



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, 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 :

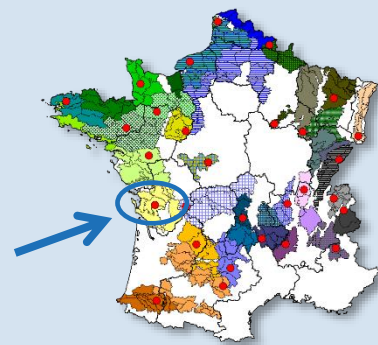
- ✓ Un zonage de la France en une trentaine d'Unités Laitières Agroclimatiques représentatives de la diversité des contextes de production du lait en France (voir ci-contre),
- ✓ Des données sur l'évolution du climat à l'échelle de chacune de ces zones,
- ✓ Les impacts du changement climatique, sur des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

DES RÉSULTATS

pour la Saintonge (Charente-Maritime)



Carte présentant les 30 unités laitières agroclimatiques

Au sommaire :

La Région Agricole de la Saintonge	2
Climat de la zone de la Saintonge	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	13
Annexes.....	14

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 : Temperature Humidity Index
UGB : Unité Gros Bétail
UTA : Unité de Travail Annuel
VA : Vache Allaitante / VL : Vache Laitière

La Région Agricole de la Saintonge

Comme partout en France, la SAU moyenne par exploitation (113 ha) augmente à un rythme soutenu (de l'ordre de + 3 % par an, ce qui est légèrement inférieur à la moyenne des 29 zones d'étude), sans que la main d'œuvre augmente au même rythme (seulement + 1 % par an pour l'augmentation du nombre d'UTA par exploitation dans la zone), ce qui contraint 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	2,1	113	59	54	19	81	51
Évolution entre 2000 et 2010 (% de 2000)	+12%	+30%	+18%	+42%	+52%	+44%	+45%

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

Le nombre d'animaux (VL comme VA) est proche de la moyenne des 29 zones d'études. L'un comme l'autre ont assez fortement augmenté entre 2000 et 2010, de la

même façon que la SFP. De ce fait, le chargement apparent est resté stable, de l'ordre de 1,5 UGB/ha.

Le quota moyen pour la dernière campagne (2014-2015) a atteint 410 000 litres par exploitation, soit plus de 8 000 litres par vache. Ces valeurs sont parmi les plus élevées de l'ensemble de nos zones d'étude, et également supérieures aux valeurs moyennes des zones de polyculture-élevage de la région.

Avec plus de la moitié de la SAU occupée par des grandes cultures, la Saintonge est une des zones d'étude dans lesquelles la polyculture-élevage est dominante. Les ressources fourragères sont variées et se traduisent par des occupations des sols diverses : prairies permanentes, temporaires ou artificielles, maïs, sorgho... La part importante des céréales dans la SAU apporte elle aussi des possibilités d'utilisation directe, via l'ensilage de céréales immatures, ou d'implantation de cultures intermédiaires. L'irrigation, lorsqu'elle est possible, est largement utilisée. Elle est souvent restreinte en été lorsque les réserves sont insuffisantes.

La Saintonge n'échappe pas à l'agrandissement des exploitations : surfaces comme cheptel ont fortement augmenté entre 2000 et 2010. Les surfaces fourragères comportent une importante part de maïs et sorgho, et des prairies. Les systèmes laitiers en polyculture-élevage sont majoritaires, et la part du maïs est importante. L'irrigation est souvent utilisée, avec des incertitudes concernant la disponibilité de l'eau en été à l'avenir.

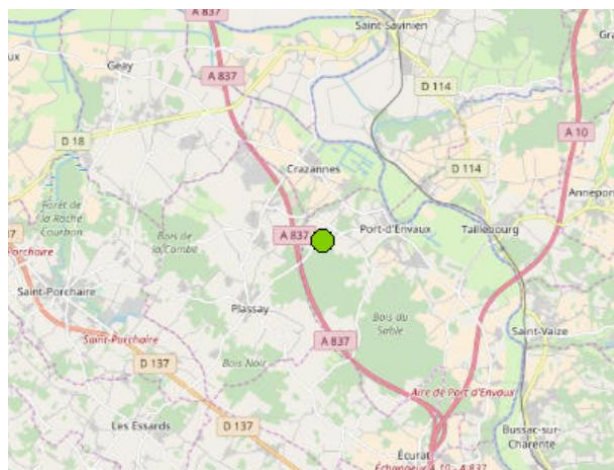
Climat de la zone de la Saintonge

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

La Saintonge, comme toute la Charente Maritime, bénéficie d'un climat océanique (carte a), avec des températures plutôt douces (carte b) qui permettent un arrêt de végétation hivernal parmi les plus faibles de France (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) parmi les plus précoces : un atout pour la valorisation de la prairie. Le cumul annuel des précipitations est moyen (carte c), et la sécheresse estivale est relativement longue (carte e).

Évolution récente du climat

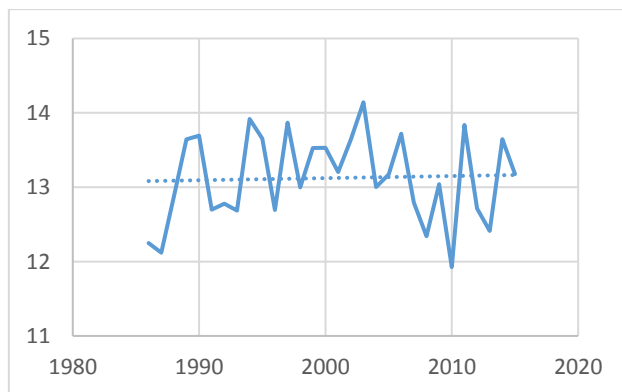
Les données climatiques présentées ci-dessous correspondent à un point situé sur la commune de Port-d'Envaux.



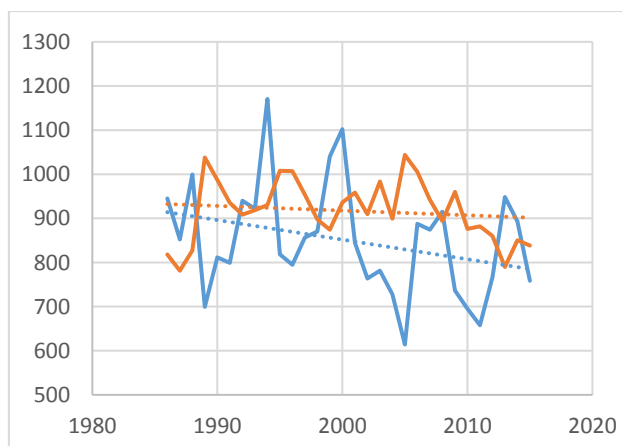
Pour ce site, les températures moyennes annuelles varient entre 12 et 14 °C selon les années. Aucune tendance ne se dégage quant à l'évolution de la température sur les trente dernières années. C'est une particularité de cette zone, qui ne se retrouve pas à l'échelle du département ni même pour les points voisins : en effet, les mêmes moyennes calculées pour un point situé 8 km plus au nord montrent une tendance à la hausse. Cette apparente stabilité de la température moyenne annuelle, pour le site choisi, cache des différences entre saisons et une tendance à l'augmentation de l'amplitude thermique : dans l'ensemble, les températures minimales se sont rafraîchies, notamment l'hiver, alors que les maximales ont augmenté, surtout à l'automne et au printemps.

Le cumul annuel des précipitations, lui, est nettement à la baisse (- 130 mm en 30 ans), et cette baisse est surtout marquée à l'automne et au printemps. La variabilité interannuelle est importante.

