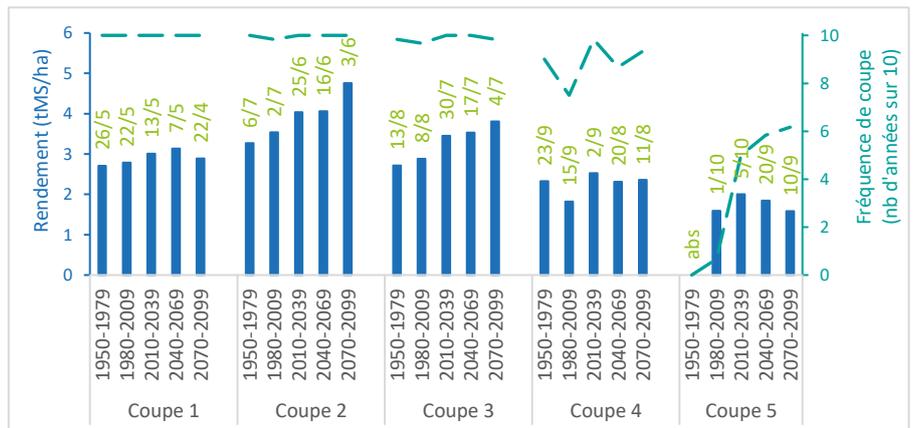
Rendements cumulés moyens obtenus pour les itinéraires techniques utilisés dans les simulations.



Dates de coupe et rendements en 1^{re} coupe, en moyenne sur sol « profond »

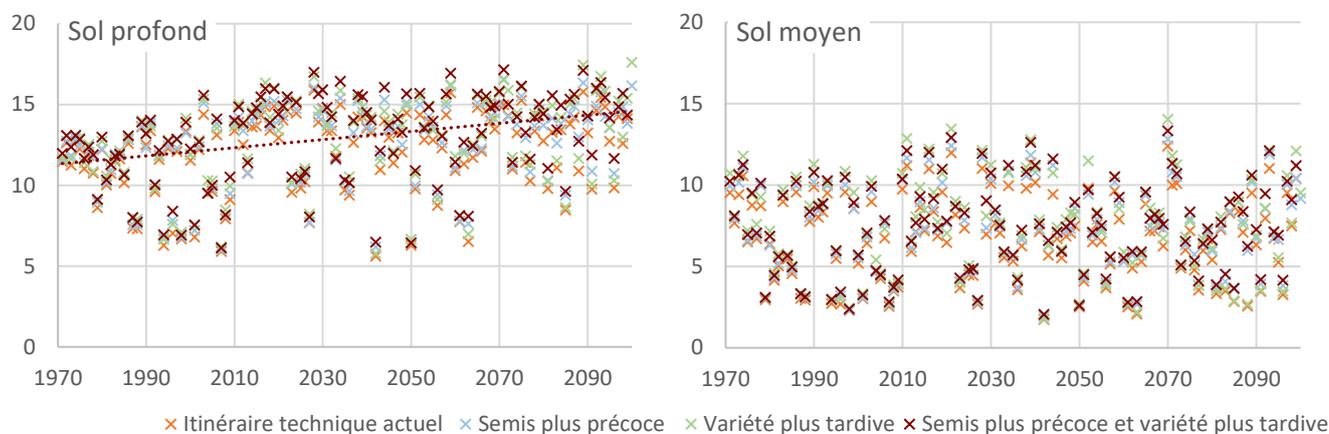


Ci-contre : en moyenne par période de 30 ans, **rendements par coupe, fréquence de réalisation des coupes par le modèle et dates de coupes prévues**, pour l'itinéraire technique à 5 coupes prévues (moyenne des résultats obtenus sur sol « profond » et sol « moyen »).

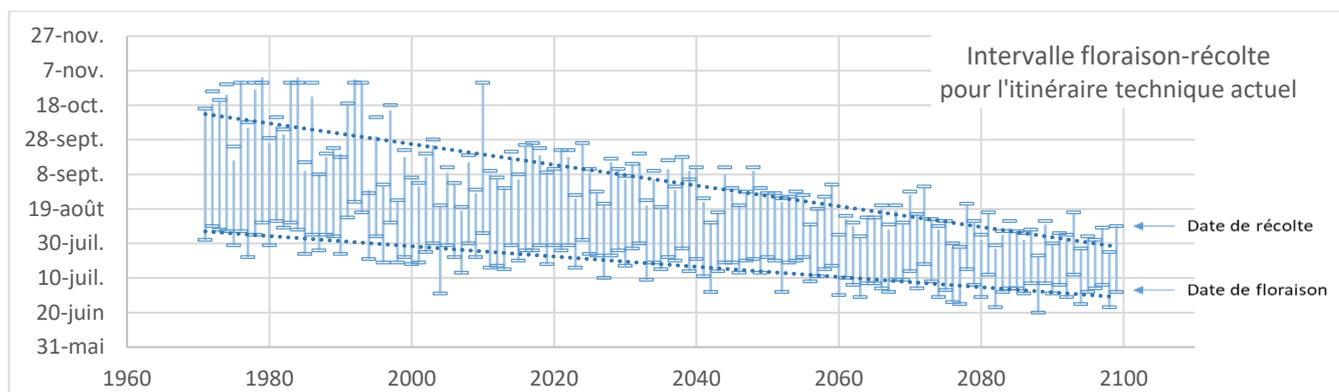


Maïs

Les simulations sont réalisées pour plusieurs groupes de précocité (précoce d'indice 220 à 290, demi-précoce-précoce d'indice 260 à 330, et demi-précoce-tardif d'indice 310 à 400) et dates de semis (01/04, 10/04 et 20/04), sur les sols « profond » et « moyen » présentés précédemment. L'itinéraire technique dit « actuel » présenté ci-dessous correspond à un maïs précoce semé le 20 avril.



Rendements obtenus (TMS/ha) pour 4 itinéraires techniques, sur sol profond et sur sol moyen.



Évolution des dates de floraison et récolte.

Les simulations mettent en évidence des différences entre les sols : sur sol « profond », les rendements seraient globalement en augmentation, tandis que sur sol moyen aucune évolution n'est perceptible. Cela peut s'expliquer par les effets opposés de l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère (effet positif sur le rendement) et de l'accroissement des sécheresses estivales (effet négatif), auxquelles le sol « moyen » est plus sensible. Cette tendance cache cependant une importante variabilité des rendements d'une année sur l'autre, variabilité toujours présente dans le futur.

Les dates de floraison et de récolte seraient de plus en plus précoces. À condition que les ressources en eau soient suffisantes, des variétés plus tardives pourraient donc être semées pour profiter de l'augmentation des températures. L'une des difficultés de la zone est qu'il continuerait de geler au printemps, ce qui limiterait les possibilités de semis précoces.

Les simulations réalisées mettent en évidence une évolution de la répartition de l'herbe disponible au cours de l'année : le démarrage en végétation est de plus en plus précoce, tandis que le creux de production en été s'accroît et une légère reprise à l'automne apparaît. La saison de pâturage s'allonge donc au début du printemps et à l'automne, mais avec une rupture plus marquée en été.

