



**CLIMALAIT**

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

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

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

La méthodologie détaillée est décrite en annexe.

### Les attendus peuvent se résumer ainsi :

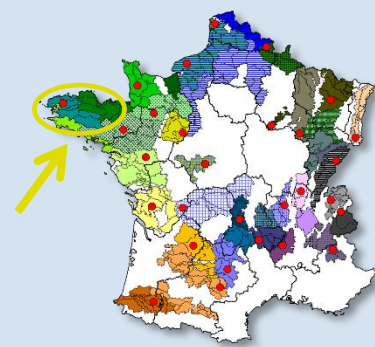
- ✓ Un zonage de la France en une trentaine d'Unités Laitières Agroclimatiques représentatives de la diversité des contextes de production du lait en France (voir ci-contre),
- ✓ Des données sur l'évolution du climat à l'échelle de chacune de ces zones,
- ✓ Les impacts du changement climatique, sur des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

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

**Ici, vous trouverez les résultats pour le pays de Morlaix (29)**

## DES RÉSULTATS

### pour le pays de Morlaix



Carte présentant les 30 unités laitières agroclimatiques

### Au sommaire :

La Région Agricole du pays de Morlaix.....	2
Climat de la zone.....	3
L'évolution prévue des rendements des cultures fourragères (et de la saisonnalité de la production pour les prairies).....	6
Conséquences à l'échelle des systèmes et adaptations possibles.....	9
Conclusions.....	12
Annexes.....	13

### 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 du pays de Morlaix

Comme partout en France, la SAU moyenne par exploitation augmente à un rythme soutenu (de l'ordre de + 42 % entre 2000 et 2010, ce qui est supérieur à l'évolution observée en moyenne sur les 29 zones d'études), sans que la main d'œuvre augmente au même rythme (+ 1 % entre 2000 et 2010). Cela condamne les éleveurs, là comme ailleurs, à faire de constants gains de productivité au plan du travail.

	UTA	SAU (ha)	Grandes cultures (ha)	SFP (ha)	Dont maïs fourrage (ha)	Nb total d'UGB	Nb de VL
En 2010	2,0	73	19	54	20	95	58
Évolution entre 2000 et 2010 (% de 2000)	+1%	+42%	+42%	+42%	+44%	+36%	+44%

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

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

ce fait, le chargement apparent est resté aux alentours de 1,8 UGB/ha de SFP.

Le quota moyen pour la dernière campagne (2014-2015) a atteint 387 000 litres par exploitation, soit environ 6 700 L/VL.

Les systèmes fourragers reposent principalement sur les prairies temporaires et le maïs fourrage. Ce dernier occupe une part importante de la SFP (presque 40 % en 2010). Comme dans toutes les autres zones de l'Ouest, la sole en céréales et autres grandes cultures augmente : en 2010, on comptait en moyenne 19 ha de ces cultures dans les exploitations laitières, ce qui correspond à presque 30 % de la SAU. Ces surfaces en céréales apportent aussi des possibilités d'utilisation directe pour l'alimentation du troupeau, via l'ensilage de céréales immatures, ou d'implantation de cultures intermédiaires.

**Le pays de Morlaix n'échappe pas à l'agrandissement des exploitations. Le cheptel laitier suit la même évolution, sans pour autant réduire le troupeau allaitant. Les systèmes fourragers reposent sur la culture du maïs ensilage, et les prairies temporaires. La « ferme moyenne » de la zone dispose également d'une sole en grandes cultures, ce qui permet la mise en œuvre de plusieurs leviers de sécurisation des systèmes fourragers face aux aléas climatiques.**

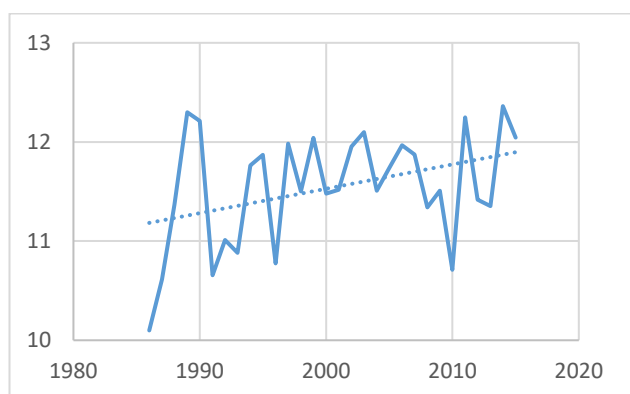
## Climat de la zone

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

Le climat du pays de Morlaix est de type océanique franc (carte a) avec des températures douces (carte b) entraînant un repos hivernal de la végétation court (carte f) avec une date de mise à l'herbe théorique en deuxième quinzaine de mars (carte d). Le cumul annuel des précipitations est relativement élevé (carte c) et la sécheresse agronomique estivale est courte (carte e).