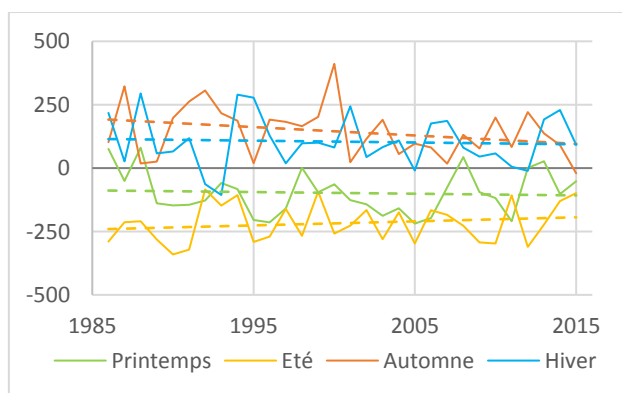
Le bilan hydrique (P-ETP), est déficitaire au printemps et en été, et excédentaire en automne et en hiver.



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



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

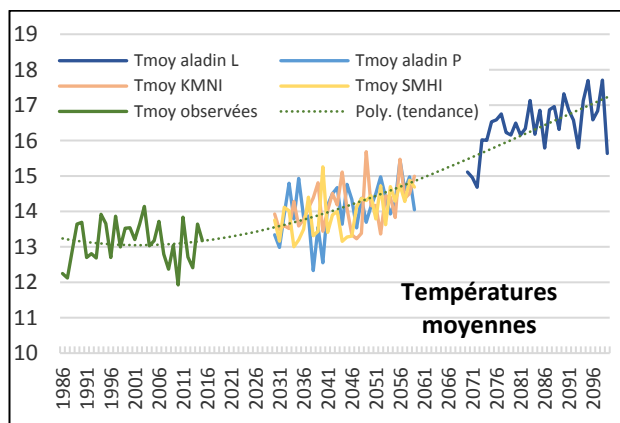


Bilan hydrique (P-ETP) calculé par saison de 1986 à 2015 (Données Météo-France Safran)

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**.

Évolution des températures moyennes annuelles



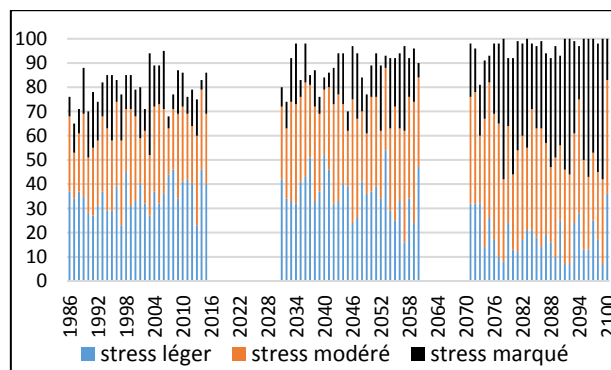
Quel que soit le modèle, il prédit une augmentation de température encore modérée (de l'ordre d'1 °C) dans le futur proche. Ce n'est que dans la seconde moitié du siècle que le réchauffement s'accélérerait rapidement pour atteindre + 3 °C par rapport au niveau actuel.

L'analyse des données simulées montre qu'autour de ce niveau, l'hiver se réchaufferait moins (+ 2,5 °C) que l'été (+ 4,5 °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 °C à l'échelle de l'année en fin de siècle, ça signifie souvent + 5 °C pour les maximales en été, et seulement + 2,5 °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 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 selon l'intensité du stress tel que mesuré avec le THI, de 1986 à 2014 (sur données observées) et sur le futur (modèle Aladin)

$THI (Temperature Humidity Index) = 1,8 * Ta - (1 - HR) * (Ta - 14,3) + 32$
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 12 mars (une année sur deux entre le 8 et le 18 mars), elle pourrait passer aux alentours du 8 mars dans le futur proche (entre le 7 et le 10 selon les modèles), et du 2 mars dans le futur lointain. Reste à savoir si les conditions climatiques du début de printemps permettront l'accès à cette pousse précoce.

	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 ...	8/3 18/3	7/3 15/3	8/3 20/3	1/3 17/3	6/3 15/3	2/3 10/3	29/2 4/3
Médiane	12/3	12/3	15/3	7/3	10/3	7/3	2/3

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.

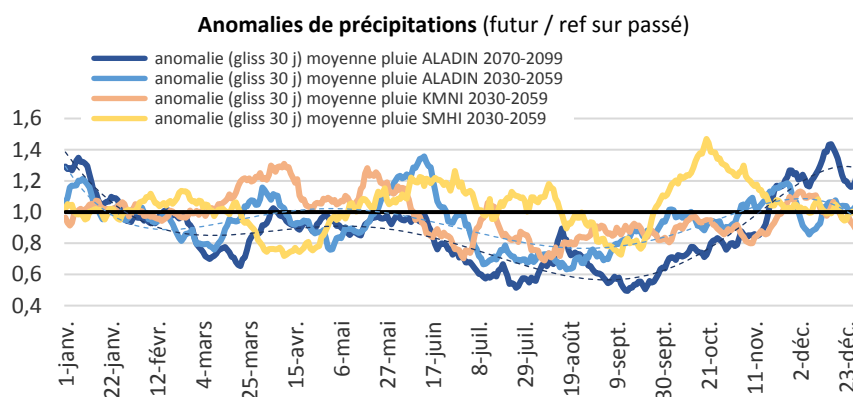
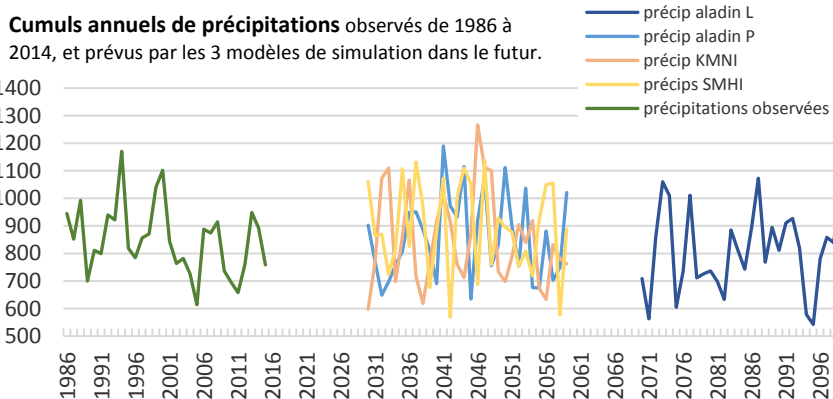
Évolution des précipitations

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. Ce qui domine, c'est surtout la très forte variabilité interannuelle, 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 plus, et inversement s'il est inférieur à 1.

Ainsi, dans le futur proche, le modèle **KMNI** prévoit globalement plus de précipitations en fin d'hiver et au début du printemps et une sécheresse estivale plus prononcée, tandis que le modèle **SMHI** prévoit plus de précipitations au printemps et au début de l'été. Les trois modèles prévoient moins de précipitations en août et septembre, voire de juin à novembre pour **SMHI** et **Aladin**.

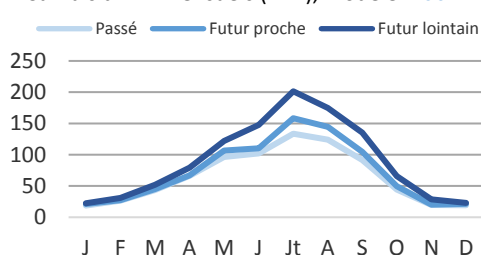
On peut donc s'attendre à des sécheresses météorologiques estivales, voire printanières, plus fréquentes. Le tableau ci-contre indique la fréquence possible de tels aléas climatiques, dans le passé et pour le futur, selon le modèle climatique.



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**).