Les conditions climatiques prévues pour le futur sont favorables à la luzerne : les rendements cumulés augmentent, avec une nette avancée des dates de coupes.

En ce qui concerne le maïs, les rendements sur sol profond sont globalement à la hausse, mais leur variabilité reste importante. Là aussi, l'avancée des dates de floraison et récolte est nette.

Conséquences à l'échelle des systèmes et adaptations possibles

Les conséquences du changement climatique sur les systèmes laitiers de la zone et les adaptations possibles ont été envisagées collectivement à l'aide du Rami Fourrager®.

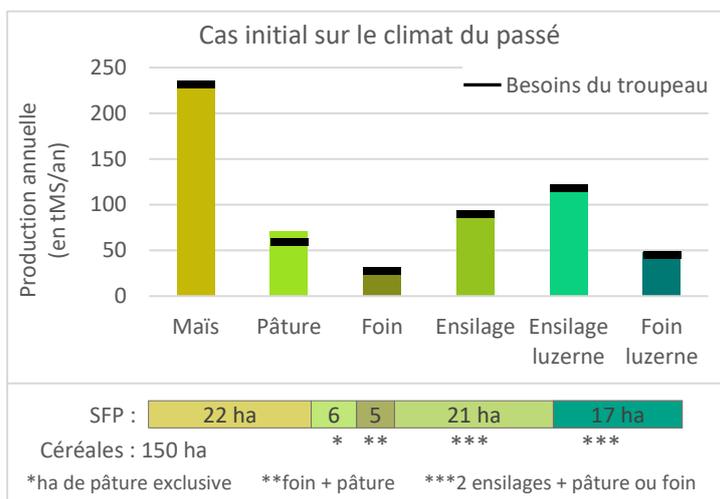
Le Rami Fourrager® est un jeu de plateau associé à un module informatique qui reproduit les composantes fourragères d'un système d'élevage. La partie supérieure du plateau est consacrée à l'offre fourragère, tandis que la partie inférieure est dédiée à la description des lots d'animaux et à leurs calendriers d'alimentation. Le jeu consiste à équilibrer offre et demande.

Les climats, les sols et les pratiques locales sont pris en compte via la proposition d'un panel de « baguettes fourrage » adaptées au contexte local. Celles-ci décrivent pour chaque type de fourrage et pour chaque itinéraire technique, les rendements obtenus dans la région au cours d'une ou plusieurs années choisies.

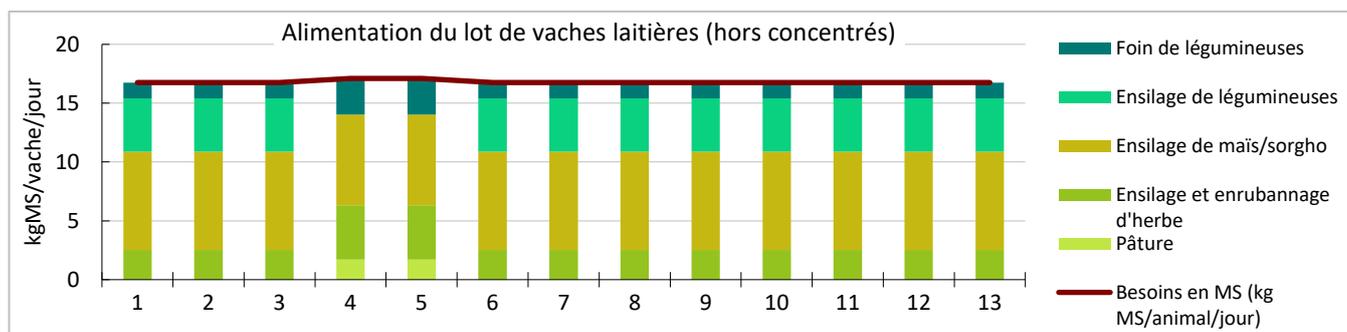
Lors d'une partie, les joueurs construisent un cas initial à traiter (assolement, allotement et rations..), à partir de baguettes fourrages illustrant la situation actuelle. Une fois l'équilibre fourrager atteint, on confronte le système à un autre contexte climatique, en prenant en compte des baguettes fourrages élaborées pour cet autre contexte. Les équilibres du système sont alors plus ou moins perturbés. Pour les réajuster, les joueurs peuvent tester différents leviers d'adaptation ou innovations et visualiser leurs conséquences grâce au module informatique. C'est aussi l'occasion de les discuter collectivement et de partager les expériences de chacun concernant les adaptations possibles.

Le système traité

Le cas étudié a été construit par un groupe d'éleveurs du plateau Lorrain et leur conseiller, à partir d'un système réel simplifié. Il s'agit d'une ferme disposant de 70 ha de SFP : 21 ha de maïs, 17 ha de luzerne, et 32 ha de prairies. 150 hectares de culture sont occupés par du tournesol, de l'orge, du blé et du maïs grain.



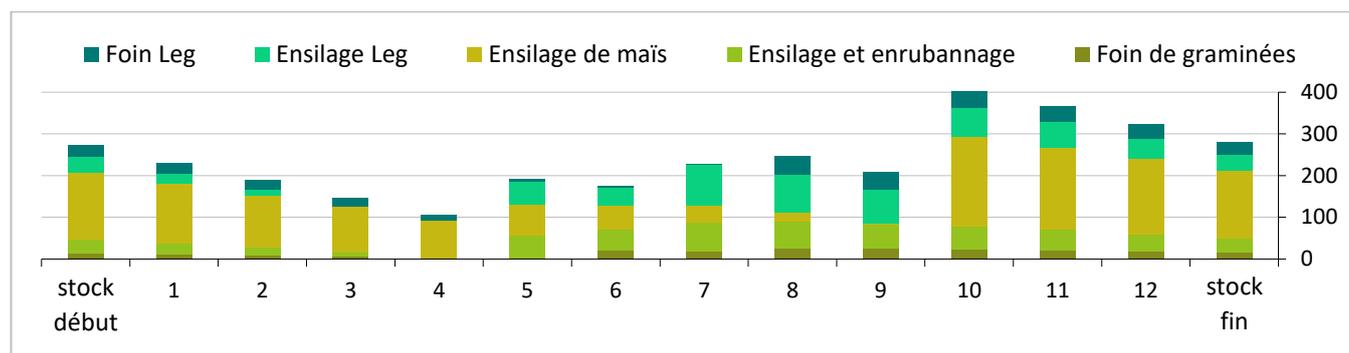
Le troupeau est constitué de 70 vaches laitières à 8 600 kg de lait produits, avec un taux de renouvellement de 30 % et des vêlages étalés. L'âge au premier vêlage est de 27 mois. 25 génisses sont élevées chaque année. Les vaches laitières pâturent peu : de fin mars jusque fin mai à hauteur de 10 % de leurs besoins, puis elles sont rentrées. Leur ration se compose alors de 50 % de maïs ensilage, complété par de l'ensilage d'herbe et de luzerne (silo en sandwich) et du foin de luzerne. La ration des génisses est constituée de foin, de paille et d'ensilage herbe-luzerne en hiver, puis de foin, de paille et d'herbe pâturée le reste de l'année.



