



POUR L'ADAPTATION DES ÉLEVAGES LAITIERS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'élevage bovin laitier est confronté au changement climatique :

- Comment le climat va-t-il 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, la Chambre d'Agriculture Pays de la Loire, 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 :

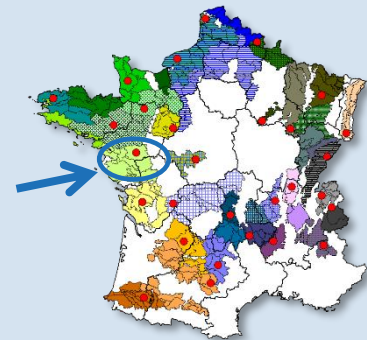
- ✓ Un zonage de la France en une trentaine d'Unités Laitières Agroclimatiques représentatives de la diversité des contextes de production du lait en France (voir ci-contre),
- ✓ Des données sur l'évolution du climat à l'échelle de chacune de ces zones,
- ✓ Les impacts du changement climatique, sur des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

DES RÉSULTATS

pour la zone des Mauges



Carte présentant les 30 unités laitières agroclimatiques

Au sommaire :

La Région Agricole des Mauges : première zone étudiée dans le cadre de CLIMALAIT.....	2
Climat de la zone des Mauges	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	14
Annexes.....	15

Glossaire

ETP : Évapotranspiration
GES : Gaz à Effet de Serre
MCPI : Mélanges Céréales Protéagineux Immatures
SCOP : Surfaces en Céréales, Oléagineux et Protéagineux
RA : Région Agricole / PRA : Petite 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 des Mauges : première zone étudiée dans le cadre de CLIMALAIT

Une zone assez fortement spécialisée et intensive, aux ressources fourragères diversifiées, engagée fortement dans l'accroissement de la production

Comme partout en France, la SAU moyenne par exploitation de la zone augmente à un rythme soutenu (dans la moyenne, à près de + 4 % par an), sans que la main d'œuvre augmente au même rythme (seulement + 1 % par an pour l'augmentation du nombre d'UTA par exploitation), ce qui contraint les éleveurs, là comme ailleurs, à faire de constants gains de productivité sur le plan du travail.

Parmi les zones d'étude choisies, la RA des Mauges est de celles qui ont connu le plus fort accroissement du cheptel de VL entre les RGA de 2000 et 2010, et cette évolution se prolonge. Les effectifs de VA dans les exploitations n'ont pas pour autant baissé. Le quota moyen pour la dernière campagne (2014-2015) a ainsi atteint dans cette zone 344 000 litres (à la base du tiers supérieur de notre échantillon de 29 zones), avec une moyenne par VL estimée aux alentours de 7 000 litres, c'est-à-dire mieux que les autres zones que nous avons sélectionnées dans le quart Ouest de la France, mais moins que dans la plupart des zones de polyculture élevage retenues pour l'étude.

Ce n'est pas la zone dans laquelle la part de maïs dans la SFP est la plus élevée, ni celle où les surfaces en maïs

ensilage ont progressé le plus vite entre les deux RGA : on reste près de la moyenne des exploitations de nos zones d'étude, avec quand même 38 % de la SFP occupée par le maïs (on était à 44 % en 2000). Par rapport à l'ensemble Bretagne-Normandie-Pays de Loire, la zone des Mauges est de celles qui recourent le plus à l'irrigation, pour environ un tiers des surfaces en maïs. Le cheptel des exploitations de la zone s'étant accru au même rythme que la SFP, le chargement apparent n'a pas évolué entre 2000 et 2010, il est de l'ordre de 1,67 UGB/ha. Comme dans toutes les autres zones de l'Ouest, la sole en céréales et autres grandes cultures augmente, au même rythme que la taille des exploitations : en 2010, on comptait en moyenne 22 ha de ces cultures dans les exploitations laitières.

	UTA	SAU (ha)	Grandes cultures (ha)	SFP (ha)	Dont maïs fourrage (ha)	Nb total d'UGB	Nb de VL
En 2010	2,2	80	22	58	17	98	49
Évolution entre 2000 et 2010 (% de 2000)	+10%	+38%	+39%	+37%	+46%	+35%	+53%

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

Plusieurs manières de produire du lait, mais toujours avec plus ou moins de maïs

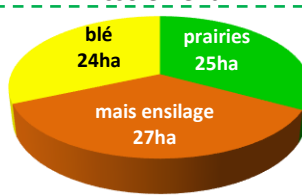
Comme toutes les moyennes, celles qu'on peut calculer à partir des données du RGA masquent la diversité. L'équipe en charge de l'élaboration de références distingue habituellement dans la zone plusieurs systèmes cohérents marqués par la place plus ou moins grande du maïs et le niveau d'intensification zootechnique (lait par VL, importance et conduite du renouvellement). Par exemple :

Lait spécialisé silo ouvert

Avec plus de 30 % de maïs dans la SFP

Ce type de système de production se retrouve dans la plupart des zones de la région des Pays de la Loire. Le litrage contractualisé par hectare élevé pour ces zones (presque 6 000 litres/ha SAU) provient d'une intensification historique ; il a aussi pu être obtenu grâce à des attributions laitières successives qui ont permis aux exploitants de rester globalement spécialisés en lait. Le maïs ensilage est le pivot du système fourrager pour ces éleveurs.

Assolement



Maïs ensilage : 11 tMS stockées/ha
Prairies : 6,3 tMS valorisées/ha
Blé : 70 q/ha

Productions animales

62 vaches laitières Prim'Hostein à 9 400 kg au contrôle laitier
22 génisses élevées par an
Vêlage à 28 mois

88 UGB totaux

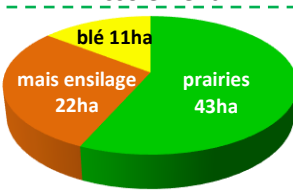


Lait spécialisé silo fermé

Avec environ 30 % de maïs dans la SFP

Ce type de système de production se situe dans les zones à potentiel fourrager moyen, particulièrement pour les cultures d'hiver. Les éleveurs ont choisi une voie intermédiaire pour valoriser les terres à proximité des bâtiments par le pâturage d'autant plus que le parcellaire le permettait. Pour sécuriser le système, les stocks sont produits en grande partie par le maïs ensilage et l'ensilage d'herbe.

Assolement



Maïs ensilage : 11 tMS stockées/ha
Prairies : 5,9 tMS valorisées/ha
Blé : 70 q/ha

Productions animales

69 vaches laitières Prim'Hostein à 8 600 kg au contrôle laitier
24 génisses élevées par an
Vêlage à 29 mois

98 UGB totaux

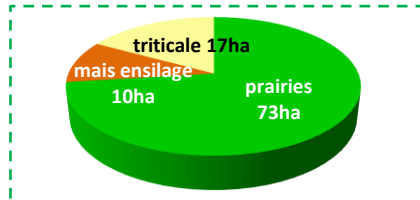


Lait bio spécialisé

Avec moins de 10 % de maïs dans la SFP

Ce système de production se retrouve dans la plupart des zones de la région Pays de la Loire où les potentiels fourragers sont « moyens » mais où il est possible de réaliser des stocks d'herbe sur pied de qualité en été. Avec 70 ares accessibles par vache, l'herbe pâturée constitue 40 % de l'alimentation des bovins. Les prairies multi-espèces sont à la base du système fourrager. Renouvelées tous les 5 à 7 ans, elles aident à fournir des fourrages de qualité et en quantité suffisante.

Assolement



Maïs ensilage : 8 tMS stockées/ha
Prairies : 5,4 tMS valorisées/ha
Céréales : 30 q/ha

Productions animales

69 vaches laitières Prim'Hostein à 7 100 kg au contrôle laitier
19 génisses élevées par an
Vêlage à 23 mois
94 UGB totaux



La région des Mauges n'échappe pas à l'agrandissement des exploitations. Le cheptel laitier suit la même évolution, sans pour autant réduire le cheptel allaitant. Les systèmes fourragers présentent une certaine diversité, qui se répercute sur les systèmes d'élevage dans leur ensemble : le maïs (en sec ou irrigué) est présent, et l'irrigation, sans atteindre l'importance qu'elle a dans le Sud-Ouest, est fortement utilisée ; la prairie est présente sous diverses formes (permanente, temporaire, artificielle – luzerne –) ; la sole en céréales est loin d'être ridicule, ce qui apporte aussi des possibilités d'utilisation directe en transformation fourragère (ensilage de céréales immatures), mais aussi pour la mise en place de dérobées d'hiver ou d'été-automne.

Climat de la zone des Mauges

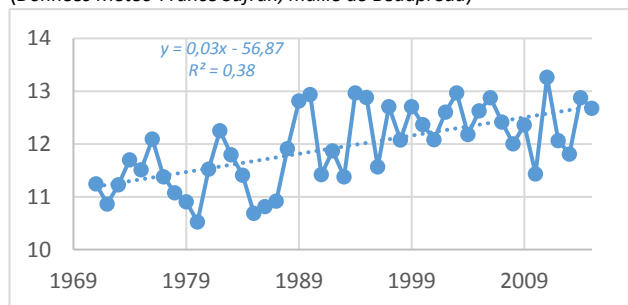
Le climat actuel des Mauges : « douceur angevine », pas que des avantages... (voir cartes en annexe 2)

La zone des Mauges bénéficie d'un climat dit « océanique altéré » (carte a), avec des températures assez douces (carte b) qui permettent un arrêt de végétation hivernal plutôt court (carte f) et donc un démarrage de la végétation (caractérisé par la date d'arrivée à 300 °C cumulés depuis le 1^{er} février, carte d) relativement précoce par rapport aux autres zones de France : un atout pour la valorisation de la prairie. Cependant, avec un cumul annuel de précipitations inférieur à 710 mm (carte c), la zone fait partie des moins arrosées de France. Il en résulte une sécheresse agronomique estivale parmi les plus longues, similaire à celles rencontrées dans le Sud-Ouest (carte e).