### Évolution récente du climat

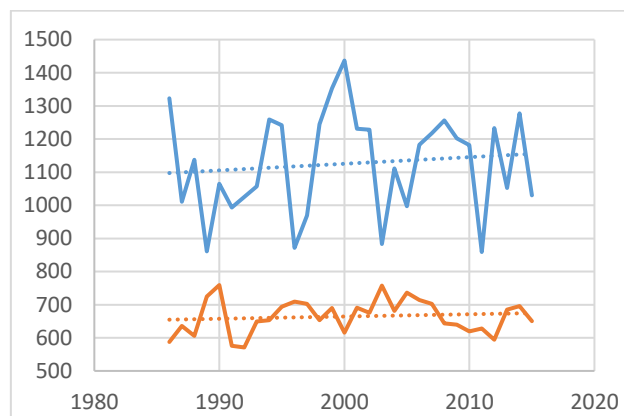
Dans cette zone, l'évolution des températures moyennes annuelles est modérée : en 30 ans, le climat s'est réchauffé d'environ 0,7 °C. La variabilité inter-annuelle demeure importante, avec des moyennes annuelles comprises entre 10 et 12,5 °C. Cette augmentation de température se retrouve à l'échelle saisonnière. Elle est particulièrement marquée au printemps (+ 0,9 °C) et à l'automne (+ 1,2 °C).



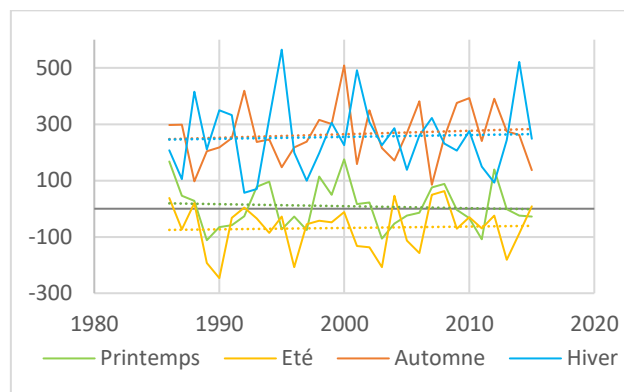
Évolution de la température moyenne annuelle de 1986 à 2015 (Données Météo-France Safran).

Le cumul annuel des précipitations est variable, entre 850 et 1450 mm/an, mais le cumul annuel de l'évapotranspiration y a toujours été largement inférieur, générant un bilan hydrique annuel positif. À l'échelle saisonnière, cela signifie des bilans hydriques (P-ETP) positifs en automne et en hiver, faiblement négatifs la plupart des étés, et positifs certains printemps, négatifs pour d'autres. Les variations inter-annuelles des bilans

hydriques saisonniers sont telles qu'aucune évolution n'est perceptible sur les trente dernières années.



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

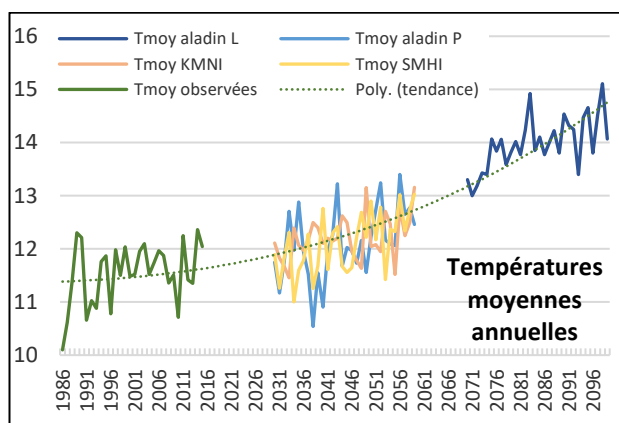


Bilan hydrique (P-ETP) calculé par saison de 1986 à 2015 (Données Météo-France Safran).