	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	4/10	3/10	4/10	+17%	-10%	-13%	+13%
au moins 20 jours sans pluie entre le 01/07 et le 01/09	2/10	3/10	2/10	+27%	+13%	+17%	+47%

Cumuls d'ETP mensuels (mm), modèle **Aladin**



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 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 Saintonge se caractérise par des températures clémentes, et des précipitations modérées. Les températures, stables ou en légère augmentation par le passé, seraient en augmentation 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 sur les animaux.

Les précipitations sont variables d'une année sur l'autre, dans le passé comme dans le futur. Leur répartition dans l'année diffère selon les modèles. L'évapotranspiration, elle, augmenterait dès le printemps et jusqu'à l'automne, ce qui accentuerait l'importance du déficit hydrique estival et donc les risques de sécheresse.

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 locaux, et sur un type de sol représentatif de ceux de la zone.

Profondeur	Taux d'argile	Réserve utile
50 cm	20 %	65 mm

Caractéristiques du sol utilisé dans les simulations

Conséquences du changement climatique sur la pousse de l'herbe

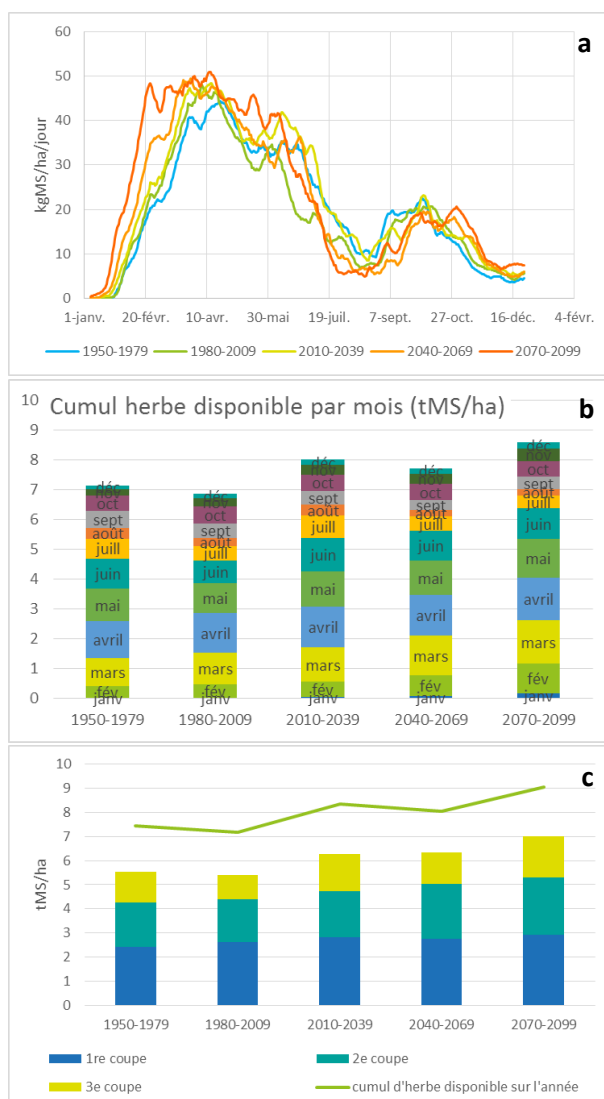
Les simulations ont été réalisées pour plusieurs itinéraires techniques combinant récoltes (en foin ou en ensilage) et pâturage, sur deux types de sol. Les courbes de croissance présentées ci-dessous ne concernent que les itinéraires de type pâturage.

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. Cela confirme le fait qu'une mise à l'herbe plus précoce pourrait être envisagée, sous réserve de bonnes conditions climatiques. 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 seulement.

Le ralentissement de la croissance de l'herbe en été serait lui aussi plus précoce, et de plus en plus marqué. Le rebond d'automne, lui, serait de plus en plus tardif et se prolongerait vers le début de l'hiver.

Au total, la quantité d'herbe produite sur l'année serait en légère augmentation, essentiellement du fait de la pousse de printemps plus abondante. Dans un système herbager cela obligerait à accentuer le pourcentage de surfaces à faucher au printemps.

En résumé, l'herbe pousserait de plus en plus tôt au printemps et de plus en plus tard à l'automne, mais le ralentissement d'été s'accroîtrait dès le futur proche et encore plus 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, en kg de MS/ha/jour, selon la période de 30 ans simulée ;
 b) cumul d'herbe disponible par mois ;
 c) rendements moyens des récoltes d'ensilage et foin, et cumul d'herbe disponible sur l'année.

Luzerne

Les simulations ont été réalisées sur les mêmes sols que précédemment, pour des itinéraires techniques à 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 4 ou 5 coupes visées 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.

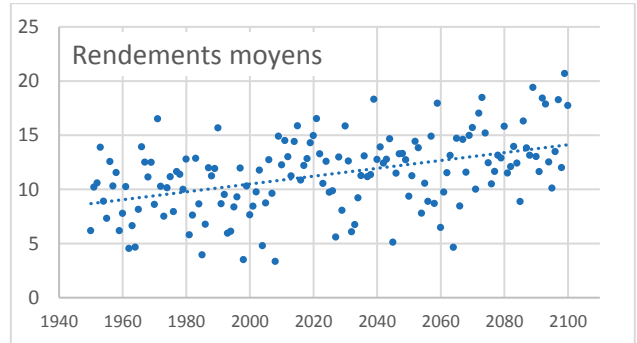
Quel que soit le nombre de coupes visées ou réalisées, les rendements seraient à la hausse. D'autre part, si l'ensemble des rendements moyens augmente, la variabilité interannuelle est toujours aussi marquée.

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 une semaine 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.

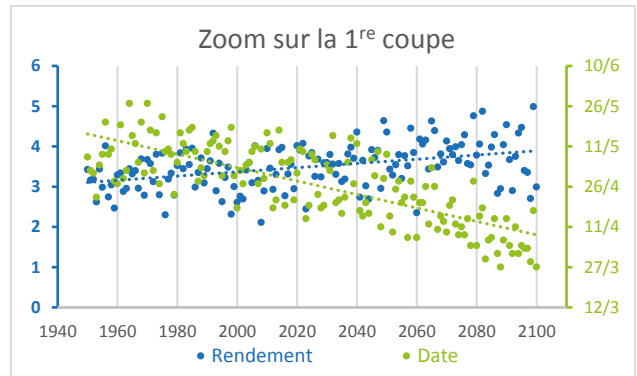
D'autre part, l'augmentation des températures au printemps et en été permettrait d'accélérer la croissance des plantes et ainsi de faire une coupe supplémentaire avant la sécheresse estivale.

Le détail des rendements cumulés 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.

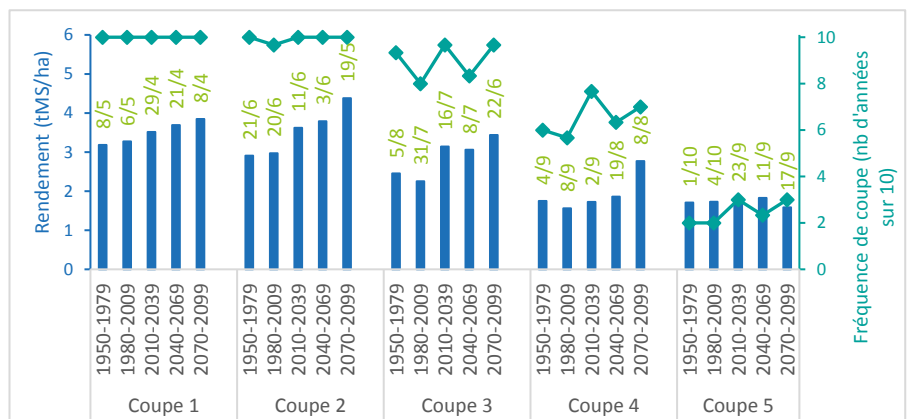
Moyenne des rendements cumulés obtenus pour chacun des deux itinéraires techniques utilisés dans les simulations.