Évolution récente du climat

L'évolution de la température moyenne annuelle sur le site de Beaupréau, au cœur des Mauges, est relativement nette : en 40 ans, le climat s'est réchauffé de plus d'1 °C. Les températures semblent s'être accrues plus vite au printemps qu'en été.

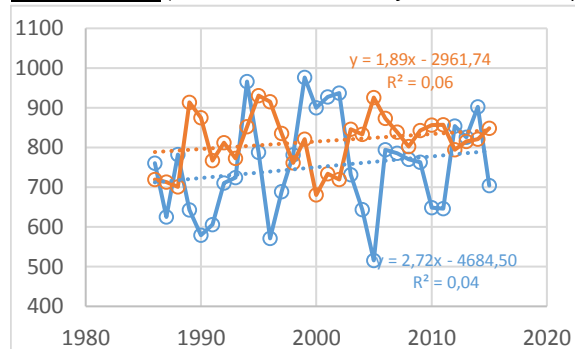
Évolution de la température moyenne annuelle de 1986 à 2015
(Données Météo-France Safran, maille de Beaupréau)



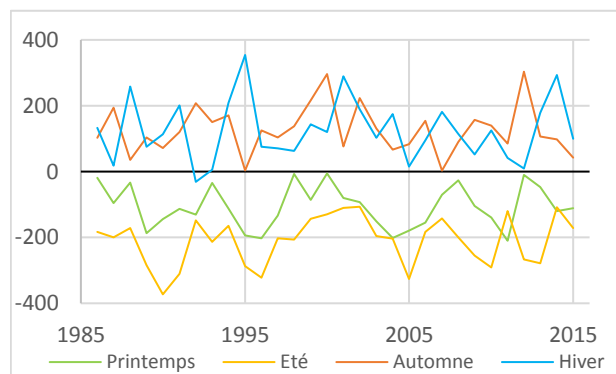
En lien fort avec l'élévation des températures, on note une tendance à la hausse de l'ETP (+ 55 mm sur 30 ans). L'évolution des précipitations est plus incertaine, on peut remarquer surtout la forte variabilité inter-annuelle du cumul de précipitations.

Le calcul du bilan hydrique saisonnier (cumul des précipitations - cumul de l'ETP) ne montre pas d'évolution significative sur les 30 dernières années. Ce bilan est toujours déficitaire au printemps et en été, mais l'ampleur du déficit est très variable.

Évolution de l'ETP et des précipitations en cumulés annuels (mm) de 1986 à 2015
(Données Météo-France Safran, maille de Beaupréau)



Bilan hydrique (P-ETP, en mm) calculé par saison de 1986 à 2015
(Données Météo-France Safran, maille de Beaupréau)

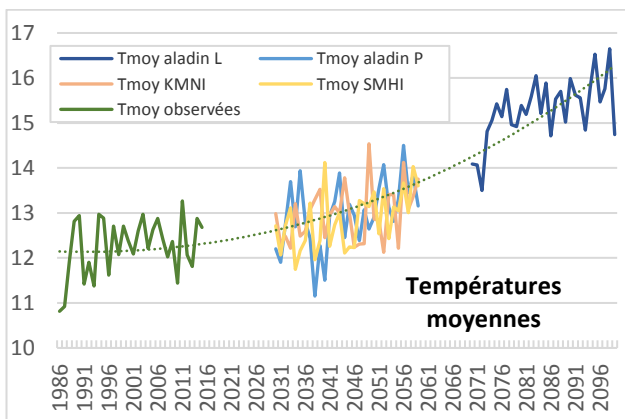


Évolutions futures du climat

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**.

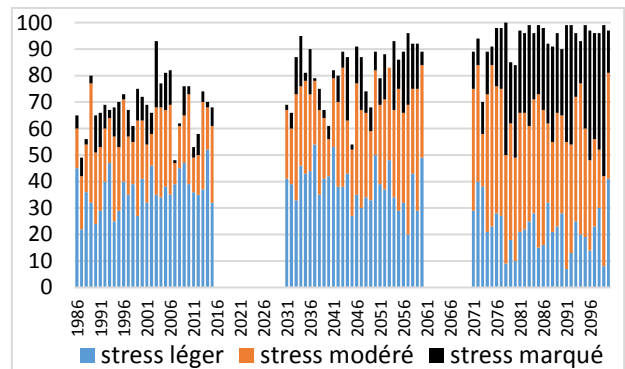
Évolution des températures moyennes annuelles

Quel que soit le modèle, il prédit une augmentation de la température encore modérée (de l'ordre d'1 °C) dans le futur proche. Ce n'est que dans la seconde moitié du siècle que le réchauffement s'accélérerait rapidement pour atteindre + 3,5 °C par rapport au niveau actuel.



L'analyse des données simulées montre qu'autour de ce niveau, l'hiver se réchaufferait moins (+ 2 °C) que l'été (+ 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 3,5 °C à l'échelle de l'année en fin de siècle, ça signifie souvent + 6 °C pour les maximales en été, et seulement + 1,5 °C pour les minimales en hiver. Il continuera à geler, mais moins, 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 suivant 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 par le passé : 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 selon l'intensité du stress tel que mesuré avec le THI, de 1986 à 2014 (sur données observées) et sur le futur (modèle Aladin)

$$THI \text{ (Temperature Humidity Index)} = 1,8 * Ta - (1 - HR) * (Ta - 14,3) + 32$$

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 16 mars (une année sur 2 entre le 10 et le 23 mars), elle pourrait passer aux alentours du 12 mars dans le futur proche, et du 3 mars dans le futur lointain.

	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 ...	10/3 23/3	10/3 21/3	11/3 23/3	5/3 20/3	7/3 20/3	4/3 14/3	2/3 5/3
Médiane	15/3	14/3	18/3	11/3	12/3	9/3	4/3

Date moyenne d'atteinte d'une somme de températures de 300 °C en base 1^{er} février, avec les données observées (1986-2015) et dans les différentes séries simulées.

Évolution des précipitations

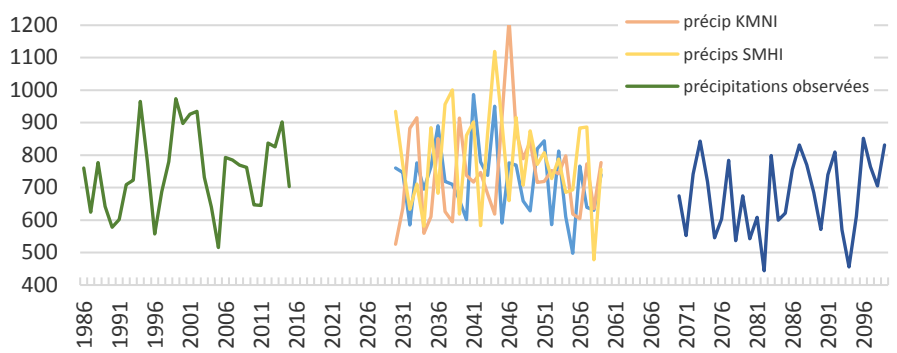
Il n'y a pas de tendance nette quant à l'évolution du cumul annuel de précipitations : aucun des trois modèles ne prédit pour le futur proche une baisse du cumul annuel de précipitations dans cette zone, sauf peut-être en fin de siècle avec le modèle **Aladin**. Ce qui domine, c'est surtout la très forte 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, c'est qu'il est prévu qu'il pleuve davantage, et inversement s'il est inférieur à 1.

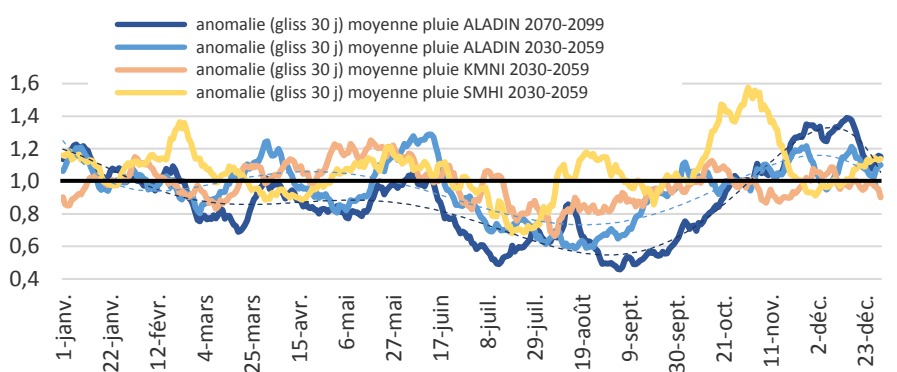
Ainsi dans le futur proche, le modèle **KMNI** prévoit globalement plus de précipitations au printemps, pour le modèle **SMHI** ce serait plutôt en automne, et pour le modèle **Aladin** en hiver... Ce dernier prévoit à l'opposé une diminution des précipitations au milieu du printemps. Les trois modèles prévoient moins de précipitations en juillet, et même en août et septembre pour **Aladin** et **KMNI**. On peut donc s'attendre à des sécheresses météorologiques estivales, voire printanières, plus fréquentes. Le tableau ci-contre indique la fréquence possible de tels aléas climatiques, dans le passé et pour le futur, selon le modèle climatique.