Matière sèche (en kg MS/animal/jour) apportée par les fourrages pour remplir les besoins en matière sèche du lot de vaches laitières du système étudié sur les treize périodes de 4 semaines d'une année moyenne du passé.

Ce système, dans un cas optimisé (bonnes valeurs alimentaires), nécessite 128 tonnes de concentrés protéiques de type tourteau de colza, 13 tonnes de céréales et 110 tonnes de paille. Le chargement corrigé est de 1,7 UGB/ha SFP.

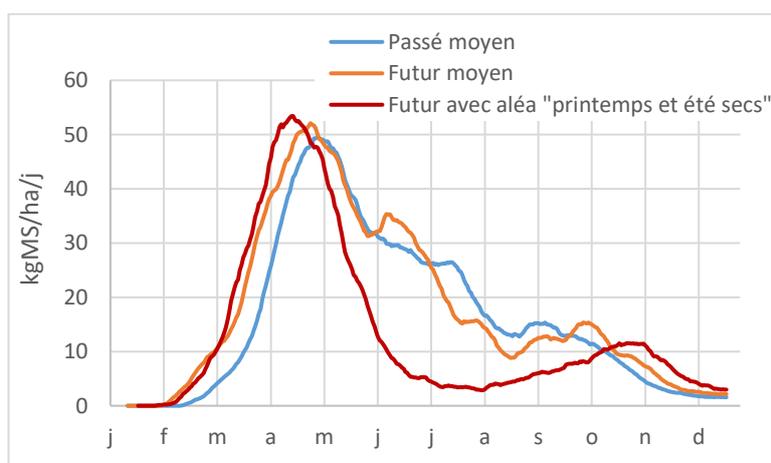
Le système a été calibré dans le climat du passé pour que le stock de fourrages en fin d'année soit au même niveau qu'en début, sans qu'il n'y ait de rupture au cours de l'année. La dynamique des stocks est la suivante :



Évolution des stocks (en tMS) au cours de l'année.

Le climat

Ce système a été confronté à trois contextes climatiques différents. Dans un premier temps, il a été paramétré et équilibré dans le climat moyen de la **période de référence 1990-2015**. Ensuite, à l'aide du Rami Fourrager®, il a été adapté au climat moyen de la **période 2040-2065**. Ce système, une fois adapté aux conditions climatiques du futur, a ensuite été confronté à un type d'année particulier, caractérisé par un **printemps particulièrement sec, suivi d'un été chaud et sec** et de conditions favorables à la pousse de l'herbe en automne.

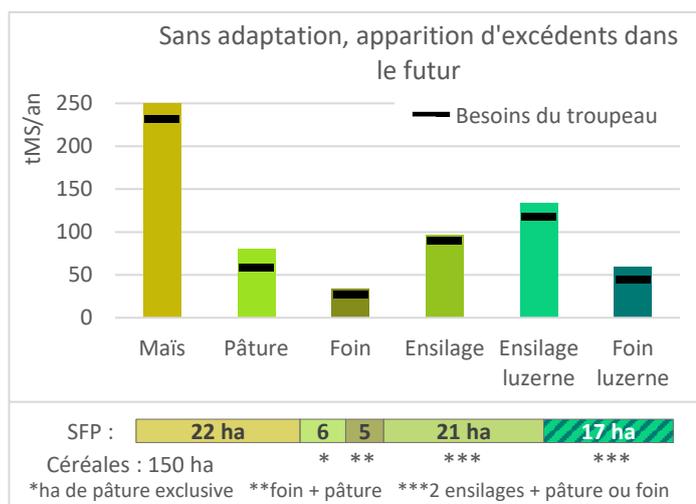


Pousse moyenne d'une prairie à base de graminées sur sol profond, selon la période d'étude envisagée.

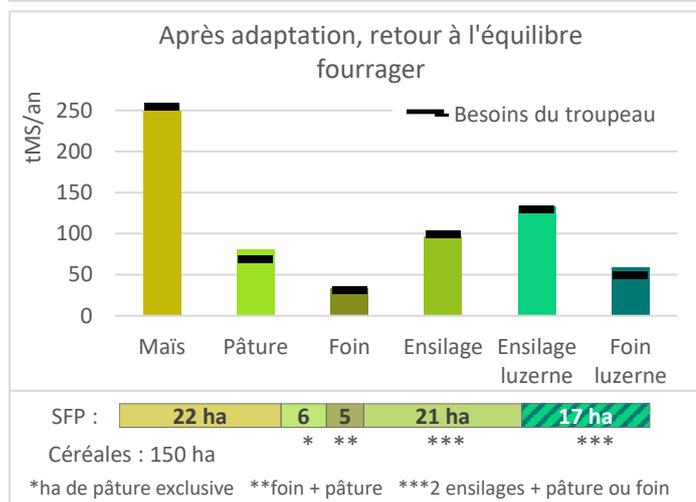
	1990-2015	2040-2065	Printemps et été secs
Date de mise à l'herbe (Date à laquelle on a cumulé 300 °C depuis le 1 ^{er} février)	5 avril	27 mars	25 mars
Bilan hydrique au pic de croissance des prairies (mm) (Cumul Précipitations - ETP, entre 400 et 1100 °C cumulés)	10	- 1	- 61
Températures élevées en fin de printemps (Nombre de jours avec $T_{max} > 28$ °C, entre 1100 °C cumulés et le 5/07)	1	5	9
Bilan hydrique à la floraison du maïs (mm) (Cumul Précipitations - ETP entre l'allongement des soies et le stade limite d'avortement des grains)	- 68	- 143	- 204
Précipitations fin d'été et début automne (mm) (Cumul pluviométrique entre le 21 août et le 1 ^{er} octobre)	47	42	1

Caractérisation des trois contextes climatiques retenus pour les parties de Rami Fourrager® (valeurs moyennes).

Dans le futur (année moyenne 2040-2065)



La production globale augmente pour toutes les cultures (+ 5 tMS pour le foin de graminées, + 7 tMS pour l'ensilage d'herbe, + 20 tMS pour l'ensilage de maïs, + 15 tMS pour l'ensilage de luzerne, + 12 tMS de foin de luzerne). La répartition de la pousse de l'herbe est modifiée : des surplus apparaissent en fin d'été.