Dates de coupe et rendements en 1^{re} coupe, en moyenne sur les deux sols utilisés



Ci-contre : en moyenne par période de 30 ans et pour les deux sols, rendements par coupe, fréquence de réalisation des coupes par le modèle et dates de coupes prévues.

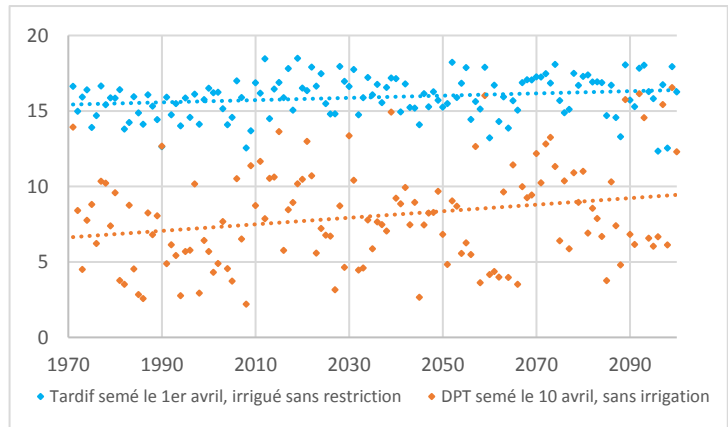


Maïs

Les simulations sont réalisées pour :

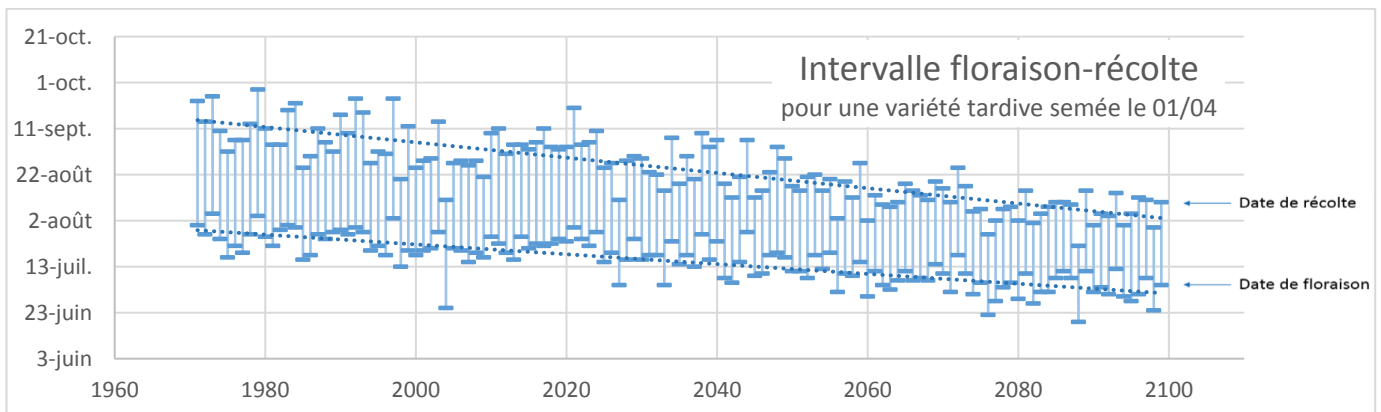
- deux types de variétés : une dite « demi-précoce tardive » ou DPT dont l'indice est compris entre 310 et 400, et une dite « tardive » ou T d'indice 450 à 560.
- deux dates de semis : 1^{er} et 10 avril,
- avec ou sans irrigation.

Le modèle pilote l'irrigation en fonction du niveau de stress hydrique subi par la plante. Les restrictions d'eau étant fréquentes dans la zone, deux hypothèses ont été testées : irrigation interdite à partir du 5 août et irrigation interdite à partir du 10 juillet. Cependant, le modèle ne permet pas de moduler la date d'arrêt de l'irrigation en fonction des conditions de l'année.



Rendements obtenus pour chaque année simulée, dans deux configurations précocité x date de semis (actuelle et adaptée), avec et sans irrigation, en moyenne sur les 2 sols.

D'autres simulations ont été réalisées, en combinant une dérobée (Ray-grass italien) et un maïs. Dans ce cas, la dérobée est récoltée mi-avril et le semis du maïs est décalé à début mai, avec les mêmes hypothèses de restriction d'eau.



Évolution des dates de floraison et récolte pour la combinaison précocité x date de semis actuelle.

Lorsque l'irrigation est possible sans restriction, les rendements seraient en légère hausse, qu'il faut relier à l'effet direct de l'augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère. Sans irrigation, la tendance serait à la hausse mais cache une très importante variabilité, qui reflète la variabilité des précipitations et tend même à s'amplifier dans le futur.

Dans tous les cas, les dates de stades seraient de plus en plus précoces. Par conséquent, autour de la floraison, la phase lors de laquelle l'accès à l'eau est essentiel (du début d'allongement des soies au stade limite d'avortement du grain) serait de plus en plus courte, donc encore plus dépendante des conditions climatiques ou des possibilités d'irrigation. Cela pourrait expliquer l'augmentation de la variabilité des rendements en sec.

Les simulations avec restrictions d'eau montrent, à date d'arrêt d'irrigation constante, des rendements globalement à la hausse, tirés par certaines très bonnes années dans le futur, mais très variables. Là aussi, l'effet CO₂ et l'avancée des dates de stades expliquent les évolutions des rendements.

L'augmentation des températures au printemps permettrait également une augmentation de la production des dérobées, toujours avec une certaine variabilité. En fin de siècle, la dérobée produirait même parfois plus que le maïs qui la suit, notamment lorsque l'eau est limitée.

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 et la reprise à l'automne s'accroissent et se prolongent. 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 sont globalement à la hausse, mais leur variabilité aussi, notamment sans irrigation ou en irrigation restreinte. Là aussi, l'avancée des dates de floraison et récolte est nette.

Conséquences à l'échelle des systèmes et adaptations possibles

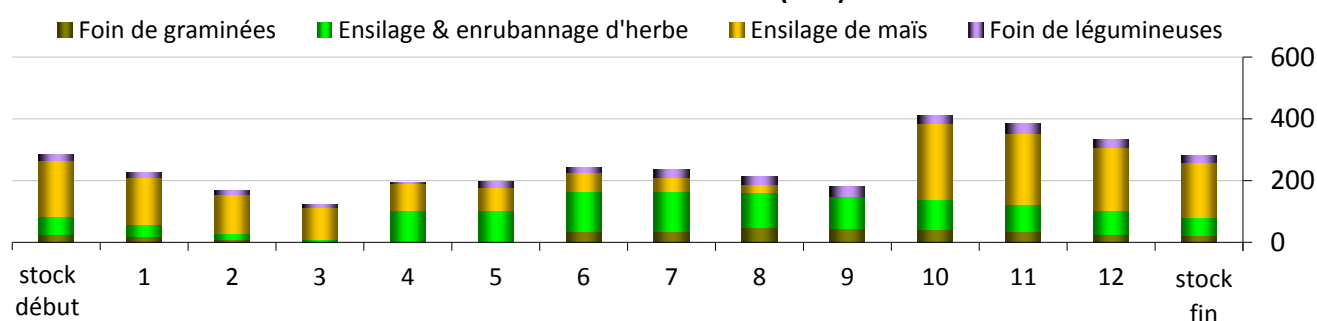
Le système traité

Le groupe, constitué d'éleveurs et de conseillers de la zone, s'est appuyé sur un cas particulier pour construire le système à étudier. Il s'agit d'une ferme disposant de 170 ha de SAU dont 79 ha de SFP : 16,5 ha de maïs irrigué, 5,5 ha de luzerne, 14 ha de prairies temporaires de type dactyle-luzerne, et 42,5 ha de prairies de graminées. Le troupeau est constitué de 80 vaches laitières à 8 500 kg de lait produits, avec un taux de renouvellement de 30 % et des vêlages étalés à 27 mois. Une trentaine de génisses est élevée chaque année.