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 augmenterait l'ETP au cours de l'année. En augmentant plus fortement, 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 cultures 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.

Cumuls annuels de précipitations observés de 1986 à 2014 et prévus par les 3 modèles de simulations dans le futur.

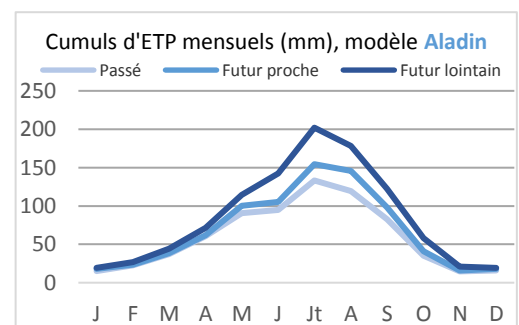


Anomalies de précipitations (futur / ref sur passé)



Pour chacune des 2 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**).

	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	2/10	1/10	3/10	+3%	-3%	-13%	+17%
au moins 20 jours sans pluie entre le 01/07 et le 01/09	4/10	5/10	2/10	+23%	+7%	-7%	+37%



Le climat des Mauges se caractérise par des températures clémentes et des précipitations modérées.

Les températures moyennes sont en augmentation sur les dernières décennies et dans le futur simulé, notamment en ce qui concerne les maximales. Au printemps, cette augmentation pourrait permettre d'avancer la mise à l'herbe. En été, elle se traduirait par une augmentation des épisodes caniculaires, qui impliquent un arrêt de la croissance voire la mort de certaines espèces prairiales, et un stress thermique plus ou moins marqué chez les animaux.

Les précipitations sont variables d'une année sur l'autre, et cette variabilité se retrouve dans le futur. La répartition des précipitations sur l'année diffère entre les modèles, mais tous prédisent une diminution des pluies en été. Cumulé avec l'augmentation prévue de l'évapotranspiration, cet effet sur les précipitations estivales contribue à accentuer l'importance du déficit hydrique estival.

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 issues du modèle **Aladin**, des itinéraires techniques de la zone, et sur deux types de sols représentatifs de ceux de la zone.

	Profondeur	Taux d'argile	Réserve utile
Sol superficiel	60 cm	7,5 %	55 mm
Sol profond	120 cm	20 %	150 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 deux types de sol. Les courbes de croissance présentées 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 plus précoce. Par conséquent, une mise à l'herbe plus précoce pourrait être envisagée. Cela confirme les calculs réalisés précédemment à partir des cumuls de températures. D'autres indicateurs construits à partir de la pluviométrie autour de la mise à l'herbe (présentés en annexe 3), montrent qu'en règle générale, les conditions climatiques rendraient possible cette mise à l'herbe précoce et permettraient de tirer profit de cette herbe de début de printemps.

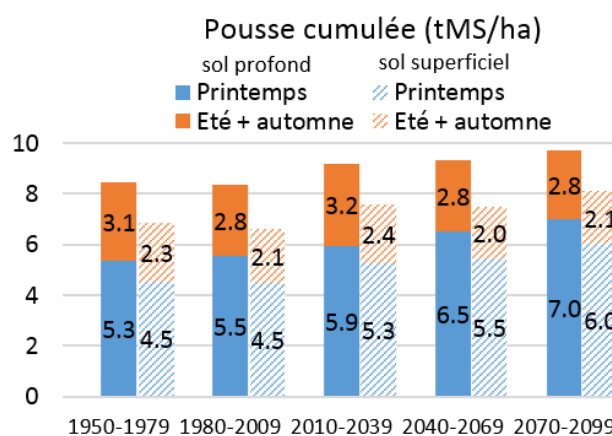
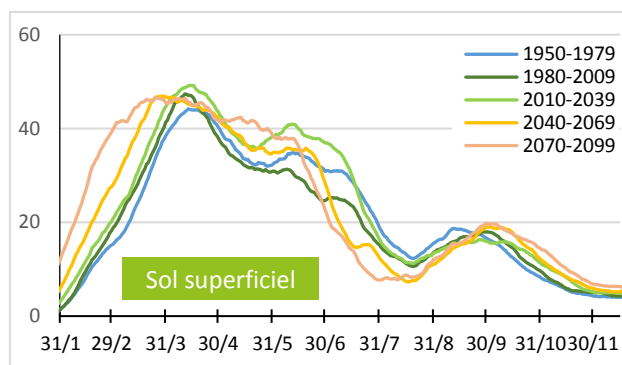
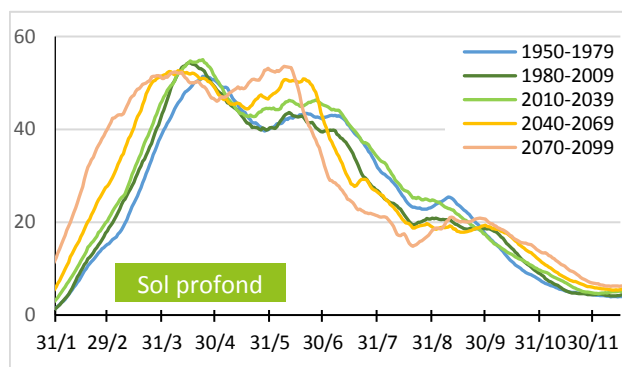
Dès la fin du printemps et tout l'été, les simulations montrent une croissance de l'herbe ralentie, et ce d'autant plus tôt qu'on va vers le futur lointain. Ce creux d'été, déjà marqué actuellement en sols superficiels, serait plus intense et plus long à l'avenir. Au contraire, les conditions automnales permettraient une reprise de la croissance de l'herbe à l'automne et au début de l'hiver, jusqu'à une date plus tardive que ce qu'elle est actuellement, et plus marquée en sol superficiel.

Ces résultats sont conformes à ce qui a été vu dans des études antérieures sur le changement climatique (ACTA-CC, Climator).

En résumé, l'herbe pousserait plus tôt au printemps et plus tard à l'automne, mais avec un ralentissement d'été plus marqué.

De fait, s'il y a un gain possible de rendement dans le futur, celui-ci se ferait essentiellement par la période de printemps comme l'indique le graphique ci-contre.

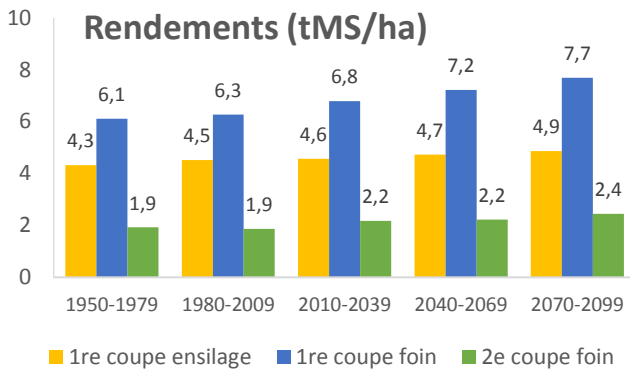
Pousse d'une prairie à base de graminées, en kg de MS/ha/jour, selon la période de 30 ans simulée, en itinéraire « pâturage »



Focus sur les récoltes de foin et ensilage

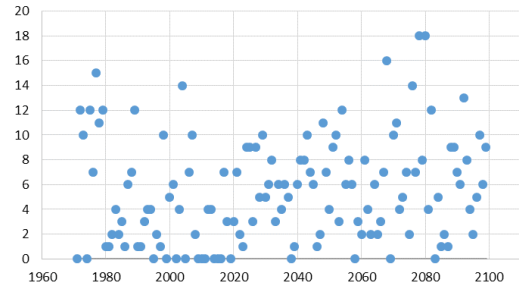
Ces mêmes résultats de simulations montrent une augmentation des rendements des premières coupes au printemps.

Rendements des coupes de premier cycle selon la période



Parallèlement, les conditions de récolte par exemple pour un ensilage de bonne qualité (fauche précoce) devraient s'améliorer comme le montre le graphique ci-dessous.

Dans un intervalle de 10 jours avant et 10 jours après 700 °C cumulés depuis le 1^{er} février, **nombre de jours où la récolte est possible** (4 jours consécutifs sans précipitations, avec moins de 30 mm de précipitations cumulées dans les 3 jours ayant précédé cet épisode de 4 jours consécutifs sans précipitations, et moins de 5 mm la veille).