## Évolutions futures du climat

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

### Évolution des températures moyennes annuelles



Quel que soit le modèle, il prédit une augmentation de température encore modérée (de l'ordre de 1 °C) dans le futur proche. Ce n'est que dans la seconde moitié du siècle que le réchauffement s'accélérait rapidement pour atteindre + 2 à 3 °C par rapport au niveau actuel.

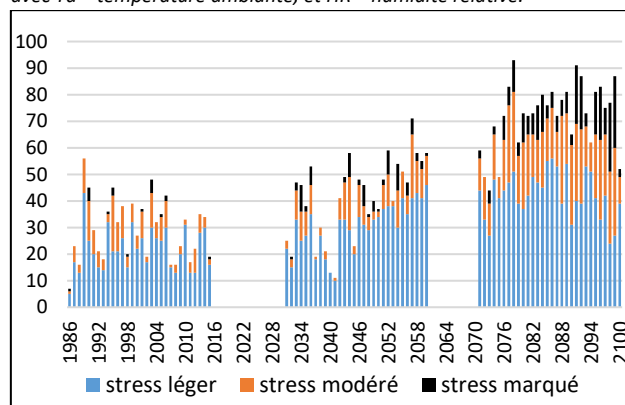
L'analyse des données simulées montre qu'autour de ce niveau, l'hiver se réchaufferait moins (+ 2 °C) que l'été (+ 4 °C). Les températures moyennes sont exprimées à partir des minimales et des maximales, l'analyse montre que les maximales progresseraient plus vite que les minimales. Ainsi quand on évoque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

nombre de jours caniculaires sera en forte hausse (cf. annexe 3).

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

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

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



L'augmentation des températures n'aura pas que des effets négatifs : l'une de ses conséquences peut être la possibilité de mettre à l'herbe plus tôt. Ainsi, si la date à laquelle on atteint une somme de températures de 300 °C se situe actuellement aux alentours du 13 mars (une année sur deux entre le 8 et le 17 mars), elle pourrait passer aux alentours du 9 mars dans le futur proche (entre le 7 et le 10 mars selon les modèles), et du 3 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	8/3	9/3	5/3	5/3	4/3	1/3
Médiane	13/3	11/3	15/3	10/3	9/3	7/3	3/3

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

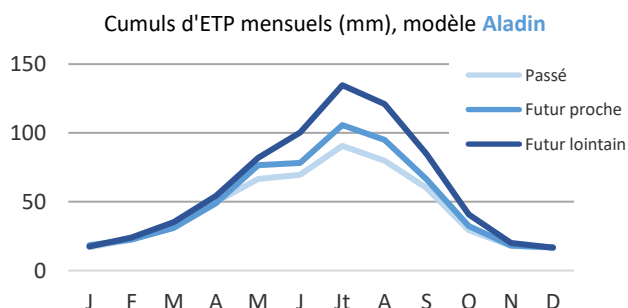
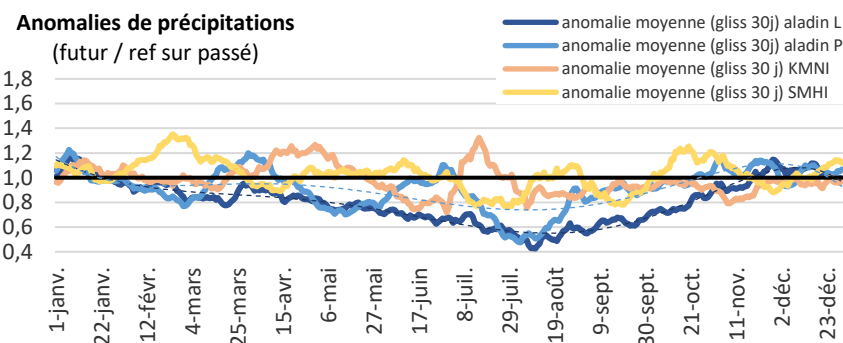
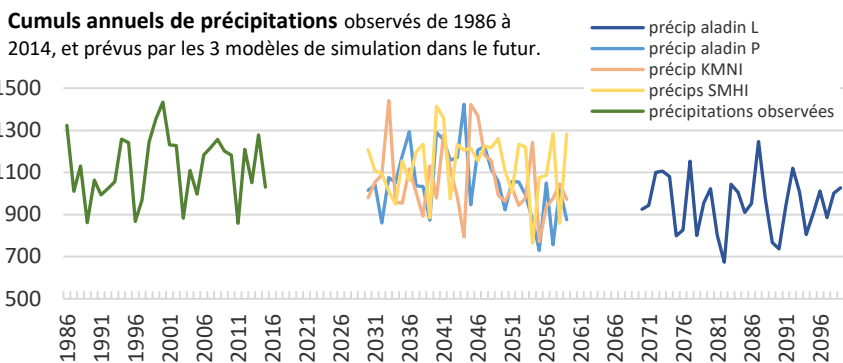
## Évolution des précipitations