La ration hivernale des vaches laitières est composée aux deux tiers d'ensilage de maïs, et d'ensilage d'herbe et de foin de luzerne pour le tiers restant. Au printemps, la pâture couvre les deux tiers des besoins, la ration distribuée est composée d'ensilage de maïs et de foin de légumineuses. La part de la pâture dans la ration diminue en été, puis augmente à nouveau à l'automne ; elle est remplacée par des ensilages d'herbe et de maïs. La ration des génisses est constituée principalement de foin en hiver et d'herbe pâturée du printemps à l'automne, auxquels s'ajoutent, selon l'âge, des concentrés ou de l'ensilage d'herbe. Un tel système nécessite 12 tonnes de céréales, 55 tonnes de tourteaux de soja et 155 tonnes de paille. Le chargement corrigé s'élève à 1,76 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 (tMS)



NB : ce type de système n'est pas majoritaire sur le département, il y a souvent plus de stocks et moins de pâture. Certains éleveurs – notamment ceux qui n'ont pas la possibilité d'irriguer – ont déjà diversifié leurs cultures fourragères pour étaler les récoltes.

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 1971-2000. Ensuite, à l'aide du Rami Fourrager®, il a été adapté au climat moyen de la période 2031-2060. Ce système déjà adapté aux conditions climatiques du futur a ensuite été confronté à un type d'année particulier, caractérisé par une forte sécheresse au printemps et en été. Des années extrêmes de ce type (par l'amplitude et la combinaison des aléas) se rencontreraient trois fois entre 2020 et 2070, et deux fois entre 2070 et 2100. Des hypothèses de restriction d'eau ont été associées à chacun de ces contextes climatiques.

	1971-2000	2031-2060	« Année sèche »
Date de mise à l'herbe (Date à laquelle on a cumulé 300°C depuis le 1 ^{er} février)	15 mars	9 mars	10 mars
Bilan hydrique au pic de croissance des prairies (mm) (Cumul Précipitations - ETP, entre 400 et 1100°C cumulés)	- 6	- 17	- 92
Températures élevées en fin de printemps (Nombre de jours avec $T_{max} > 28^{\circ}C$, entre 1100°C cumulés et le 5/07)	2	6	14
Bilan hydrique à la floraison du maïs (mm) (Cumul Précipitations - ETP entre l'allongement des soies et le stade limite d'avortement des grains)	- 132	- 199	- 278
Précipitations fin d'été et début automne (mm) (Cumul pluviométrique entre le 21 août et le 1 ^{er} octobre)	51	39	46
Restrictions d'eau	Aucune	Irrigation interdite à partir du 5 août	Irrigation interdite à partir du 10 juillet

Caractérisation des trois contextes climatiques retenus pour les parties de Rami Fourrager® (valeurs moyennes) et hypothèses de restrictions d'eau.

Les adaptations envisagées

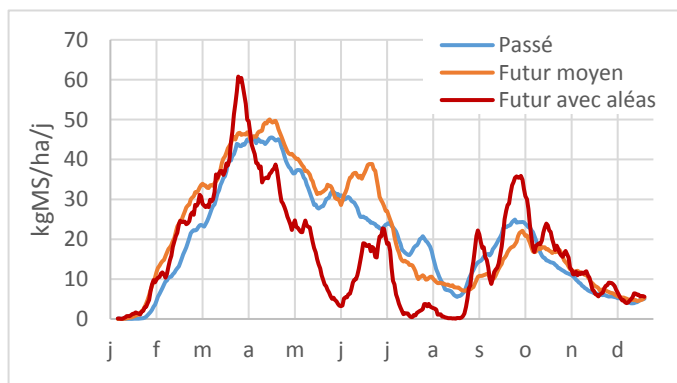
Dans le futur (année moyenne 2031-2060)

Les stocks produits par les prairies augmentent (+ 14 tMS pour les prairies de graminées et + 12 tMS pour la luzerne) tandis que le rendement du maïs diminue (- 28 tMS), du fait de la coupure d'eau au 10 juillet. Le chargement corrigé augmente très légèrement, à 1,77 UGB/ha SFP.

Face à ces évolutions, les surfaces ont été ajustées pour retrouver un équilibre sans modifier l'alimentation des animaux : 5 ha de prairies sont retournés et 2 ha de maïs supplémentaires sont implantés. 3 ha sont ainsi libérés pour d'autres usages. Le chargement corrigé augmente pour atteindre 1,86 UGB/ha SFP.

Dans le cas de l'année « sèche »

Sans adaptation, le système devient déficitaire en maïs (- 115 tMS) et en herbe conservée (- 30 tMS de foin et ensilage de graminées, - 13 tMS de foin de luzerne). La courbe de production de l'herbe est déformée : conséquence de la sécheresse, la production est ralentie au printemps et stoppée en été (avec un léger rebond en fin de printemps). De ce fait, les besoins ne sont pas couverts par le pâturage comme ils pourraient l'être dans le futur moyen, et des fourrages conservés doivent être distribués dès le printemps et tout l'été, ce qui aggrave encore le déficit fourrager. Le chargement corrigé diminue et atteint 1,37 UGB/ha SFP.



Différents leviers d'adaptation ont été évoqués pour faire face à une telle série d'aléas. Au niveau du système fourrager, les éleveurs suggèrent d'ensiler des surfaces de maïs qui étaient prévues pour récolter en grain, voire d'acheter du maïs sur pieds. Quand la sécheresse arrive assez tôt, des céréales immatures peuvent aussi être ensilées, ce qui peut permettre d'implanter une interculture ensuite, à condition de pouvoir l'irriguer.

L'alimentation du troupeau devra également être modifiée : des rations à base de paille (de céréales ou de pois, qu'il est possible de se procurer auprès des céréaliers de la zone) et de concentrés pourront être distribuées aux génisses. Concernant les vaches laitières, les fortes chaleurs feront baisser la production laitière, on pourra se permettre de distribuer des rations moins énergétiques, par exemple avec des céréales ensilées.

D'autres leviers d'adaptations, qui impliquent une reconfiguration des systèmes de façon plus globale, ont ensuite été évoqués. Il s'agirait, notamment quand il n'y a pas d'irrigation possible, de miser principalement sur les récoltes de printemps (méteils, cultures dérobées et prairies temporaires) pour constituer son stock de fourrages, et d'ajuster avec les récoltes d'été. Dans un tel système, le maïs serait récolté en ensilage si les récoltes de printemps n'ont pas permis d'assurer un volume suffisant, et en grain ou en épis pour apporter de l'énergie si le volume est suffisant. Des hauteurs de coupe intermédiaires permettraient d'ajuster plus finement en fonction des besoins. La conduite du troupeau pourrait également être adaptée, en avançant les vêlages pour économiser du fourrage, et/ou en déléguant l'élevage des génisses.

Discussion autour de leviers d'adaptation issus de travaux de recherche

Des éléments issus de travaux menés à l'INRA de Lusignan (station peu éloignée) depuis plusieurs années ont ensuite été présentés au groupe. Ces leviers d'adaptation (et donc de sécurisation des systèmes fourragers) sont d'ordre agronomique et concernent la diversification des fourrages stockables, l'allongement de la durée de pâturage et l'augmentation de la production estivale pâturable. Pour chacun de ces objectifs, plusieurs moyens sont présentés ci-dessous, avec les [commentaires techniques et conditions de réussite évoqués par le groupe](#). D'autres travaux sont menés à Lusignan concernant les aspects zootechniques (croisements, durée de lactation...) et à l'échelle système (OasYs).