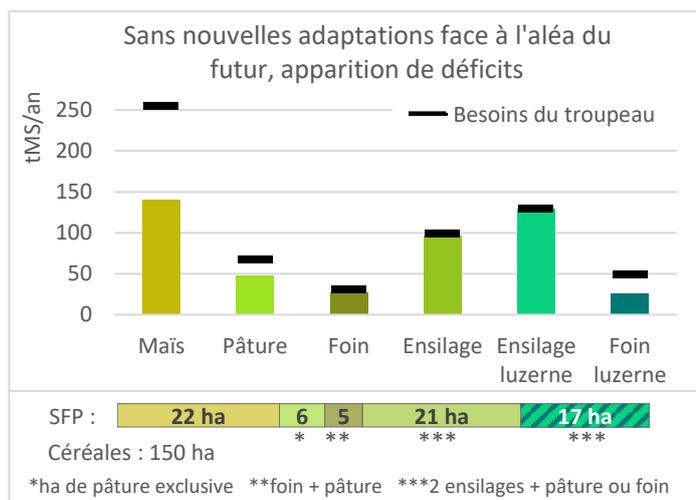


Les adaptations suivantes sont envisagées :

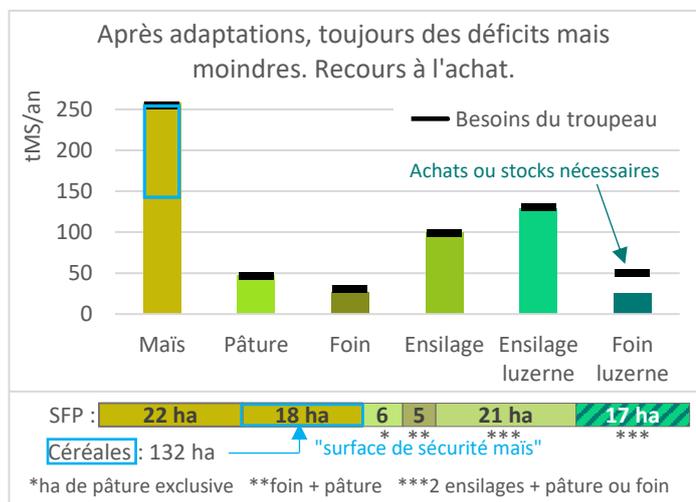
Afin de profiter de l'augmentation des productions fourragères, la taille du troupeau est augmentée de 7 vaches laitières et 4 génisses (le bâtiment des vaches laitières n'est pas saturé). Ainsi le bilan fourrager redevient équilibré. En revanche, la consommation de concentrés et de paille augmente (+ 14 tonnes de concentrés protéiques et + 1 tonne de céréales, + 15 tMS de paille). De même le chargement corrigé atteint 1,8 UGB/ha SFP.

Il aurait également été possible de réduire la SFP au profit des céréales, mais les éleveurs jugent l'augmentation de la taille du cheptel plus cohérente avec la structure de l'exploitation.

Dans le cas de l'année « sèche » du futur



Sans nouvelles adaptations face à l'aléa du futur, le système devient déficitaire : il manque 110 tMS d'ensilage de maïs (soit 44 % des besoins), 35 tMS de foin de luzerne, 5 tMS de foin et d'ensilage d'herbe, et il n'y a plus assez d'herbe pour faire pâturer les génisses en été.



Pour faire face à ce type d'année, la proposition est faite d'ensiler une partie du maïs grain. Lors d'une telle année, le rendement du maïs tombant à 6,5 tMS/ha du fait de la sécheresse, il faut ensiler 18 ha de maïs pour combler le déficit en ensilage de maïs. En année future moyenne, un stock de sécurité aurait pu être constitué en ensilant 9 ha supplémentaires, mais il aurait fallu investir dans un silo supplémentaire.

Les éleveurs font remarquer qu'une telle mesure n'est pas possible chez tous : en effet, certains ont souscrit à une MAEC « polyculture-élevage » qui les contraint à un maximum de 18 % de maïs dans la SFP.

Face au manque d'herbe, un apport au pâturage de mélange paille-mélasse est effectué pour les génisses, et une complémentation plus importante en concentrés est réalisée. Le besoin en paille alimentaire augmente alors de 14 tMS.

Quant au déficit en foin de luzerne, il semble difficile à combler sans avoir recours à de l'achat à l'extérieur ou bien à d'éventuelles réserves effectuées en année antérieure. Il aurait fallu faucher 3 ha supplémentaires de luzerne en année future moyenne pour produire les 35 tMS nécessaires pour combler le déficit créé par l'aléa.

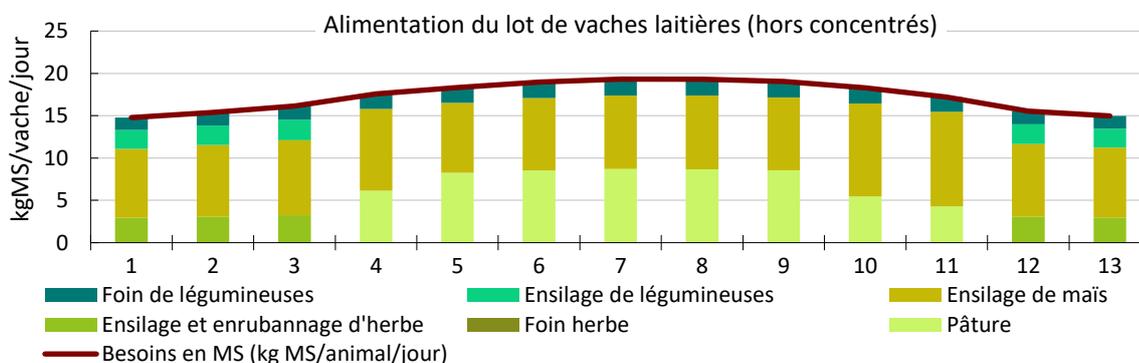
Toutes ces adaptations sont aussi synonymes de travail supplémentaire pour l'éleveur.

Les éleveurs sont conscients que la gestion de leurs stocks fourragers est à flux tendu. Ce phénomène, qui s'est accentué suite à l'agrandissement des troupeaux, conduit parfois les éleveurs à ouvrir le silo d'herbe trop tôt et rend les systèmes vulnérables face aux aléas. Pour les éleveurs, un stock de sécurité représenterait au moins 2 mois d'avance en stock de fourrage. Cela signifierait accroître les capacités de stockage de 30 à 40 %. En ce sens, la région propose actuellement des aides au financement de silos et autres structures de stockage. Néanmoins, des interrogations subsistent toujours, tant sur le plan financier que sur le plan technique (quelle valeur alimentaire pour un fourrage stocké plus d'un an ? ...).

Cas d'un système à contrainte herbagère

Les éleveurs ont souhaité connaître l'impact du climat futur sur un système avec contrainte herbagère. Il a été défini comme suit :

Il s'agit d'une ferme plus petite disposant de 61 ha de SFP, dont 15 de maïs ensilage, 5 de luzerne et 41 de prairies. Le troupeau compte 48 vaches laitières, à plus faible potentiel (7 500 kg de lait par an). 20 génisses sont élevées chaque année. L'âge au premier vêlage est de 36 mois et les vêlages sont groupés en automne-hiver. La ration des vaches laitières est constituée de 45 à 60 % de maïs ensilage et de 10 % de foin de luzerne toute l'année, complétés par de l'ensilage herbe-luzerne en hiver, et par la pâture entre fin mars et octobre. La ration fourragère des génisses est constituée de foin et de paille en hiver, et de foin et d'herbe pâturée le reste de l'année. Ce système, dans un cas optimisé, nécessite 17 tonnes de céréales, 49 tonnes de concentrés protéiques de type tourteau de colza et 82 tonnes de paille. 8 ha de grandes cultures (colza-blé-orge) permettent de répondre à ces besoins. Le chargement corrigé est de 1,5 UGB/ha SFP.