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, sauf peut-être en fin de siècle avec le modèle **Aladin**. Ce qui domine, c'est surtout la très forte variabilité inter-annuelle, réelle dans le passé et qui se poursuit de la même façon dans le futur.

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

	Obs 30 ans	1986- 2000	2001- 2015	Aladin 2030- 2059	KMNI 2030- 2059	SMHI 2030- 2059	Aladin 2070- 2099
au moins 15 jours sans pluie entre le 20/04 et le 10/06	2/10	1/10	3/10	+10%	-3%	+7%	+13%
au moins 20 jours sans pluie entre le 01/07 et le 01/09	1/10	1/10	1/10	+10%	-3%	+10%	+13%

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



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

Le modèle **Aladin** est le seul pour lequel nous disposons des calculs d'ETP, aussi c'est le seul à partir duquel nous avons réalisé les simulations de culture qui permettent d'intégrer tous les effets du changement climatique sur la plante : augmentation des températures et de l'ETP, modifications du régime de précipitations, effets directs du CO<sub>2</sub>.

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

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

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

Les rendements présentés ici ne prennent pas en compte les adaptations possibles par choix de variétés (sauf pour le maïs), ni l'évolution des variétés. En revanche, le modèle utilisé tient compte de l'effet de l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Une précédente étude a montré que cet effet du CO<sub>2</sub> 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 trois types de sols représentatifs de ceux de la zone (présentés ci-contre).

	Profondeur	Taux d'argile	Réserve utile
Sol profond	140 cm	25 %	165 mm
Sol moyen	70 cm	20 %	90 mm
Sol superficiel	50 cm	25 %	65 mm

Caractéristiques des sols utilisés dans les simulations.

### Conséquences du changement climatique sur la pousse de l'herbe

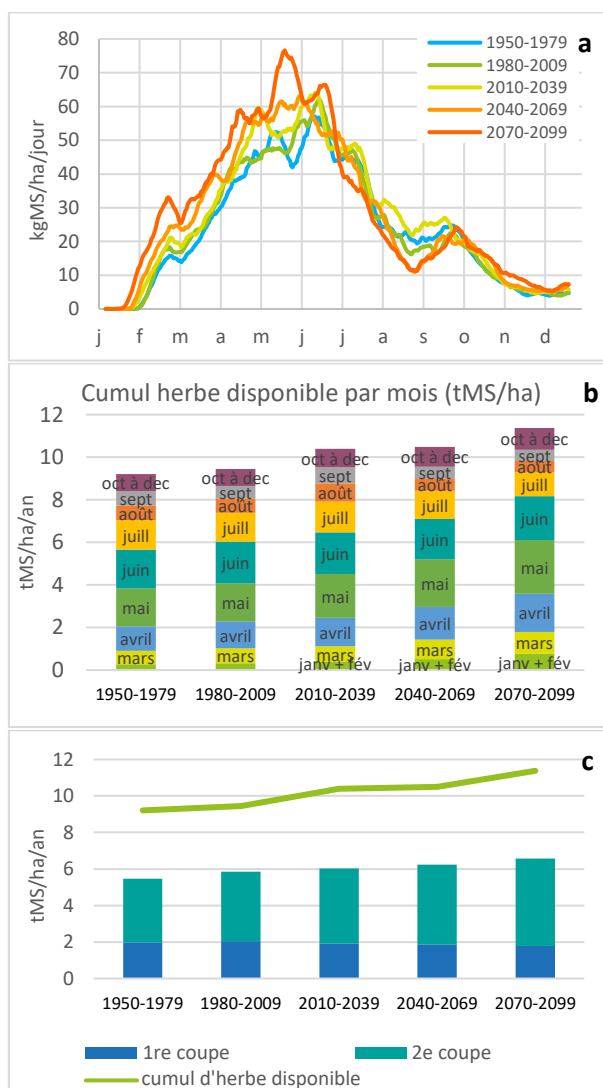
Les simulations ont été réalisées pour plusieurs itinéraires techniques combinant récoltes (en foin ou en ensilage) et pâturage, sur trois types de sol. Les courbes de croissance présentées ci-dessous ne concernent que les itinéraires de type pâturage.