OasYs, un système bovin laitier agroécologique, adapté au changement climatique

Le système laitier OasYs a été reconçu globalement avec plusieurs partenaires en utilisant une approche agroécologique et pour être adapté au changement climatique. Il est fondé sur une diversification des ressources fourragères (y compris les arbres), le développement du pâturage et des légumineuses, le recyclage de l'eau et des éléments nutritifs, et sur une stratégie d'élevage adaptée à ce nouveau système fourrager (deux périodes de vèlage, lactations allongées, vaches croisées). Ce système est mis en place sur l'unité expérimentale Fourrages, Environnement, Ruminants de l'INRA à Lusignan (Vienne) depuis fin 2013. Il comporte 90 hectares de cultures et prairies multi-espèces et multi-étagées (dont 12 ha en agroforesterie), et un troupeau de 72 vaches laitières engagé dans un croisement rotationnel à trois races (Holstein, Rouge Scandinave, Jersey). Son évaluation multicritère sur le long terme vise à étudier dans quelle mesure une plus grande diversité des composantes d'un système laitier permet de concilier un niveau de production et des performances environnementales élevées, et d'améliorer la résilience du système face aux aléas climatiques.

Diversifier les fourrages à stocks

► Cultiver du sorgho sur les sols à faible réserve utile

Les sorghos grains sont plus productifs que le maïs trois années sur cinq en Poitou-Charentes. Les rendements sont compris entre 6 et 15 tMS/ha, selon la pluviométrie. Selon Jean-Claude Émile, de l'INRA de Lusignan, il n'y a « aucune raison de ne pas avoir au moins 50% de sa sole maïs conduite en sorgho, voire plus en terres très ingrates. » Il faut cependant bien choisir entre les différents types de sorgho : privilégier les sorghos BMR, éviter les sucriers, et faire attention à la tardivité des sorghos géants. La qualité est similaire à celle du maïs.

L'association sorgho-légumineuse est prometteuse (pour la MAT) mais pas au point techniquement.

Une innovation technique majeure consiste à semer à écartement réduit (20 cm au lieu de 75), tout en conservant la même densité à l'hectare. Cette technique semble très favorable au rendement (+ 66% sur 3 ans) et au contrôle des adventices.

Les repousses peuvent être pâturées (2 tMS/ha) avant les premières gelées.

Les éleveurs qui cultivent ou ont déjà cultivé du sorgho soulèvent l'importance de bien gérer les adventices, notamment les graminées estivales (panic, sétairie, digitale...) pour lesquelles il n'existe pas d'herbicide homologué sur sorgho.

Ils constatent que les semenciers commencent à proposer des légumineuses originaires des régions chaudes (haricots...), mais émettent des réserves quant à leur association avec le sorgho, notamment sans irrigation, car la compétition pour l'accès à l'eau pourrait être importante.

► Récolter des mélanges céréales-protéagineux immatures (MCPI)

Différents mélanges ont été testés, et comparés au triticale seul : triticale-pois et triticale-avoine-pois-vesce. La conduite est très simple, économique et quasiment sans intrants.

Les rendements des essais à Lusignan sont compris entre 6 et 12 tMS/ha, selon la pluviométrie et la date de récolte.

Une récolte précoce permet d'assurer une bonne qualité : 14-15% de MAT et 0,80 UFL (ce qui est inférieur à la valeur UFL du sorgho). Une récolte tardive augmente le rendement mais pour une qualité médiocre.

Ces mélanges et leurs repousses peuvent aussi être pâturés.

Les rendements sont généralement compris entre 4 et 10 tMS/ha, avec des taux de MAT supérieurs.

Les éleveurs suggèrent d'augmenter la part de protéagineux pour augmenter la qualité, par exemple avec de la féverole qui peut jouer le rôle de tuteur à la place de la céréale. Ils évoquent également les MCPI récoltés tôt qui permettent d'implanter un sorgho par la suite, et l'irrigation qui peut être utile mais dont on peut facilement se passer.

► En début ou fin d'hiver, faire pâturer des céréales

Un passage mi-février, avant le stade « épi 1 cm », permet un rendement d'1 à 3 tMS/ha, et limite l'impact sur la récolte de grain. À ce stade, la qualité est excellente et ne demande pas de complémentation. Un premier passage en décembre est envisageable si le semis est précoce.

Le triticale est la céréale la plus recommandée pour cette pratique, et des associations avec des légumineuses (vesce, pois) sont possibles. Les associations avec des légumineuses ont par ailleurs l'avantage d'améliorer la portance. Le semis direct a également cet effet.

Les éleveurs évoquent :

- La nécessité de pâturer dans de bonnes conditions de portance pour ne pas dégrader les sols.
- La disparition de la légumineuse après le premier passage.
- Une possible perte de rendement en paille.

► Faire pâturer des cultures d'été

Les **sorghos fourragers** peuvent être pâturés lorsqu'ils ont dépassé 0,4 m de hauteur (avant, la plantule contient de l'acide cyanhydrique). Deux à trois exploitations sont possibles.

Le **moha** fournit une première pousse abondante et de bonne qualité, mais celle-ci décroît rapidement à l'épiaison. Les repousses sont peu productives.

Le **millet** permet d'effectuer plusieurs passages avec un fourrage de bonne qualité, jusqu'aux premiers froids.

Les trois peuvent être associés à du trèfle (d'Alexandrie ou incarnat) ou de la vesce. En association, la qualité est très bonne. Cependant, le semis doit être réalisé avant le 14 juillet, et le rendement est variable (2 à 4 tMS/ha après 60 jours)

Les éleveurs notent que la réussite de ces cultures d'été est très dépendante de l'accès à l'eau à l'implantation. Par la suite, elles nécessitent une bonne organisation des travaux de récolte, du fait de leur croissance rapide.

► En hiver, faire pâturer de la betterave

La betterave est très productive (15 tMS/ha) et lactogène. Mais elle occupe le sol pendant longtemps : pour pâturer en hiver, il faut semer en avril.

L'ADBFM (Association pour le Développement de la Betterave Fourragère Monogerme) préconise de « réserver un front de consommation d'environ 3m de large par vache. Quotidiennement, le fil est repoussé de 2 rangs et le pâturage est limité à 2 heures par jour. » Elle affirme également que « les vaches parviennent à tirer la betterave hors de terre et mangent aussi bien les feuilles que les racines. Pour habituer les jeunes à cette valorisation, il est conseillé d'arracher quelques racines à la main et de leur donner à même le sol les premiers jours. La période d'accoutumance est très rapide. »

Les éleveurs connaissent cette pratique, notamment au travers d'exemples anglais et néo-zélandais. Ils soulignent le fait qu'il faut de bonnes conditions météorologiques pour pouvoir pâturer en préservant la structure des sols, et le risque de ne pas pouvoir utiliser les parcelles implantées en betterave dans le cas contraire.

► Faire pâturer des crucifères à l'automne

Différentes espèces peuvent être utilisées : colza fourrager, chou, navet, moutarde, rave...

Semé après les moissons, le colza fourrager donne de bons résultats, à condition de bénéficier de pluies. Le pâturage doit être rapide pour permettre la repousse. Ces fourrages ont une faible teneur en matière sèche, mais sont riches en MAT.

Les éleveurs recourent ponctuellement au colza fourrager, pour reconstituer des stocks plutôt qu'au pâturage. Ils citent l'exemple des choux semés après une céréale et avant le 15 août, et récoltés en vert tout l'hiver. Ils confirment les limites évoquées (fourrages peu énergétiques et besoins en eau à l'implantation) et mentionnent des risques de dégâts causés par des insectes sur les semis les plus précoces.