Matière sèche (en kg MS/animal/jour) apportée par les fourrages pour remplir les besoins en matière sèche du lot de vaches laitières du système étudié sur les treize périodes de 4 semaines d'une année moyenne du passé.

Les mêmes exercices que précédemment ont été effectués sur ce système à l'aide du Rami Fourrager®.

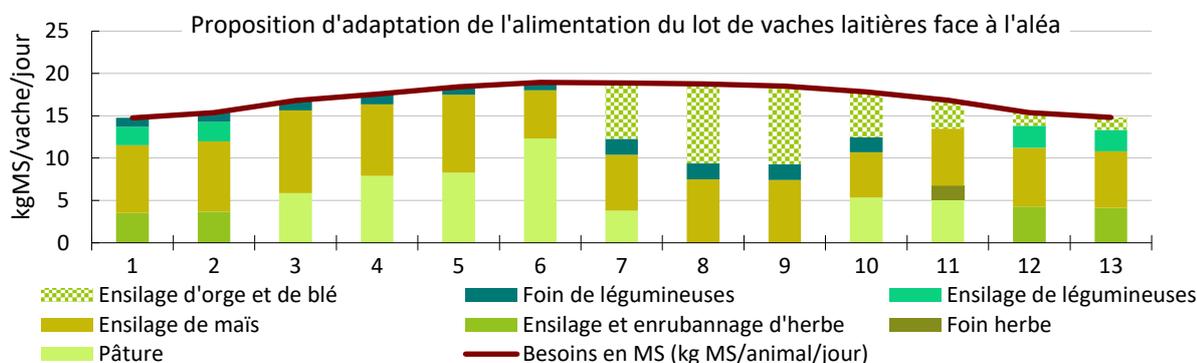
Dans le futur (année moyenne 2040-2065)

De la même manière que pour le premier système étudié, le système devient excédentaire : la production des foins augmente (+ 10 tMS de foin de graminées et + 7 tMS de foin de luzerne) et un excédent de 13 tMS d'ensilage de maïs apparaît. La courbe de croissance de l'herbe n'étant plus la même, des excédents apparaissent en début de printemps tandis qu'un léger déficit se dessine fin août. Pour parer cela, les reports sur pied sont suffisants. Afin de mieux suivre la pousse de l'herbe, les vaches laitières et certaines génisses sont mises à l'herbe plus tôt, ce qui augmente encore les excédents. Les températures étant plus élevées, une variété plus tardive de maïs peut être semée pour obtenir un meilleur rendement. Ainsi, 5 ha de prairies et 2 hectares de maïs sont libérés pour la production de céréales.

Dans le cas de l'année « sèche » du futur

Après ces adaptations, le système devient déficitaire lors d'une année sèche du futur : il manque 75 tMS d'ensilage de maïs (soit 43 % des besoins du troupeau), 10 tMS de foin de luzerne et des surfaces pâturables pour les deux lots depuis fin juin jusque mi-septembre.

Pour faire face à de tels déficits, les 11 ha d'orge et de blé auraient dû être ensilés au stade grain laiteux - pâteux, et l'ensilage aurait été introduit en complément des autres aliments dans la ration des vaches laitières. Ces dernières sont rentrées début juillet pour laisser le peu de pâture disponible aux génisses. L'herbe disponible n'étant toujours pas suffisante pour les génisses, un apport au champ de mélange paille-mélasse est effectué jusqu'à la fin de la saison de pâturage. Les vaches laitières ressortent en fin de saison pour profiter des repousses d'automne et ainsi réduire au maximum le déficit en fourrage.



Matière sèche (en kg MS/animal/jour) apportée par les fourrages pour remplir les besoins en matière sèche du lot de vaches laitières du système étudié sur les treize périodes de 4 semaines d'une année « sèche » du futur.

Malgré ces adaptations, il reste un déficit en ensilage de maïs de 45 tMS à combler. Il aurait fallu ensiler 3,5 ha de maïs supplémentaires l'année précédente (en la supposant normale) pour créer le stock de sécurité nécessaire à ce type d'année. Cela signifie posséder 26 % de capacité de stockage supplémentaire et représente 3,5 mois d'avance en termes de stocks de maïs ensilage. Cette adaptation est aussi synonyme d'augmentation de la charge de travail d'astreinte en été.

Finalement, les deux systèmes étudiés ici profitent des conséquences de l'évolution tendancielle future du climat. En revanche, ils sont en difficulté face à l'aléa « printemps et été secs » du futur. Différents leviers d'adaptation peuvent être mis en place mais des déficits persistent : restent alors les leviers d'urgence tels que l'achat de fourrage, la diminution des objectifs de production ou bien la vente d'une partie du cheptel. Les éleveurs suggèrent aussi l'achat de co-produits. Ils redoutent néanmoins la concurrence des méthaniseurs qui raréfie les ressources disponibles et augmente leur prix d'achat.

En réalité, les déficits dus à la sécheresse poseraient problème surtout l'année suivant l'aléa. En effet, pour le système à contrainte herbagère par exemple, après adaptations il reste encore 85 tMS de maïs ensilage dans le silo en fin d'année. Pour simplifier le raisonnement les pistes d'adaptation ont été recherchées pour l'année même mais d'autres pistes d'adaptation seraient à envisager l'année suivante, afin de retrouver un cycle normal de production le plus rapidement possible.

D'autres leviers ont par ailleurs été évoqués afin de prévenir les déficits en fourrages dus aux aléas climatiques :

- Travailler avec des **cultures plus résistantes aux sécheresses** : sorgho, betteraves, espèces prairiales plus résistantes... Le sorgho ne produit pas autant que le maïs mais assurerait une meilleure stabilité des rendements.
- Planter des **prairies multi-espèces**. Les éleveurs pointent du doigt la difficulté de réussir leur implantation ou les sur-semis. Ils conseillent de répartir les risques en ressemant une partie des prairies chaque année (au lieu de toutes les renouveler une même année), et/ou en semant sous couvert de céréales.
- Sécuriser le système fourrager avec des **dérobées** pour assurer une production de printemps, avant les sécheresses. Certains éleveurs de la zone cultivent un méteil pois-avoine-vesce que les génisses pâturent jusqu'en décembre. En hiver, les plantes gèlent et une autre culture peut être semée au printemps. Les éleveurs relèvent néanmoins des difficultés liées à cette pratique, notamment concernant le travail du sol. En effet, les agriculteurs lorrains profitent habituellement du gel pour casser les mottes argileuses après labour. Or, les dérobées d'hiver couvrant le sol sur cette période, au printemps le sol reste compact et il est difficile d'implanter la culture suivante. De plus la dérobée ayant puisé une partie des réserves hydriques, la culture suivante s'en trouve généralement pénalisée. Autre difficulté : la récolte parfois tardive qui empêche de semer un maïs. Certains éleveurs suggèrent alors le sorgho, puisqu'il se sème en général un mois après le maïs.

Enfin, concernant les effets des fortes chaleurs sur les animaux, les éleveurs proposent de sortir les vaches la nuit ; ils possèdent déjà des bâtiments équipés de brumisateurs et de ventilateurs. Les toitures des bâtiments et l'agroforesterie leur semblent des secteurs à explorer.