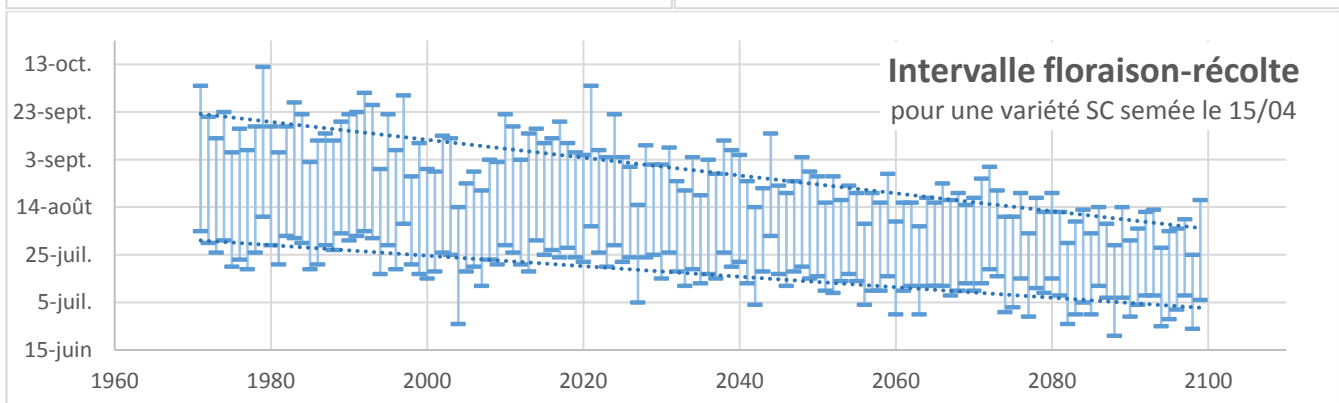
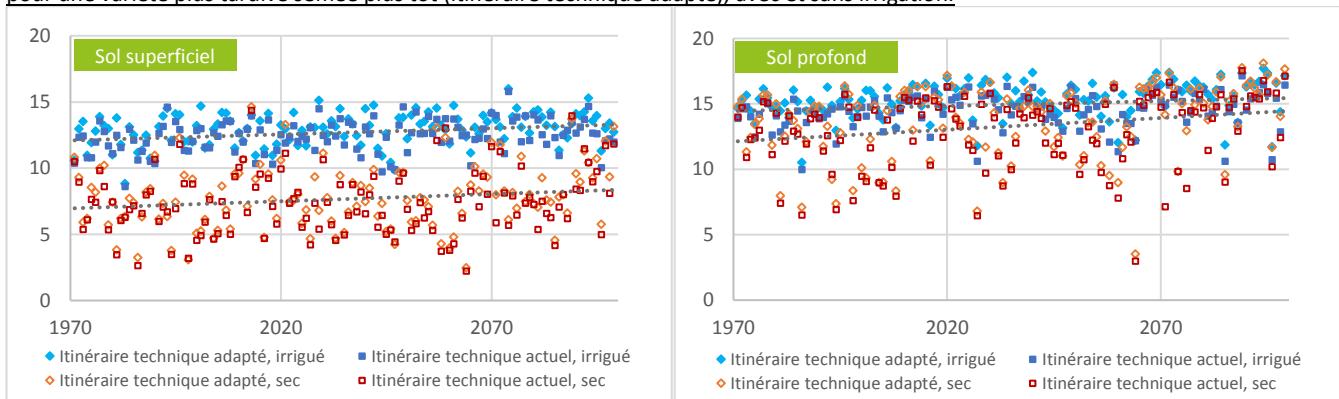
Maïs

Les simulations sont réalisées pour :

- deux groupes de précocité : le groupe majoritaire actuellement (SC, indice 260 à 330) et un plus tardif (indice 310 à 400),
- deux dates de semis : la normale actuelle (15 avril) et 15 jours plus tôt,
- les deux types de sol présentés précédemment,
- avec ou sans irrigation.

Les rendements du maïs seraient stables, voire en très légère augmentation. L'irrigation permet d'atténuer la variabilité entre les années, et d'augmenter les rendements, notamment en sol superficiel. Les dates de floraison et de récolte seraient de plus en plus précoces : entre les périodes 1970-2001 et 2070-2099, on gagnerait en moyenne une vingtaine de jours à la floraison et une quarantaine à la récolte. À condition que les ressources en eau soient suffisantes, des variétés plus tardives pourraient donc être semées sans risquer de problème à la récolte.

Rendements obtenus pour chaque année simulée, pour la combinaison précocité x date de semis actuelle (itinéraire technique actuel), et pour une variété plus tardive semée plus tôt (itinéraire technique adapté), avec et sans irrigation.

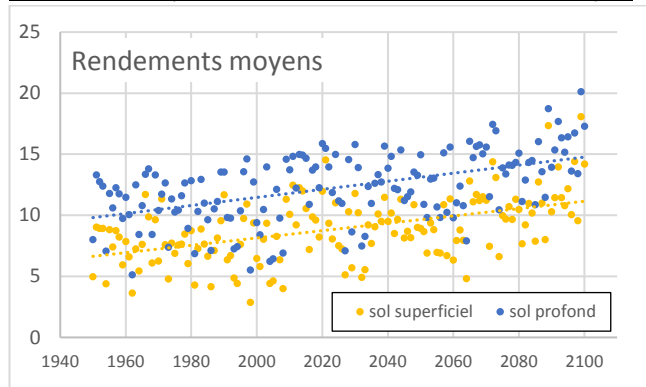


Luzerne

Les simulations ont été réalisées sur les mêmes sols que précédemment, pour des itinéraires techniques à 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 biomasse disponible soit suffisante. Par conséquent, les 3, 4 ou 5 coupes visées ne sont pas systématiquement réalisées par le modèle. 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 visées ou réalisées, les rendements cumulés seraient à la hausse. D'autre part, si l'ensemble des rendements moyens augmente, la variabilité interannuelle est toujours aussi marquée, notamment en sol superficiel.

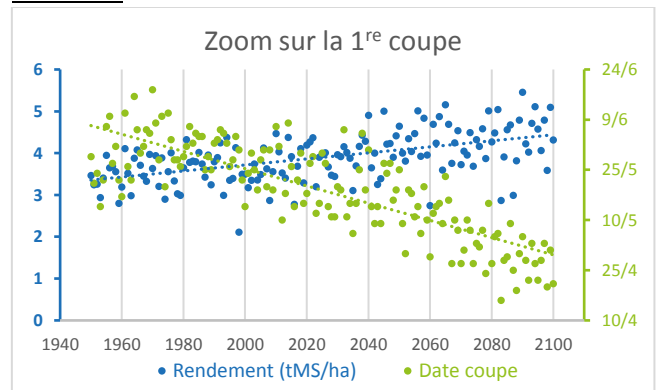
Moyenne des rendements cumulés obtenus pour chacun des trois itinéraires techniques utilisés dans les simulations (3, 4 et 5 coupes)



Le détail des rendements cumulés par itinéraire technique (non présenté ici) ne montre que peu de différence entre les rendements cumulés suivant le nombre de coupes. Les différences se situent au niveau de la qualité du fourrage récolté, et du temps de travail nécessaire.

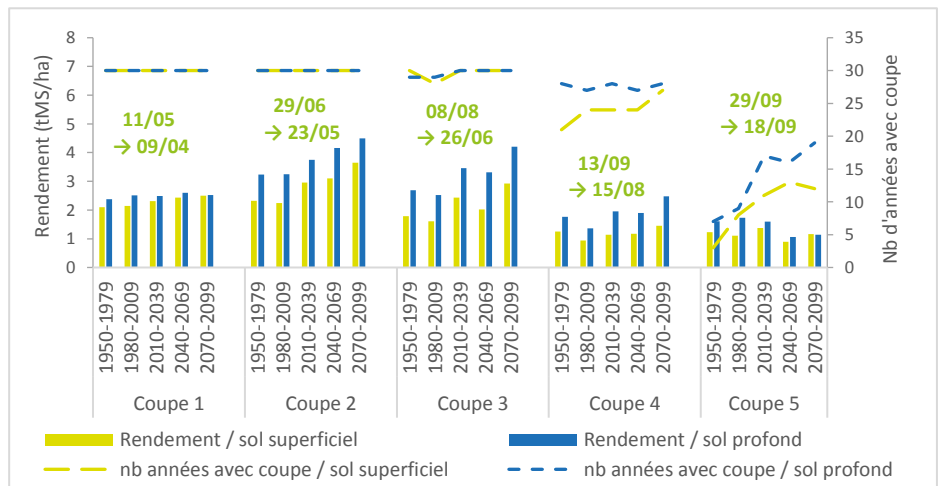
Ce gain de rendement cumulé est à relier à l'évolution des conditions de printemps qui, comme pour la prairie, permettraient un démarrage en végétation et donc une exploitation des luzernières plus précoces. En moyenne, dans la période 2010-2039, la première coupe interviendrait une semaine plus tôt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

Dates de coupe et rendements en 1^{re} coupe, dans le cas d'un itinéraire technique visant 3 coupes et en moyenne sur les deux sols utilisés



Cette avancée du démarrage en végétation se répercute sur l'ensemble de la saison. À la fin du siècle, deux coupes seraient possibles avant la sécheresse estivale, avec des rendements moyens à la hausse. Les dernières coupes seraient plus fréquemment possibles.

Ci-contre : rendements des différentes coupes, pour les simulations à 5 coupes visées. En pointillés : fréquence de réalisation des coupes par le modèle (en nb d'années/30). En vert : avancée des dates moyennes de coupe entre les périodes 1950-1979 et 2070-2099.