► Faire pâturer des reports sur pieds

Cette pratique entraîne toujours des pertes de qualité et de biomasse, mais est plus économique que la récolte, le stockage et la distribution des surplus. Elle est plutôt recommandée pour des animaux à faibles besoins.

La perte de qualité est moindre si la proportion de graminées épiées est faible (espèces ou types non remontants), et/ou si la proportion de trèfle est importante.

Les éleveurs évoquent les prévisions de hausse des températures, qui pourrait accélérer la senescence et donc augmenter les pertes de qualité et biomasse. À l'avenir, les reports sur pieds devront donc être consommés rapidement, notamment l'été.

► Intégrer de la luzerne dans les mélanges

Intégrée dans les mélanges, la luzerne permet d'obtenir une production estivale plus importante. Sur l'année, le rendement est également supérieur à celui d'une prairie monospécifique.

Ces prairies peuvent être récoltées et/ou pâturées, elles produisent un fourrage de très bonne qualité, sont peu exigeantes en fertilisation et plus pérennes que la luzerne en pur.

Les éleveurs préfèrent les associations de type RG-trèfle, qui donnent un meilleur rendement en 3e coupe. Ils s'interrogent sur la possibilité d'implanter des luzernes de type méditerranéen pour pouvoir les exploiter plus tôt.

► Cultiver de la chicorée, seule ou dans des prairies multi-espèces

La chicorée a une capacité à pousser en été « vraiment exceptionnelle ». L'installation est rapide, et l'utilisation peut se faire en été et automne. La qualité est très bonne. Un pâturage à rythme rapide est préconisé, les récoltes sont déconseillées.

Les éleveurs suggèrent de la récolter en vert, ce qui pourrait être plus facile que de la faire pâturer.

Conclusions

Évolutions tendanciennes

Sans l'effet CO₂, dans le futur moyen, la zone serait affectée par une baisse des rendements : l'effet de l'évolution moyenne du climat est défavorable. En intégrant l'effet CO₂, l'effet du changement climatique devient légèrement positif malgré le déficit estival. 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

Le système étudié était déjà bien préparé à surmonter une sécheresse estivale par l'utilisation de l'irrigation et de la luzerne. Malgré cela, lorsque cette sécheresse est longue, il est fortement affecté.

La présence de surfaces destinées aux grandes cultures est aussi un important levier de sécurisation : en mauvaise année, des surfaces de maïs, voire de céréales, peuvent être ensilées plutôt que récoltées en grain. Ces surfaces offrent par ailleurs des possibilités d'implantation d'intercultures, qui peuvent être récoltées au printemps et contribuer à la constitution du stock fourrager.

De nombreux leviers évoqués par l'INRA sont connus des éleveurs et peuvent faire l'objet de propositions d'amélioration pertinentes.

Limiter les impacts du déficit hydrique estival

La Saintonge est déjà confrontée à d'importants épisodes de sécheresse. L'irrigation, lorsqu'elle est possible, permet d'en atténuer les effets. Mais tous les éleveurs n'y ont pas accès, et des restrictions sont parfois imposées sur certains points de prélèvement. Le choix d'espèces et variétés plus efficaces dans leur utilisation de l'eau serait un levier pour faire face au déficit hydrique.

La diversification des ressources fourragères (par l'implantation de méteils et de dérobées) et la restructuration des systèmes de façon à constituer la majeure partie du stock fourrager au printemps diminuent la sensibilité au stress hydrique en été, ainsi que la dépendance à l'irrigation. La composition des prairies temporaires pourra également être adaptée de façon à assurer les récoltes de printemps et/ou limiter leurs besoins en eau en été.

Valoriser l'herbe quand elle pousse

Le pâturage occupait une part importante de l'alimentation des animaux dans le cas traité, mais ce n'est pas la pratique majoritaire dans le département. Il y a beaucoup de raisons à cela : motivation et envies de l'éleveur, contraintes structurelles, choix de privilégier les cultures...

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...)

Les vaches aussi vont souffrir

Les éleveurs de la zone redoutent le stress thermique que vivront les VL de plus en plus souvent, et les pertes de production laitière que celui-ci entraîne. Différents leviers (adaptation des bâtiments, génétique, répartition des vêlages dans l'année...) 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 (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 multi-disciplinaire 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.

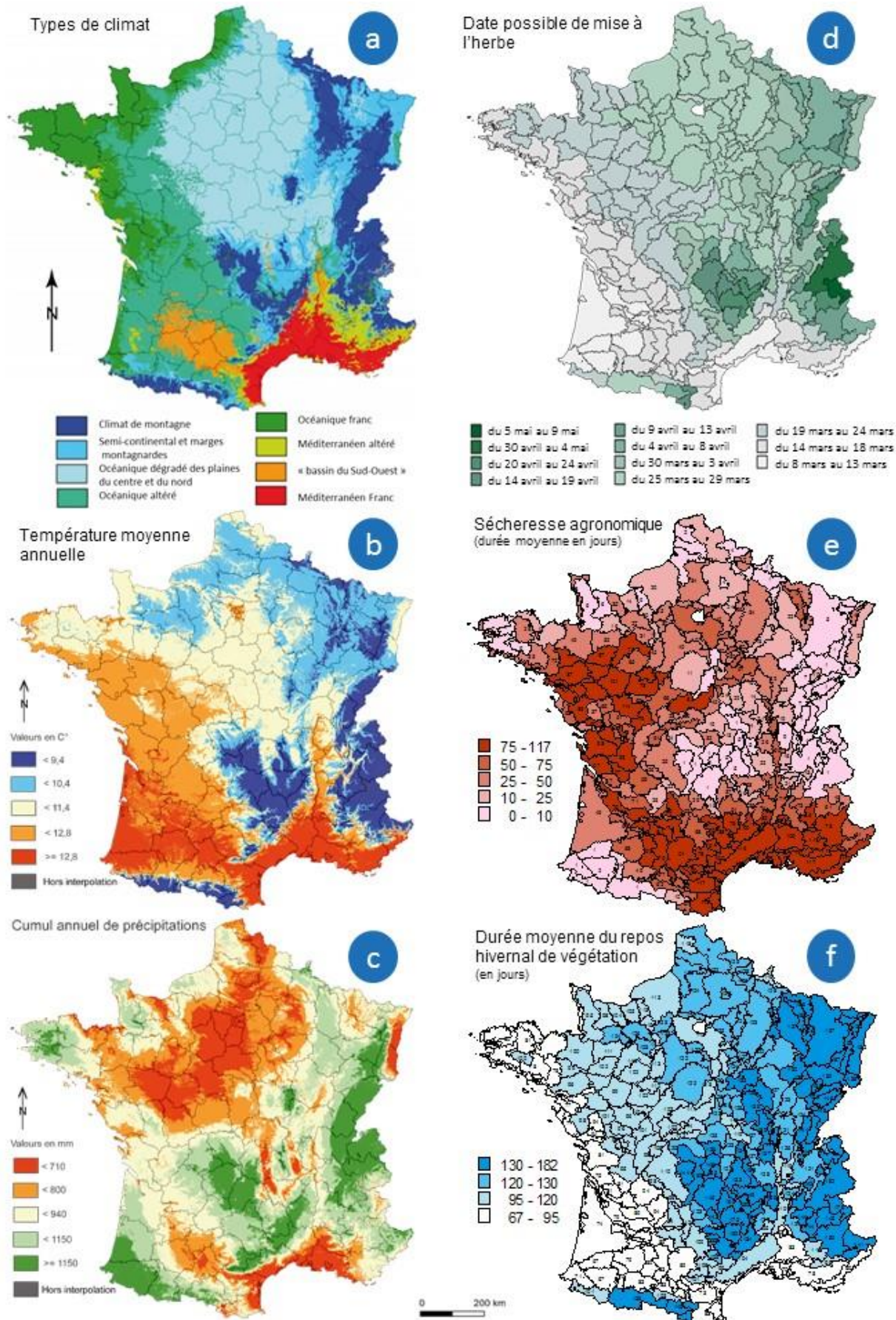
Un outil très apprécié des éleveurs est utilisé, le Rami Fourrager®. Il s'agit d'un jeu de plateau qui permet de modéliser un système fourrager et de le confronter à diverses contraintes. Les joueurs (éleveurs, conseillers...) peuvent alors reconfigurer le système pour l'adapter à ces contraintes. L'outil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