Conclusions

Évolutions tendanciennes

Dans cette zone, l'effet du changement climatique est globalement positif pour les fourrages qui profiteront des températures plus élevées au printemps et de l'effet CO₂, malgré une sécheresse estivale de plus en plus importante. Cependant, la variabilité des rendements reste importante et les conditions d'accès à ces ressources restent elles aussi variables d'une année sur l'autre, d'autant plus sur les sols argileux de la région. Autre difficulté ; le printemps sera de plus en plus précoce mais il continuera de geler assez tardivement, ce qui limite les possibilités d'adaptation.

Les simulations réalisées ont toutes été faites « à matériel végétal constant » mais celui-ci va évoluer, probablement dans le sens d'une meilleure résistance à la sécheresse ou d'une meilleure efficacité par rapport à l'eau disponible.

Les aléas climatiques et la production fourragère : les vertus des systèmes à ressources diversifiées

Les systèmes étudiés sont globalement gagnants face au futur climatique proche. Cependant, les aléas du futur testés – printemps sec suivi d'une sécheresse estivale d'une ampleur encore jamais rencontrée – ont affecté les systèmes étudiés. Les systèmes de la région disposent d'une conséquente sole en céréales, ce qui offre de nombreuses possibilités d'adaptation, à court ou long terme : dérobées, méteils, ensilage de céréales, maïs à double fin...

La diversification des ressources fourragères et le choix d'espèces et variétés adaptées aux sécheresses seraient des leviers pour faire face au déficit hydrique.

La constitution d'un stock de sécurité semble néanmoins indispensable aux systèmes étudiés pour prévenir les déficits liés à de tels aléas climatiques.

Valoriser l'herbe comme elle se présente

La période de production des prairies sera plus longue (mises à l'herbe plus précoces, fins de pâturages plus tardives), mais avec de fortes fluctuations : la valorisation des prairies passera nécessairement par des modifications de pratiques de façon à valoriser l'herbe lorsqu'elle se présente, notamment en fin de saison (fauche tardives, pâturage d'automne...). Ceci implique une forte réactivité des éleveurs et des structures de conseils pour adapter la conduite de l'herbe à la dynamique de pousse observée.

Le choix des espèces et des mélanges est aussi un levier pour augmenter l'autonomie protéique et pour étaler la production dans la saison, en associant des espèces précoces avec d'autres plus tardives.

Les vaches aussi vont souffrir

Les vaches laitières souffriront de plus en plus souvent du stress thermique. Différents leviers (adaptation des bâtiments, génétique, croisements, agroforesterie...) devront être mobilisés pour y faire face.

Annexe 1 : Description de la méthodologie de l'étude CLIMALAIT**Quatre grandes phases d'étude.****1/ Définir des Unités Laitières AgroClimatiques.**

L'objectif est de définir des zones d'études pertinentes pour le programme. Une Unité Laitière présente une homogénéité pédoclimatique ainsi qu'en termes de potentiel fourrager, de systèmes d'élevage et d'évolution climatique. Ce zonage est une photographie de la diversité de la France :

- diversité climatique avec par exemple 710 mm seulement de précipitations annuelles pour certaines zones (plateau Calaisien, Boischaut), et 1 500 mm pour les plateaux du Jura
- diversité des structures d'exploitations laitières, illustrée par une taille moyenne de SAU (au RGA de 2010) de 50 ha (Monts du Lyonnais) à 271 (Plateau de Langres), ou un quota moyen (le dernier connu) allant de 90 000 litres (Beaufortin) à 453 000 (Chaurouce)
- diversité des modes de production : pratiquement que des prairies dans la zone des AOP savoyardes, et jusqu'à 65 % de maïs ou de sorgho dans la SFP des exploitations laitières béarnaises.

Une trentaine d'unités laitières agro-climatiques ont ainsi été définies.

2/ Décrire les évolutions du climat, dans chacune des unités laitières agroclimatiques au travers d'indicateurs météorologiques et agroclimatiques (température, pluie, bilan hydrique...).

Le futur climatique s'approche soit en prolongeant les tendances constatées, soit par simulation. Ce sont les grands laboratoires de recherche climatique du monde qui mettent au point les simulateurs de climat.

Avec le soutien de Météo-France, 3 d'entre eux ont été mobilisés : un français (le CNRM) – qui correspond aux données **Aladin** –, un Suédois (données **SMHI**), et un Néerlandais (**KMNI**). Nous présentons des calculs faits sur les périodes 1986-2015 (sert de base de comparaison), 2030-2059 (futur proche = P), et 2070-2099 (futur lointain = L) pour **Aladin** seulement.

Tous les modèles n'indiquent pas exactement la même chose, mais tous vont dans le même sens et prédisent un réchauffement dans le cadre du RCP 8.5, un scénario dans le cadre duquel les concentrations en gaz à effet de serre feraient plus que doubler d'ici la fin du siècle. Ces données simulées sont comparées à des données issues d'observations (désignées par « **obs** ») : il s'agit des données du modèle **SAFRAN**.

3/ Évaluer les impacts concrets du changement climatique sur les cultures fourragères et les systèmes d'élevage de chaque unité laitière agroclimatique.

C'est le cœur du programme. Grâce aux simulations STICS (Simulateur multIdisciplinaire pour les Cultures Standard), l'évolution prévue des rendements de cultures fourragères est analysée. STICS simule le fonctionnement d'un système comprenant le couvert végétal et le sol (la partie de sol colonisée par les racines). L'atmosphère au voisinage du système est représentée par un ensemble de variables climatiques.

Le paramétrage du modèle est adapté à chaque zone : les données climatiques sont issues du modèle **Aladin** pour un point choisi dans la zone étudiée, les itinéraires techniques sont définis et validés avec les conseillers du secteur, et les sols sont issus d'une base nationale. Ainsi sont évalués les impacts concrets du changement climatique sur les cultures fourragères principales (maïs, prairie, luzerne).

4/ Proposer des stratégies d'adaptation pour les systèmes d'élevages laitiers.