Les simulations réalisées mettent en évidence un démarrage en végétation plus précoce accompagné de bonnes conditions au printemps, qui permettent ainsi d'avancer la mise à l'herbe, les premières coupes et les semis des cultures de printemps. Conséquence de l'augmentation des températures, les rendements restent stables voire en légère hausse pour ces coupes précoces, malgré un cycle de croissance raccourci.

En été, l'augmentation du déficit hydrique se traduit par un ralentissement de la croissance de l'herbe plus marqué et plus long. En revanche, la reprise automnale pourrait se prolonger en fin de saison.

En ce qui concerne le maïs, on observe une avancée des dates de floraison et récolte, pour des rendements stables ou en légère hausse. La variabilité inter-annuelle reste importante, notamment sans irrigation.

Conséquences à l'échelle des systèmes et adaptations possibles

La Commission Lait des Mauges, animée par Céline Marsollier (Chambre d'Agriculture 49) rassemble une dizaine d'éleveurs et des partenaires du secteur pour réfléchir sur l'évolution de la filière laitière dans les Mauges. En juin et octobre 2016, elle a abordé la question du changement climatique. Pour les parties de Rami Fourrager®, trois contextes climatiques et deux systèmes ont été traités.

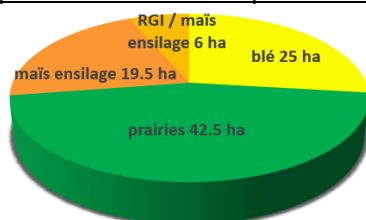
Les systèmes

Deux types de systèmes représentatifs des élevages laitiers des Mauges ont été extraits de la base de cas-types de la région Pays de la Loire. Ils sont l'un comme l'autre assez répandus dans la région, au-delà de la PRA des Mauges.

Le premier, intitulé « **Lait spécialisé silo ouvert en potentiel moyen** », décrit des systèmes intensifiés, qui reposent essentiellement sur le maïs distribué toute l'année. Ce cas-type a inspiré le groupe, mais le système qui a finalement été construit au cours de la partie s'en est quelque peu détaché, en poussant sa logique intensive plus loin : pas de pâture l'été, plus de dérobées avant maïs, de l'irrigation, des surfaces de fauche équivalentes mais peu sollicitées en arrière-saison pour le pâturage, ce qui crée un excédent d'herbe mal valorisé en année courante, et par conséquent un niveau de valorisation de la prairie perfectible. Le système initial a été également conçu avec un ratio d'élevage des génisses relativement élevé, ce qui est courant dans la zone (un excédent de génisses élevées, pour mieux choisir celles vouées au renouvellement).

Le second système, un système **biologique spécialisé en lait**, dans lequel l'herbe pâturée occupe une place importante, n'a pas pu être traité avec les membres de la Commission. Des possibilités d'adaptation ont tout de même été modélisées par la suite.

Lait spécialisé silo ouvert en potentiel moyen

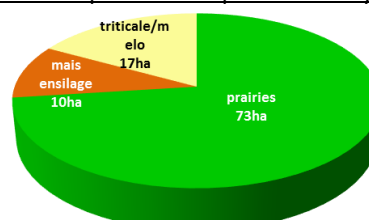


93 ha de SAU (cultures = 27 % de la SAU)

Rendements

- Maïs ensilé : 11,5 t MS/ha (2/3 de la surface irriguée)
 - Blé : 60 q/ha
 - Valorisation des prairies : 5,6 t MS/ha (6,3 dans le cas-type)
- 62 vaches laitières Prim'Holstein à 9 000 kg de lait produit.
25 génisses élevées par an, vêlage à 29 mois, taux de renouvellement de 30 %

Lait bio spécialisé en potentiel moyen



100 ha de SAU (cultures = 17 % de la SAU)

Rendements

- Maïs ensilé : 8 tMS/ha
 - Blé : 30 q/ha
 - Valorisation des prairies : 5,4 tMS/ha
- 69 vaches laitières Prim'Holstein à 7 100 kg au contrôle laitier.
19 génisses élevées par an, vêlage à 32 mois.

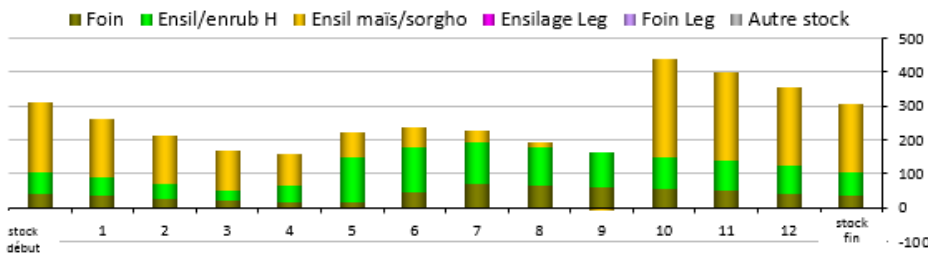
Le climat

Ces deux systèmes ont été confrontés à trois contextes climatiques différents. Dans un premier temps, ils ont été paramétrés et équilibrés dans le climat moyen de la période de référence 1971-2000. Ensuite, grâce au Rami Fourrager®, ils ont été adaptés au climat moyen de la période 2070-2099. Ces systèmes déjà adaptés aux conditions climatiques du futur ont ensuite été confrontés à un type d'année particulier, caractérisé par un démarrage en végétation précoce, une sécheresse et des températures élevées au printemps suivies de conditions sèches en été et jusqu'au début de l'automne (« année sèche »). Ce type d'année ne se rencontre que dans le futur lointain, après 2050, et 2 années sur 15 dans l'intervalle 2070-2099.

	1971-2000	2070-2099	« Année sèche »
Date de mise à l'herbe (Date à laquelle on a cumulé 300 °C depuis le 1 ^{er} février)	22 mars	8 mars	11 mars
Bilan hydrique au pic de croissance (Cumul Précipitations - ETP, entre 400 et 1100 °C cumulés)	- 32	- 47	- 100
Températures élevées en fin de printemps (Nombre de jours avec T _{max} > 28 °C, entre 1100 °C cumulés et le 5 juillet)	1,4	14	19
Bilan hydrique en été (Cumul Précipitations - ETP entre le 5 juillet et le 20 août)	- 124	- 260	- 293
Précipitations fin d'été et début automne (Cumul des précipitations (mm) entre le 21 août et le 1 ^{er} octobre)	51	28,7	10,2

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

Un système dit « en croisière » dispose d'un stock de fourrages en début de campagne qu'on doit retrouver au même niveau en fin de campagne. Par ailleurs, il ne doit pas y avoir de rupture de stock en cours de campagne. Pour le cas étudié et le climat passé, la dynamique des stocks était telle que présentée ci-dessous. À chaque étape d'adaptation du système à l'aide du Rami Fourrager®, il s'agissait de voir comment retrouver un nouvel équilibre satisfaisant (stock fin = stock début) en ajustant les ressources fourragères ou les besoins des animaux. Au départ, le système génère les émissions de GES et le stockage de carbone indiqués ci-dessous.



Répartition des sources d'émissions GES

Emissions Brutes

Entérique	47%
Déjections	15%
Pâturage	1%
Sols	11%
Intrants	20%
Energie	6%

Compensation stockage de C

11%

Dans le futur (année moyenne 2070-2099)

Sans adaptation et à surfaces égales, ce système se retrouve excédentaire en foin et ensilage d'herbe et de maïs, avec une sous-utilisation de la surface en prairies, accrue au printemps. Le chargement corrigé passe de 1,63 à 1,87 UGB/ha SFP soit une augmentation de 14 %, à rapprocher des 10 à 20 % de supplément de biomasse imputables à l'effet CO₂.

Adaptations proposées
 Par les éleveurs (étudiées lors de la partie de Rami Fourrager®)
 Par les techniciens

Option 1

On maintient le même volume de production sans changement majeur des équilibres entre ressources fourragères. On réduit la SFP pour accompagner l'évolution des rendements.

À l'équilibre après adaptation :

Le chargement augmente de 19 %, l'accroissement de la SCOP permet de devenir largement excédentaire en paille (alors que dans la situation initiale, on est juste à l'équilibre). La prairie reste sous-valorisée en automne. Il serait intéressant de pouvoir faucher le surplus d'automne (mais le jeu n'en donnait pas la possibilité). Les émissions de GES augmentent de 20 % par rapport à la situation initiale.

Le système ainsi adapté n'a pas été confronté à l'aléa « année sèche ».

Option 2

On augmente la production de lait via une augmentation des effectifs de vaches de 10 %. On élève toutes les génisses pour mieux maîtriser le renouvellement, disposer d'une marge de sécurité, et mieux valoriser les prairies en pâture, notamment en arrière-saison.

À l'équilibre après adaptation :

Le chargement augmente de 21 %, mais le système n'est plus autonome en paille. Les émissions de GES augmentent de 30 % par rapport à la situation initiale.

Dans le cas de l'année dite « sèche »

Hors adaptations, le chargement passe de 1,95 à 1,54. On devient en rupture d'herbe pâturable en fin de printemps et en été. Pour les mêmes raisons, il manque du foin. Plus grave, il manque 54 tonnes d'ensilage de maïs, bien que les deux tiers de la surface soient irrigués.