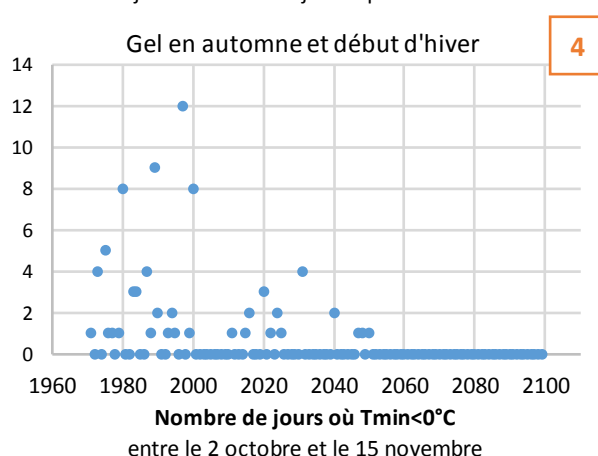
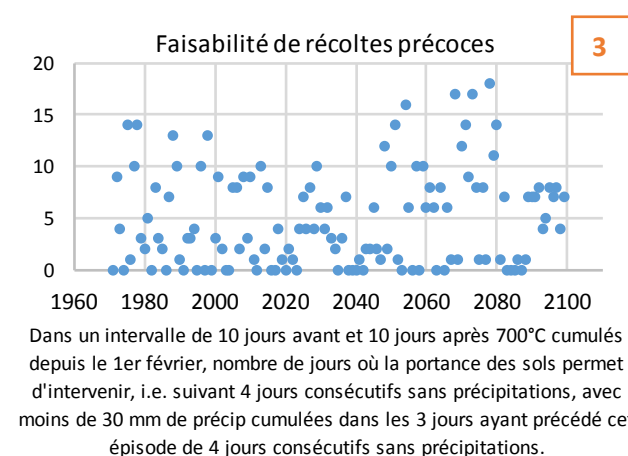
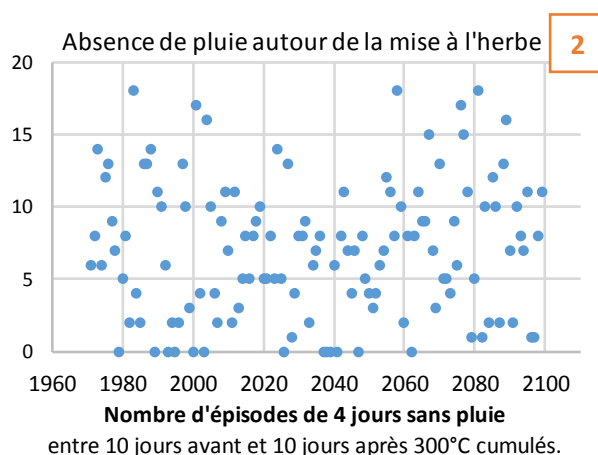
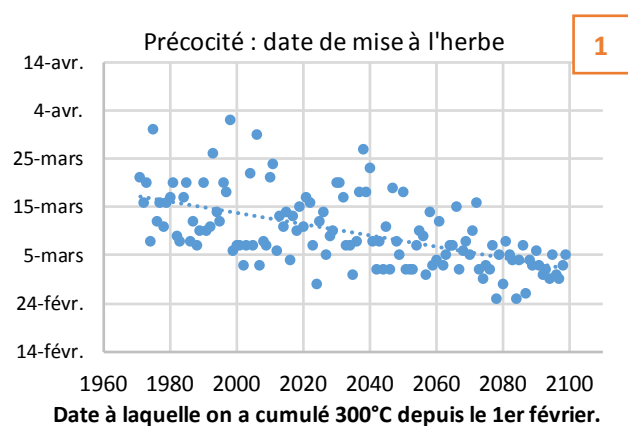
Sources et méthodes a, b, c : INRA, CNRS, Université de Bourgogne ; d, e, f : données Météo France, SSP, INRA calculées pour ISOP, traitement Institut de l'Élevage pour 228 régions fourragères. d. La date possible de mise à l'herbe est estimée par la date d'atteinte d'un seuil de 300°C cumulés depuis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

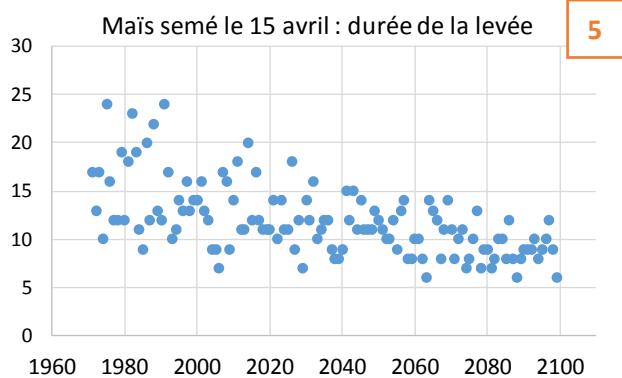
Annexe 3 : Évolution climatique et conséquences pour la mise en place et l'accès aux ressources fourragères (à partir du modèle de climat ALADIN)

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 [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 puis disparaîtront, 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.

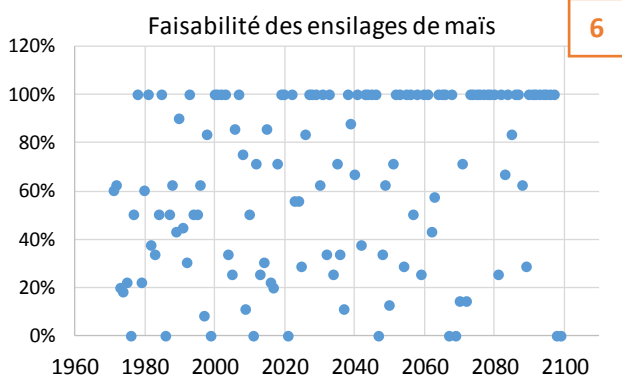
Enfin, il ne faut pas oublier les conséquences directes du climat sur les animaux eux-mêmes : lors d'épisodes caniculaires, les vaches réduisent leurs déplacements et leur ingestion, l'herbe au pâturage est alors moins bien exploitée, alors même que sa senescence est accélérée et sa pousse stoppée (voir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





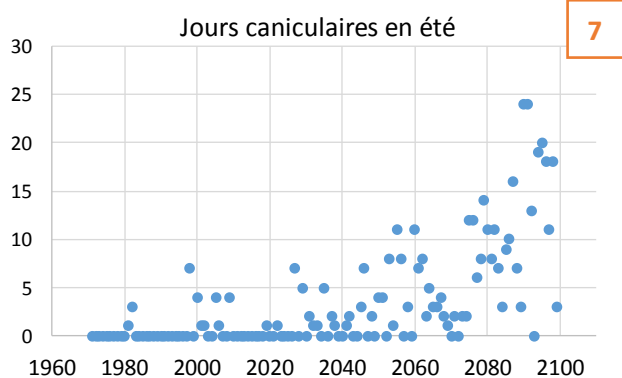
5

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).



6

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.



7

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*), Jean-Claude Émile (*INRA*), Christophe Mauger (*Chambre d'Agriculture de Charente-Maritime*), Sandra Novak (*INRA*), 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 de la Charente-Maritime), 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