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 léger rebond à l'automne, lui, serait un peu 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 sur sol moyen, en kg de MS/ha/jour, selon la période de 30 ans simulée ;  
 b) cumul d'herbe disponible par mois sur sol moyen avec apports d'azote importants ;  
 c) rendements moyens des récoltes d'ensilage puis de foin après un déprimage en début de printemps, et cumul d'herbe disponible sur l'année sur sol moyen avec apports d'azote importants.

## Luzerne

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

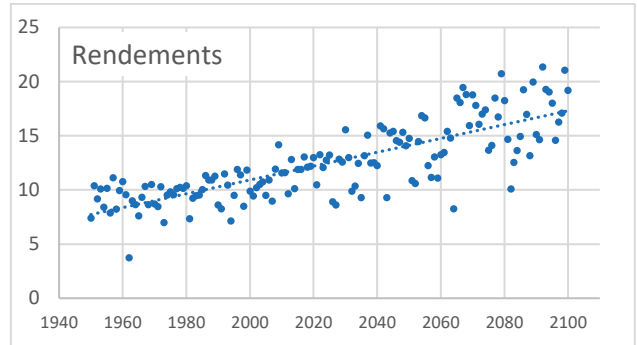
Quel que soit le nombre de coupes réalisées, les rendements seraient à la hausse. Cependant, si l'ensemble des rendements augmente, la variabilité interannuelle est toujours aussi marquée.

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

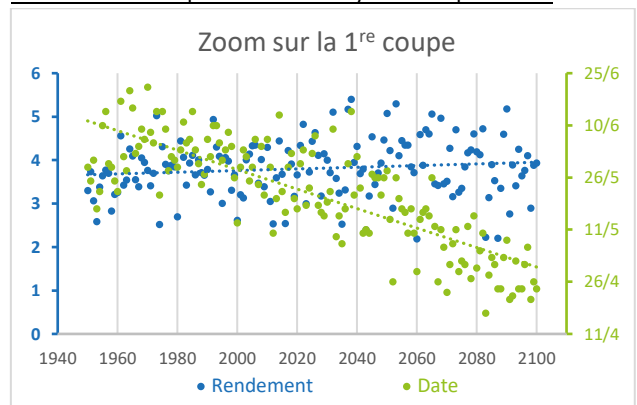
D'autre part, l'augmentation des températures estivales permettrait d'accélérer la croissance des plantes (contrairement aux prairies de graminées, la luzerne est peu affectée par les températures élevées, tant que suffisamment d'eau est disponible) et ainsi bien souvent de faire une coupe supplémentaire.

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

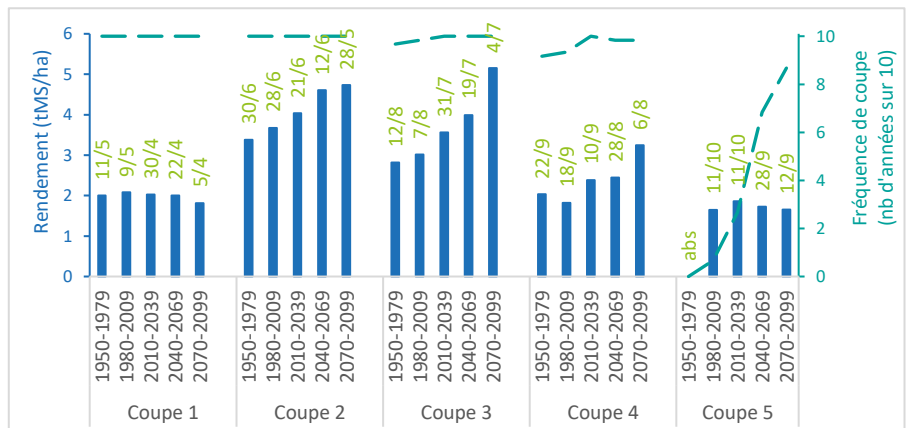
Rendements cumulés moyens obtenus pour les itinéraires techniques utilisés dans les simulations.