Variante a

On introduit dans l'assolement une part de maïs grain mobilisable en ensilage en cas de besoin (ce qui est le cas dans cette configuration d'aléas climatiques). Il s'agit de maïs non irrigué (en année sèche, on fait l'hypothèse qu'on ne peut pas irriguer davantage de surfaces). Une part de la prairie est conduite en multi-espèces avec un pourcentage important de luzerne.

À l'équilibre après adaptation :

La baisse du chargement est contenue (- 13 %) au prix d'une forte augmentation du coût alimentaire (plus de maïs dans la ration) et d'une baisse de la marge SCOP. La mise en place d'une sole de maïs à double fin, à la place de céréales à paille, rend le système encore plus déficitaire en paille. Il reste un déficit en foin, à combler par achat. Les émissions de GES augmentent de 25 % par rapport à la situation initiale.

Variante b

Cette option n'a pas pu être calculée avec les éleveurs lors de la réunion, mais ses leviers ont bien été évoqués en séance. Il s'agirait, au lieu d'accroître la sole en maïs, de produire des MCPI (4 ha) et d'implanter de la luzerne (4,5 ha) en remplacement de prairies temporaires. Ces deux cultures ont des rendements moins impactés par les aléas climatiques testés. L'option intègre aussi de la prairie multi-espèces et une baisse du nombre de génisses élevées (-4) restant compatible avec le taux de renouvellement projeté.

À l'équilibre après adaptation :

La baisse de chargement est minimisée à 8 % (car par rapport à la variante a, la SFP augmente plus faiblement). Corrélativement, le déficit en paille est moins prononcé. L'intégration de foin de luzerne à la ration des vaches (3 kg, contre 1 kg de foin standard dans le système de départ) autoriserait une réduction de près de 6 tonnes des achats de tourteau de soja. Aucun achat de foin n'est nécessaire... Les émissions de GES augmentent de 20 % par rapport à la situation initiale. À noter que dans le cadre du climat futur moyen, ce système « variante b » se révèle plus productif que celui correspondant à l'option 2.



Débats d'éleveurs et questions suscitées par cet exercice de prospective

La plupart des éleveurs s'attendait à des effets du changement climatique plus dramatiques par rapport à l'évolution moyenne des rendements. Il est important de faire comprendre que ceci est à relier à « l'effet CO₂ », qui reste discuté dans la communauté scientifique. En l'état des connaissances intégrées dans STICS, pour le système étudié, cet effet CO₂, grâce aux évolutions des rendements des cultures fourragères qu'il induit, « c'est 6 vaches de plus ». La première adaptation proposée a donc consisté à produire plus en année moyenne. Cet exercice a sans doute peu de sens pour les éleveurs en place, tant l'échéance est assez lointaine, mais cette

réaction des éleveurs traduit le fait qu'ils croient fermement à l'avenir laitier de leur zone, en quelque sorte conforté par le changement climatique.

Reste la question des aléas climatiques, et celui proposé pour l'étude des voies d'adaptation étant propre au futur (de par son ampleur), il a fallu en décrire les différents aspects via les indicateurs agro-climatiques calculés dans le cadre du projet.

Au fil des discussions, une large panoplie de leviers d'adaptation ou de contraintes connexes aux aléas a été évoquée et qualifiée en termes de durable (D), ou conjoncturel (C).

➤ Au niveau de la production fourragère

Leviers	Conséquences, questions soulevées
(D) Faire du sorgho grain ensilé à la place du maïs quand l'eau est contingentée.	
(D) Augmenter l'indice des variétés de maïs irrigué.	(C) Tenir compte de possibles restrictions d'eau : on ne pourra pas jouer sur l'irrigation.
(C et D) Ensiler une partie des céréales, ou les valoriser à travers des rations paille alimentaire + grain.	
(C et D) Faire des MCPI à la place de l'ensilage d'herbe.	Plutôt pour les génisses ou en complément de ration (valeur alimentaire pas toujours au niveau souhaité).
(C et D) Remplacer une partie des surfaces en blé par du maïs grain à double fin.	
(D) Maintenir ou développer la luzerne.	Attention à l'équilibre de la ration : il faudra utiliser des céréales, du maïs grain, des pulpes... pour apporter de l'énergie. Ces aliments pourront être autoconsommés ou achetés.
(D) Adapter les espèces et variétés dans les prairies : généraliser les prairies multi-espèces.	
(D) Mettre en place davantage de couverts hivernaux (RG, seigle, triticale) récoltés tôt, avant le semis du maïs.	
(D) Planter de la betterave : à distribuer ou faire pâturer.	
(C) Revenir au maïs sous plastique ?	

➤ Au niveau de la conduite du troupeau laitier

(C) Réduire sa production les mauvaises années, en anticipant les réformes.	(D) Garder toujours plus de génisses que nécessaire pour revenir à l'effectif l'année suivante.
(C) Changer les habitudes par rapport au pâturage : quand on a l'habitude de rentrer les animaux à telle date, être capable de s'adapter et de les laisser dehors s'il y a encore de l'herbe.	

➤ Au niveau de l'exploitation

(D) Travailler avec un fort stock de sécurité.	(C) Réduire les surfaces en céréales pour reconstituer ce stock l'année suivant son utilisation.
(D) Déléguer l'élevage des génisses.	
(D) Garder un 2 ^e troupeau (taurillons) qu'on pourra éventuellement réduire face à un aléa.	
(D) Restructurer les exploitations : faire que chacun dispose d'un parcellaire regroupé autour des bâtiments (important pour bien valoriser le pâturage).	

Tous ces leviers n'ont pas pu être testés au cours de la partie de Rami Fourrager®, ceux qui l'ont été sont ceux qui sont apparus comme les plus évidents. Les éleveurs font très bien la distinction entre adaptations conjoncturelles et configurations de systèmes qui confèrent plus de robustesse ou de souplesse dans la durée. Le maïs à double fin est bien compris comme un levier conjoncturel, à condition de concevoir un assolement qui l'intègre en tant que tel : « la tactique se prépare par la stratégie ».

De la même façon, se doter d'un stock de sécurité (levier tactique en cas de pénurie de fourrage) se prépare en mettant en place des cultures fourragères susceptibles de bien répondre aux aléas climatiques positifs (années lors desquelles la météo est favorable) : c'est le cas par exemple de la luzerne.

Les éleveurs attendent également des progrès du côté de la génétique, tant en ce qui concerne les plantes fourragères, le maïs et le blé (problèmes d'échaudage) qu'en ce qui concerne les animaux (résistance à la canicule). Il existe aussi des préoccupations par rapport aux bâtiments d'élevage. Par contre, les dérobées d'été (mohas et autres) et d'automne (crucifères) qui occupent tant de place dans les guides techniques ont été à peine évoquées.

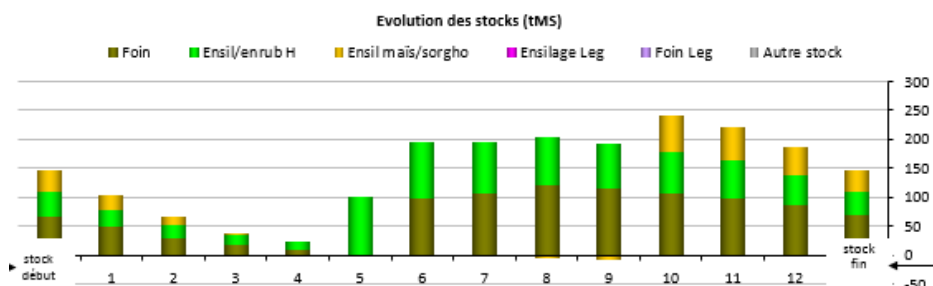
Par ailleurs, et le Rami Fourrager® le met en évidence, il existe de vraies interrogations quant à la valorisation actuelle et future de l'herbe, notamment en arrièr-saison : les organisations du travail, les aménagements du parcellaire, et même les techniques d'évaluation de la biomasse disponible doivent permettre d'aller chercher l'herbe, de préférence par la pâture, tant qu'il y en a et quand il y en a. Un système trop axé sur des stocks élaborés à partir du maïs peut faire passer à côté des opportunités offertes par le changement climatique, comme la production des prairies jusque très tard en saison.

Tournant le dos à cette idée de complémentarité des ressources fourragères au sein de chaque exploitation, les éleveurs ont paradoxalement évoqué aussi la spécialisation de la production laitière en deux métiers : des producteurs de génisses amouillantes d'un côté, des « trayeurs » de l'autre, ce qui revient pour ces derniers à externaliser une partie de la gestion du risque climatique. Cela mériterait une étude de faisabilité spécifique.

Système laitier bio spécialisé

Ce cas n'a pas été traité avec le collectif d'éleveurs des Mauges, les simulations réalisées avec le module d'évaluation du Rami Fourrager® n'ont pas été discutées. Il paraissait néanmoins intéressant de voir comment un système plus herbager pouvait « répondre » au même aléa, en comparaison au système intensif. Les résultats présentés ci-dessous sont des propositions émanant des conseillers.