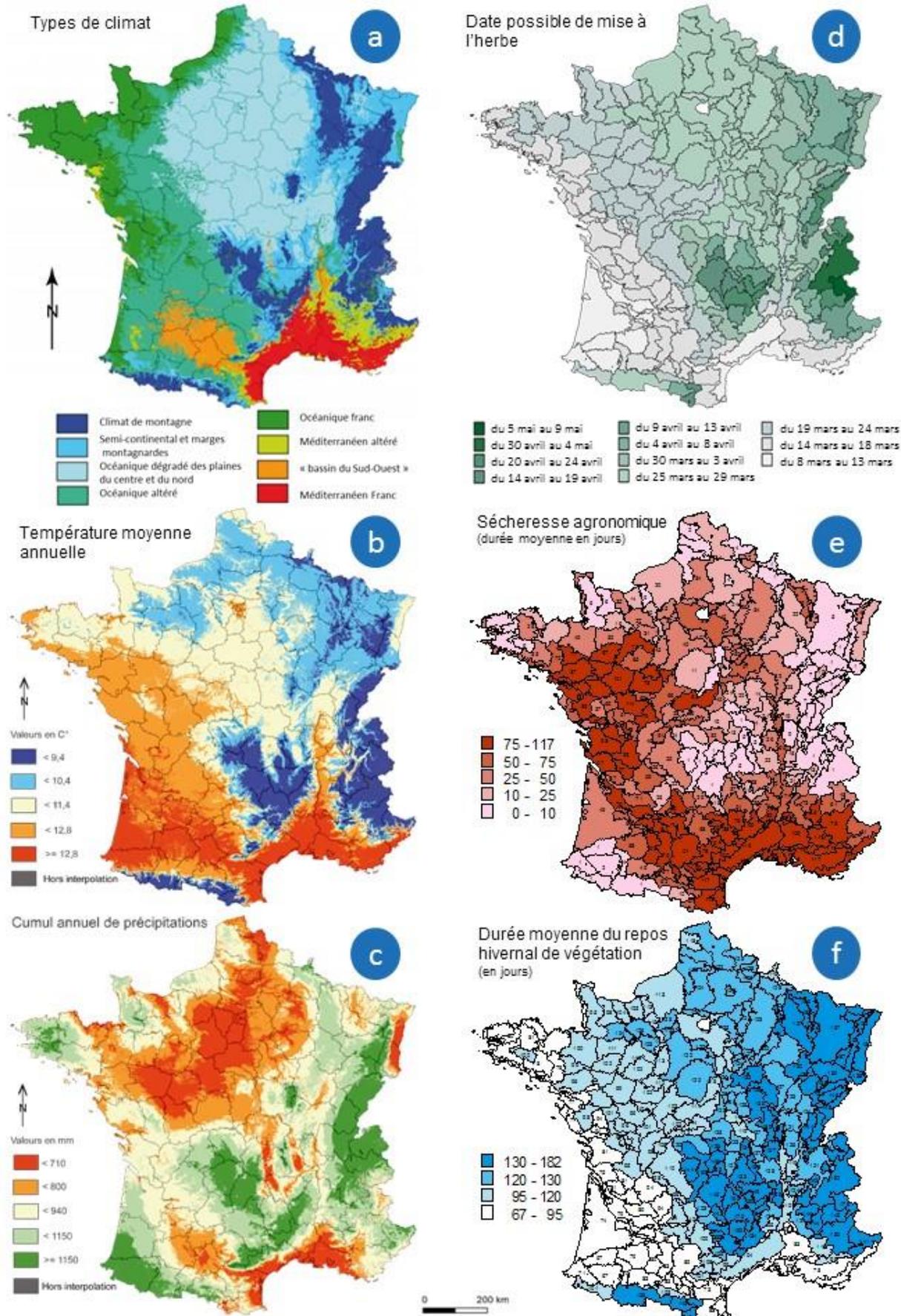
Un outil très apprécié des éleveurs est utilisé, le Rami Fourrager®. Il s'agit d'un jeu de plateau qui permet de modéliser un système fourrager et de le confronter à diverses contraintes. Les joueurs (éleveurs, conseillers...) peuvent alors reconfigurer le système pour l'adapter à ces contraintes. L'outil est donc un support de discussion pour le groupe, qui peut alors envisager des leviers d'adaptation et en visualiser les conséquences.

Pour les systèmes d'exploitation de chaque unité laitière agroclimatique, les besoins du troupeau laitier et les apports des cultures fourragères sont définis. Les équilibres sont analysés au travers de différents indicateurs.

Ce travail permet également de confronter les hypothèses émises par les experts de Climalait aux réflexions des éleveurs et des conseillers.

Les résultats de l'étude se présentent sous forme de fiches de synthèse.

Annexe 2 : Climats de France et conséquences agronomiques



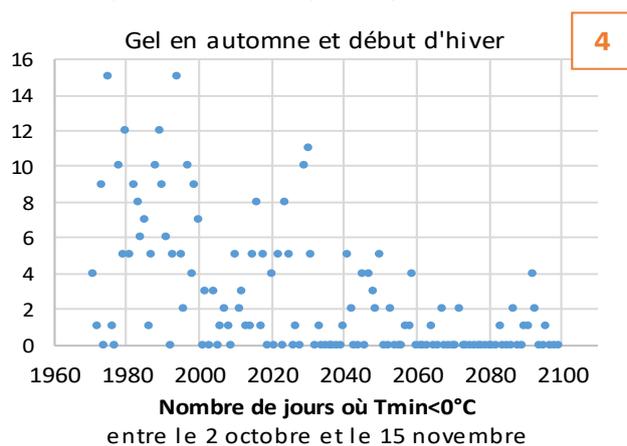
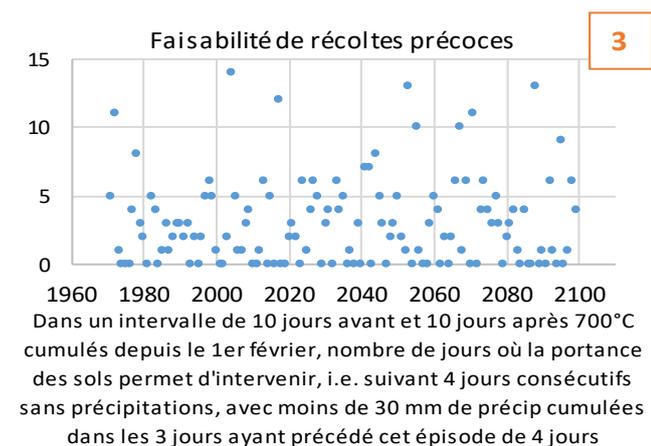
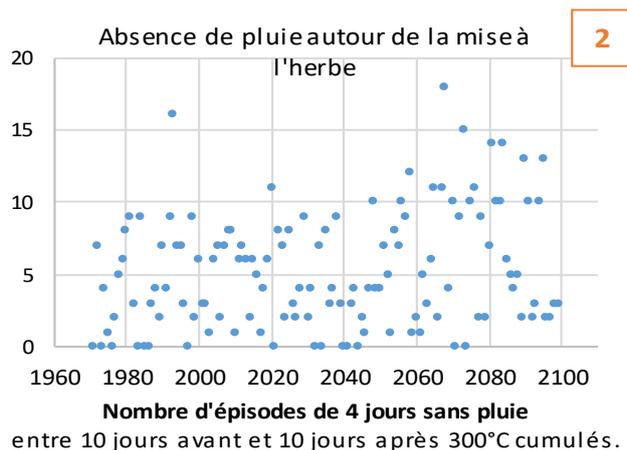
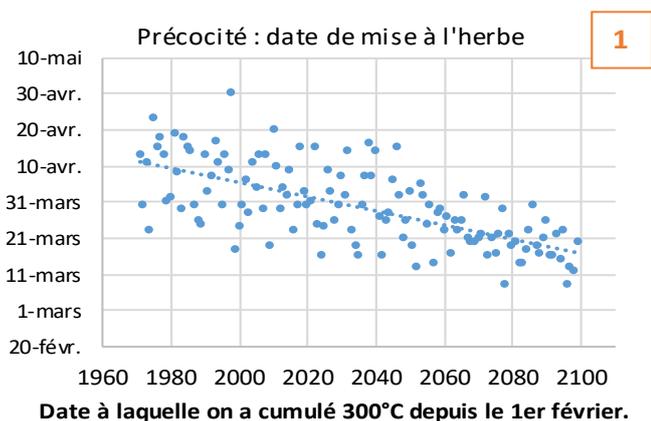
Sources et méthodes a, b, c : INRA, CNRS, Université de Bourgogne ; d, e, f : données Météo France, SSP, INRA calculées pour ISOP, traitement Institut de l'Élevage pour 228 régions fourragères. d. La date possible de mise à l'herbe est estimée par la date d'atteinte d'un seuil de 300°C cumulés depuis le 1^{er} février. e. La sécheresse agronomique est définie comme la période durant laquelle la réserve utile est inférieure à 20% de la capacité au champ (point de flétrissement). f. La durée du repos hivernal de végétation est définie comme l'écart en jours entre la date d'arrêt de la pousse de végétation (température moyenne < 7°C) et la date de démarrage de végétation.