Dates de coupe et rendements en 1<sup>re</sup> coupe, en moyenne pour l'itinéraire à 3 coupes sur sols « moyen » et « profond »

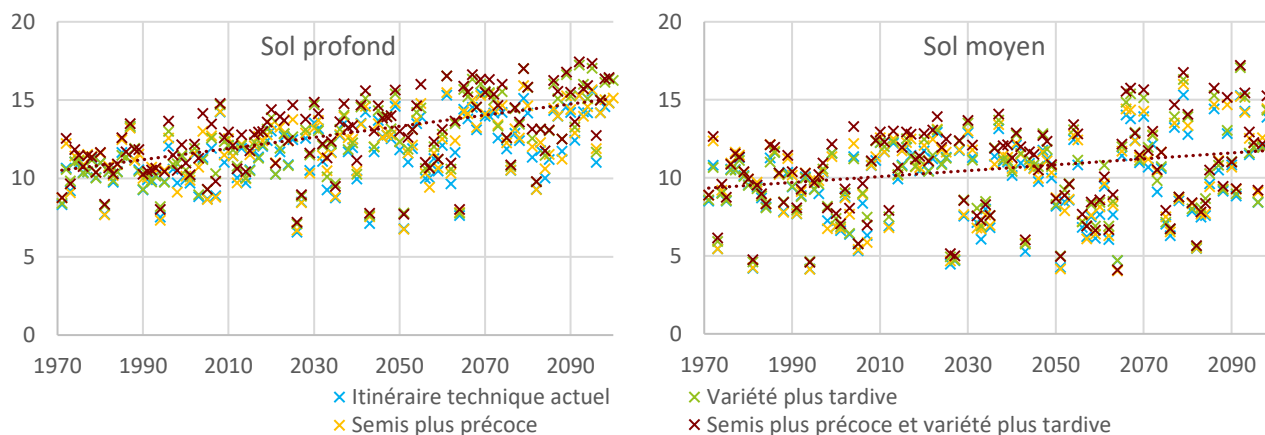


Ci-contre : en moyenne par période de 30 ans, **rendements par coupe, fréquence de réalisation des coupes par le modèle et dates de coupes prévues**, pour l'itinéraire technique à 5 coupes prévues (moyenne des résultats obtenus sur sol « profond » et sol « moyen »).

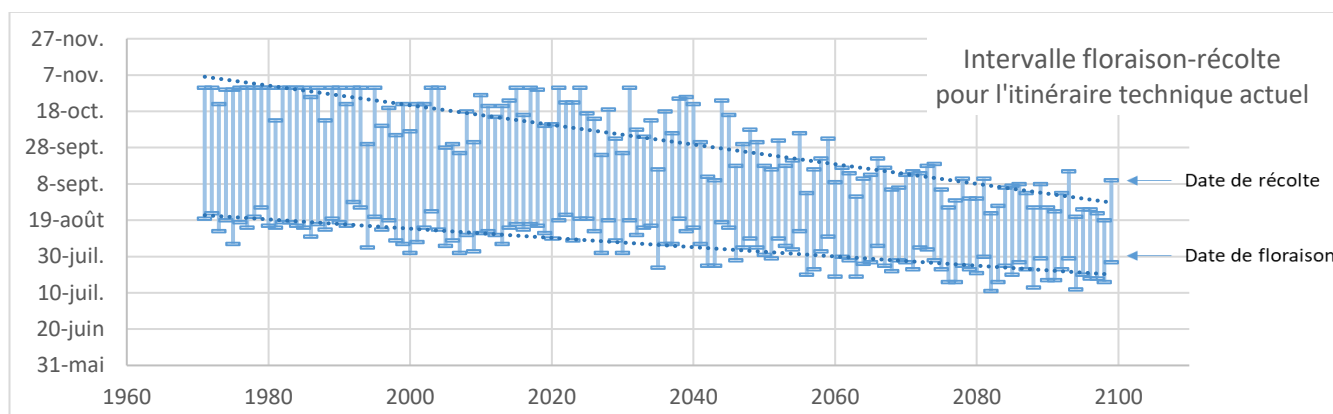


## Maïs

Les simulations sont réalisées pour plusieurs groupes de précocité (précoce d'indice 220 à 290 et demi-précoce-tardif d'indice 310 à 400) et dates de semis (15/04 et 01/05), sur les sols « profond » et « moyen » présentés précédemment. D'autres simulations ont été réalisées, en combinant une dérobée (Ray-grass italien) et un maïs. Dans ce cas, la dérobée est récoltée fin avril et le maïs est semé le 10 mai.