Dans le climat passé, l'évolution des stocks et le bilan GES sont tels que présentés ci-dessous :



Répartition des sources d'émissions GES

Emissions Brutes

Entérique	71%
Déjections	10%
Pâturage	4%
Sols	9%
Intrants	3%
Energie	4%

Compensation stockage de C

18%

Dans le futur (année moyenne 2070-2099)

Le système devient excédentaire en foin et ensilage de maïs. Le rendement moyen de sa SFP progresse d'environ 8 % seulement.

Adaptations proposées

On maintient le même volume de production sans changement majeur des équilibres entre ressources fourragères. On réduit la surface en maïs (- 1 ha) et la surface en prairie vouée à la réalisation des foins.

À l'équilibre après adaptation :

Le système devient autonome par rapport à ses besoins en paille, son chargement augmente de 8 %. Les émissions de GES sont stables.

Dans le cas de l'année dite « sèche »

Sur la base du système adapté au futur, le chargement chute de 17 % : c'est surtout la production de maïs qui est très affectée (il n'est pas irrigué dans ce système bio).

L'herbe disponible pour le pâturage manque également en fin d'été même en pratiquant du report sur pied (avec comme conséquence une baisse de qualité).

Une voie d'adaptation pourrait être, comme dans le système conventionnel, de disposer de surfaces supplémentaires en maïs (maïs « double fin »), mais cela rencontrerait vite des limites au niveau des rotations (exigeantes en AB). S'adapter consisterait donc plutôt à faire momentanément le deuil d'une partie de cette ressource, en la compensant par une distribution plus importante d'ensilage issu de cultures non estivales.

Deux leviers sont disponibles conjointement : semer fin août des dérobées RGI + TI pour récolte en ensilage début novembre, et ensiler des MCPI.

Par rapport à ce levier, et en supposant que les cultures correspondantes soient régulièrement implantées, la décision de les ensiler plutôt que de les moissonner suppose d'être en mesure d'anticiper la sécheresse, ce qui n'est pas toujours possible, ça reste cependant jouable en tant que solution de reconstitution des stocks l'année suivante, dans une exploitation qui aurait par ailleurs un stock de sécurité conséquent (40 jours d'avance par rapport à l'aléa testé).

À l'équilibre après adaptation :

La baisse de chargement corrigé est limitée à 14 % (9 % seulement pour le chargement apparent du fait des dérobées).

Le système reste autonome, y compris par rapport à ses besoins en céréales autoconsommées, mais avec une baisse de la marge SCOP.

Les rotations en place ne sont pas compromises.

Les émissions de GES restent stables.

À noter que les voies d'adaptation testées font s'éloigner le système de l'autonomie en paille...

Questions suscitées par cet exercice de prospective

La production sous cahier des charges AB est moins facile à réguler face à des aléas climatiques majeurs : les achats étant extrêmement coûteux, il faut préserver l'autonomie. Aussi la sécurisation du système est plus facile à raisonner sur un enchaînement de 2 ans que sur la seule campagne en cours : plus que dans tout autre système, il faut savoir refaire ses stocks une bonne année pour reconstituer ses stocks de sécurité, lesquels peuvent s'avérer souvent indispensables, faute de pouvoir mobiliser tous les autres leviers à disposition d'un système conventionnel.

Les leviers zootechniques (réduction du renouvellement, réformes anticipées, réduction de la production et du nombre de vaches traitées) sont souvent mobilisés, du fait de fonctionnements plutôt tendus.

Conclusions

Évolutions tendanciennes

Examiné au niveau de l'évolution possible des rendements moyens des différentes cultures fourragères, le changement climatique dans la région des Mauges est loin de présenter un caractère catastrophique, et est **plutôt de nature à conforter la vocation laitière de la zone**. 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, et cela ne pourra que consolider cette première conclusion.

Les aléas climatiques : pas insurmontables

L'aléa (sécheresse) pris en compte dans l'étude était relativement lourd, mais ce « crash test » est globalement bien supporté par les systèmes étudiés (bio ou pas). Les quelques leviers de sécurisation pris en compte dans les simulations d'adaptation (introduction de légumineuses, cultures à double-fin, dérobées d'automne) ont en commun, en bio comme en conventionnel, **d'être typiques de systèmes de polyculture-élevage, et c'est probablement là le principal atout, avec l'irrigation, des systèmes d'élevage de la zone**.

Valoriser l'herbe comme elle se présente

Tout le monde a compris que la période de pousse de l'herbe sera plus longue (mise à l'herbe plus précoces, fins de pâturage plus tardives), avec, entre le début et la fin, de fortes fluctuations : il sera essentiel de **savoir configurer les systèmes de façon à bien valoriser la pousse quand elle se présente**. Cela pourra impliquer des fauches parfois très tardives (ce qui se fait très peu actuellement), et cela milite pour préserver des surfaces accessibles importantes autour des bâtiments, pour le pâturage « à temps partiel ».

De ce point de vue-là, maintenir dans chaque exploitation un troupeau susceptible de valoriser l'herbe en toutes saisons (génisses ou autres) resterait un atout.

Quelques inquiétudes qui peuvent faire l'objet d'études complémentaires

Les éleveurs nous ont fait part de leurs craintes de restrictions sur l'accès à l'eau, ou son stockage même en retenues collinaires privées. Le souci du bien-être et de la santé des animaux est omniprésent, et amène à se poser pas mal de questions sur l'incidence des épisodes caniculaires et les moyens d'en amoindrir les effets.

Lait d'hiver ? lait d'été ?

Bien que la question ait été posée, nous n'avons pas senti chez ce groupe d'éleveurs d'envie ou de souhait de regrouper les vêlages (très étalés dans les deux cas) sur une période particulière, par exemple l'hiver, pour faire correspondre les pics de lactation aux pics de production de la prairie. La pousse aléatoire (et qui le sera de plus en plus) de la prairie en été n'est pas (et sera de moins en moins) un argument en faveur de cette pratique, dans cette région, mais l'argument des éleveurs est d'une autre nature, et a trait plutôt aux conditions de travail et au souci de ne pas aggraver les pointes de travail. On peut aussi se demander si la répartition des vêlages tout au long de l'année n'est pas, comme l'introduction d'une diversité de ressources fourragères, un moyen de limiter la prise de risques face à certains aléas.

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 (Chaource)
- 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.

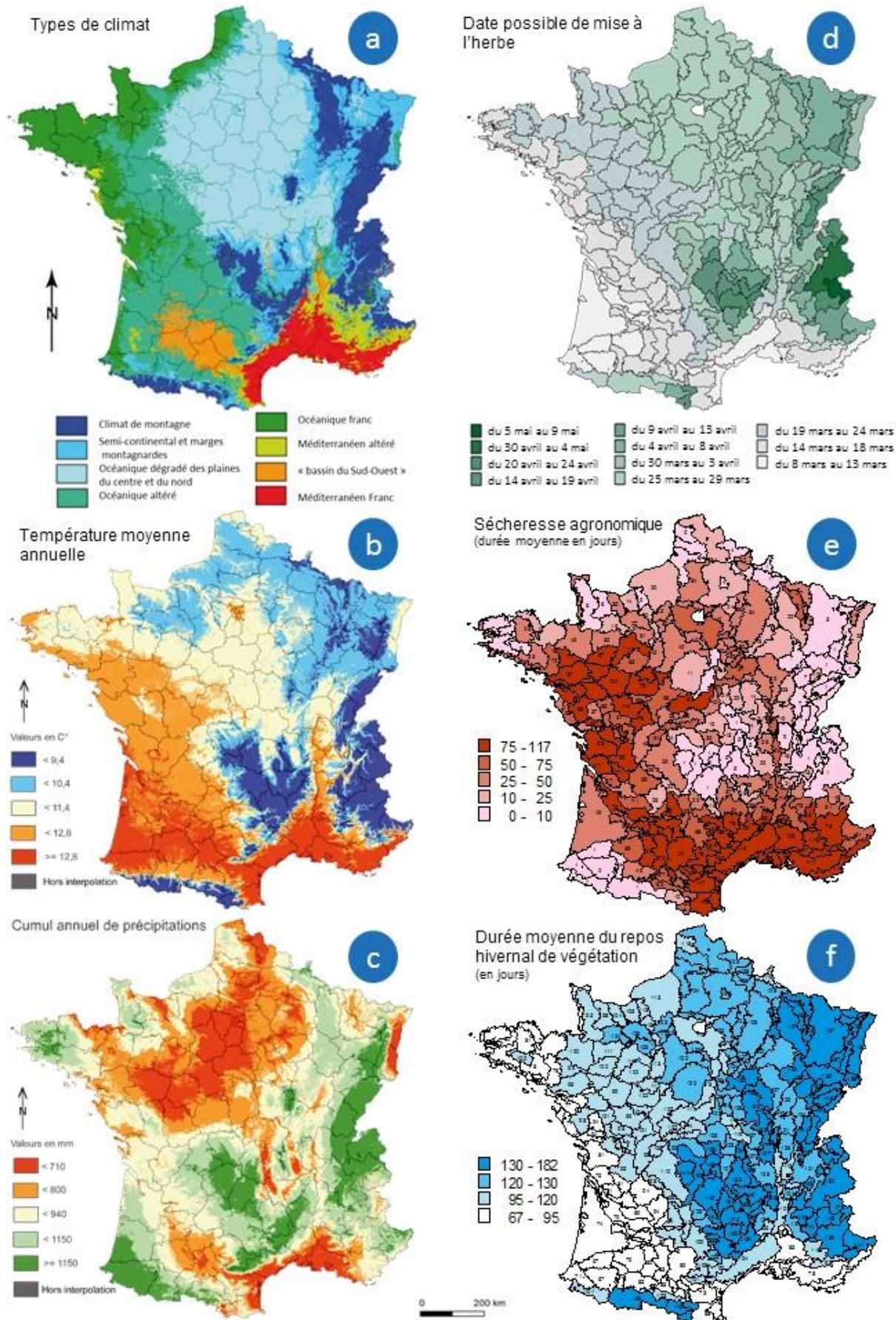
Un outil très apprécié des éleveurs est utilisé, le Rami Fourrager®. Il s'agit d'un jeu de plateau qui permet de modéliser un système fourrager et de le confronter à diverses contraintes. Les joueurs (éleveurs, conseillers...) peuvent alors reconfigurer le système pour l'adapter à ces contraintes. L'outil 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