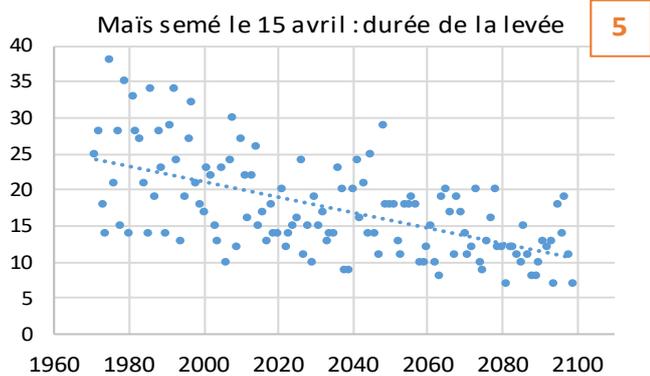
Annexe 3 : Évolution climatique et conséquences pour la mise en place et l'accès aux ressources fourragères (à partir du modèle de climat ALADIN)

Au-delà des conséquences sur l'évolution des rendements des différentes cultures fourragères ou de la prairie, l'évolution du climat a aussi un impact sur les conditions d'accès à la ressource (facilitation du pâturage, réalisation des fauches ou de l'ensilage du maïs), ou sur les conditions de semis et de levée (maïs). On peut approcher ces impacts par le calcul d'indicateurs agroclimatiques, dans le passé comme dans le futur. On peut ainsi préciser ces impacts saison par saison.

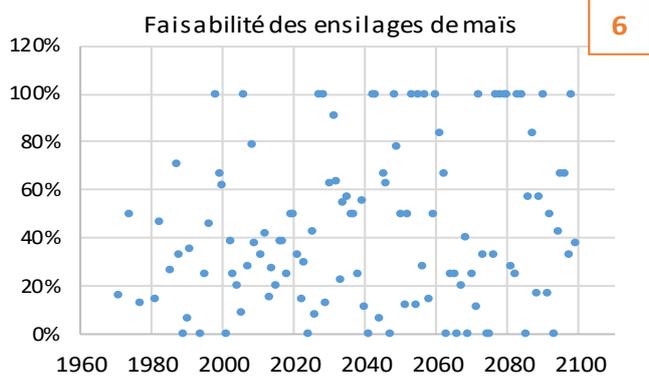
Les conditions de début du printemps semblent évoluer favorablement : l'herbe pousserait plus tôt [1], et la pluviométrie permettrait de réaliser les mises à l'herbe dans des conditions similaires voire légèrement améliorées [2]. En plein printemps, les récoltes précoces pourraient être réalisées dans des conditions similaires à celles connues actuellement [3]. En fin de saison (du 2 octobre au 15 novembre), les journées de gel deviendront de moins en moins fréquentes, permettant souvent de maintenir les animaux au pâturage (s'il y a de l'herbe) [4]... En ce qui concerne le maïs, l'augmentation des températures diminuerait les risques de stress lié au froid lors de la levée [5], ce qui pourrait permettre des semis plus précoces. En fin de cycle, les conditions de récolte s'améliorent [6], alors que l'augmentation des températures accélère le dessèchement des grains et donc raccourcit la période optimale de récolte.

Enfin, il ne faut pas oublier les conséquences directes du climat sur les animaux eux-mêmes : lors d'épisodes caniculaires, les vaches réduisent leurs déplacements et leur ingestion, l'herbe au pâturage est alors moins bien exploitée, alors même que sa senescence est accélérée et sa pousse stoppée (voir [7] : évolution des épisodes caniculaires).

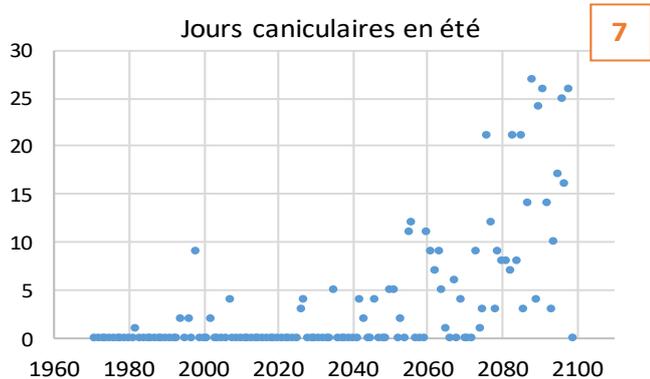




Nombre de jours nécessaires pour cumuler 80°C en base 6 à partir du 15 avril. En bonnes conditions, le maïs lève en 7 jours. Une levée en plus de 10 jours traduit un stress léger, une levée en plus de 20 traduit un fort stress (L. Maunas, Arvalis).



Pourcentage de jours où la récolte est possible (c'est-à-dire suivant un épisode de 5 jours sans pluie), entre les stades 30 et 35%MS, pour un maïs de catégorie SC semé le 15 avril. 100 signifie que tous les jours de la période sont praticables.



Nombre de jours avec Tmax > 35°C, entre le 5 juillet et le 20 août.

Rédaction : Jean-Christophe Moreau (*Idele*), Aurélie Madrid (*Idele*) et Marie Lecarme (*Idele*).

Avec la participation de : Alice Berchoux (*BTPL / Idele*), Magali Bergot (*Météo-France*), Thierry Brun (*Idele*), Françoise Ruget (*INRA*), Franck Souverain (*Météo-France*).

Crédits photos : Alice Berchoux (*BTPL / Idele*)

Version : Mai 2019

Remerciements aux éleveurs qui ont participé aux groupes de travail.

Les informations contenues dans cette publication ont été obtenues dans le cadre d'un Projet de recherche initié par le CNIEL, mené conjointement avec ARVALIS, le BTPL, les Chambres d'agriculture, l'INRA, l'Institut de l'Élevage et Météo-France, avec le concours financier du CNIEL et de l'Agence de l'eau Seine-Normandie.

Climalait, un projet de recherche initié par le CNIEL et mené par



Avec le concours financier de