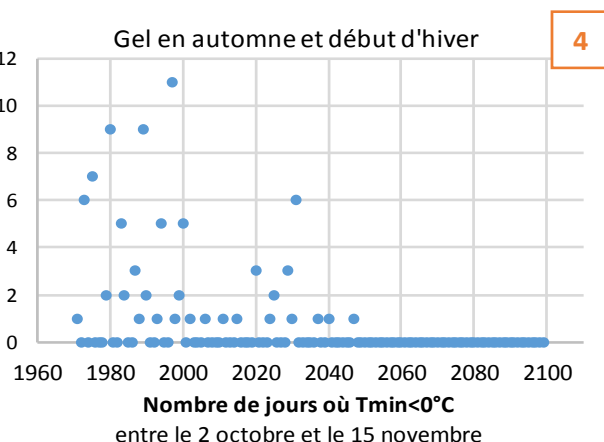
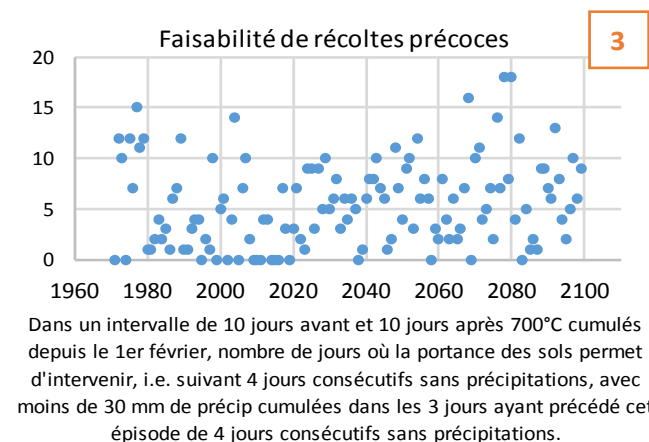
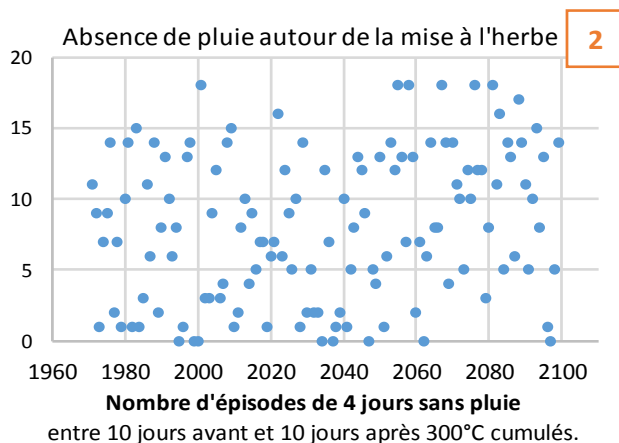
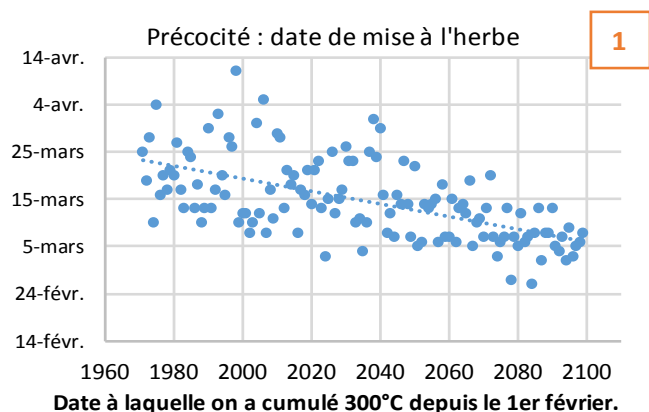
Sources et méthodes a, b, c : INRA, CNRS, Université de Bourgogne ; d, e, f : données Météo France, SSP, INRA calculées pour ISOP, traitement Institut de l'Élevage pour 228 régions fourragères. d. La date possible de mise à l'herbe est estimée par la date d'atteinte d'un seuil de 300°C cumulés depuis 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.

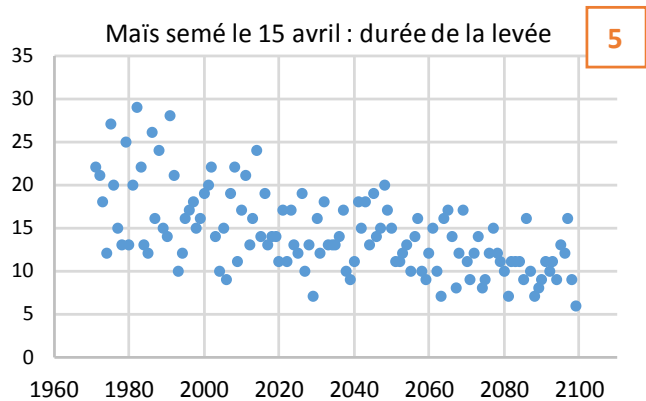
Annexe 3 : Évolution climatique et conséquences pour la mise en place et l'accès aux ressources fourragères (à partir du modèle de climat ALADIN)

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.

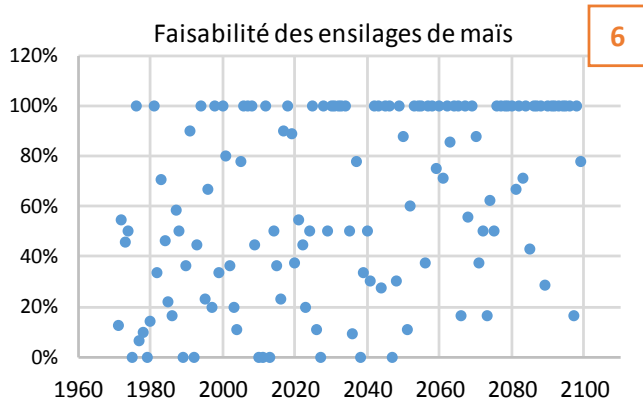
Les conditions de début du printemps semblent évoluer favorablement : l'herbe pousserait plus tôt [1], et la pluviométrie permettrait de réaliser les mises à l'herbe dans des conditions plutôt plus faciles [2]. En plein printemps, les récoltes précoces seraient facilitées par une plus grande fréquence d'épisodes de 7 jours consécutifs favorables au ressuyage du sol et à la réalisation de la fauche et du pré-fanage dans de bonnes conditions [3]. En fin de saison (du 2 octobre au 15 novembre), les journées de gel deviendront de moins en moins fréquentes, permettant 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 restent globalement similaires [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).

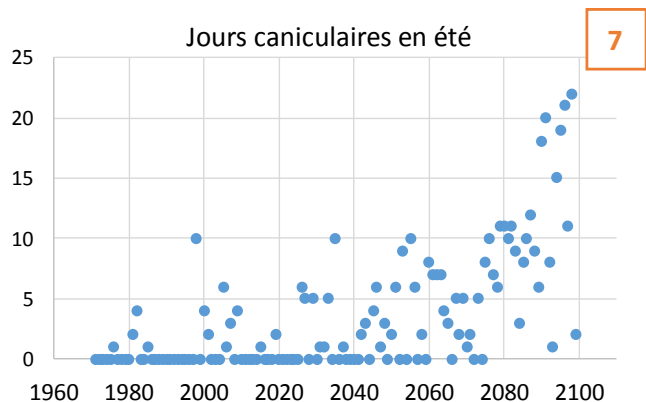




Nombre de jours nécessaires pour cumuler 80°C en base 6 à partir du 15 avril. En bonnes conditions, le maïs lève en 7 jours. Une levée en plus de 10 jours traduit un stress léger, une levée en plus de 20 traduit un fort stress (L. Maunas, Arvalis).



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*) et Aurélie Madrid (*Idele*, *CNIEL*).

Avec la participation de : Magali Bergot (*Météo-France*), Thierry Brun (*Idele*), Stéphanie Guibert (*Chambre d'Agriculture de la Mayenne*), Céline Marsollier (*Chambre d'Agriculture du Maine-et-Loire*), Patrice Pierre (*Idele*), Pierre-Vincent Protin (*Arvalis*), Françoise Ruget (*INRA*), Franck Souverain (*Météo-France*).

Crédits photos : C. Helsly / *CNIEL*

Version : Nov. 2018

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* (ici des *Pays de la Loire*), *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