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



Évolution des dates de floraison et récolte.

Les rendements seraient en légère hausse, qui est à relier aux effets directs de l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Cette tendance cache cependant une certaine variabilité, qui reflète la variabilité des précipitations et se poursuit dans le futur, notamment sur sol moyen. Les dates de floraison et de récolte seraient de plus en plus précoces. À condition que les ressources en eau soient suffisantes, des variétés plus tardives pourraient donc être semées sans risque, avec une possibilité de rendement supérieur.

L'augmentation des températures au printemps permettrait également d'envisager la culture d'une dérobée avec un bon rendement, toujours avec une certaine variabilité. En revanche, la variabilité du rendement du maïs qui la suit serait accrue. En fin de siècle, la dérobée produirait même parfois autant voire plus que le maïs qui la suit.

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 qu'un léger creux de production en été et une reprise à l'automne apparaissent. La saison de pâturage s'allonge donc au début du printemps et à l'automne, mais avec un ralentissement 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 reste importante. Là aussi, l'avancée des dates de floraison et récolte est nette.



## Conséquences à l'échelle des systèmes et adaptations possibles

### Les systèmes traités

Deux groupes ont travaillé en parallèle sur deux cas particuliers :

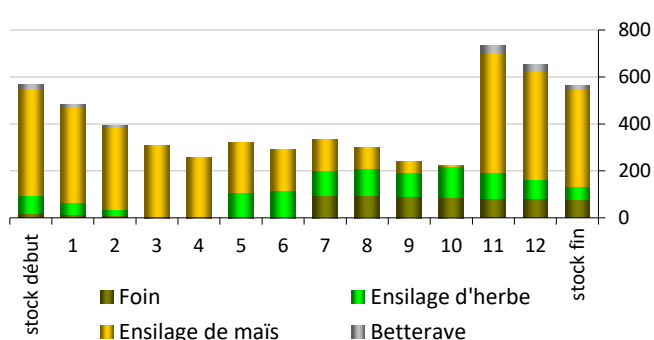
#### Système « stocks », 10 ares pâturés, conventionnel

Il s'agit d'une ferme disposant de 138 ha de SAU dont 115 ha de SFP : 44 ha de maïs (dont 20 avec RGI en dérobée), 69 ha de prairies et 2 ha de betterave. Les 23 ha restants sont occupés par de l'orge en rotation avec le maïs. 3 ha de RGI + maïs supplémentaires sont récoltés chez un voisin tandis qu'un surplus de foin de prairies permanentes peut être vendu.

Le troupeau est constitué de 150 vaches laitières à 8 500 kg de lait produits, avec un taux de renouvellement de 32 % et des vêlages à 25 mois. 50 génisses sont élevées chaque année.

En hiver, la ration des vaches laitières est composée aux deux tiers d'ensilage de maïs, et d'ensilage d'herbe, de betterave et de paille pour le tiers restant. En été, la part de maïs descend à 50 %, l'herbe pâturée couvre 30 % des besoins, les 20 % restants étant couverts par de l'ensilage d'herbe et de la paille.

Les génisses sont sevrées à 6 mois. Leur ration est constituée d'ensilage de maïs, ensilage d'herbe, foin, paille et concentrés. Elles sortent au pâturage à partir de 16 mois. Ce système nécessite au total 610 tMS d'ensilage de maïs, 265 tMS d'ensilage d'herbe, 40 tMS de foin, 35 tMS de betterave et 315 tMS de paille (dont 45 tMS de paille alimentaire). Le concentré protéique est un mélange de tourteaux de soja et colza : 190 tonnes sont nécessaires chaque année, ainsi que 27 tonnes de concentré énergétique. Le chargement corrigé s'élève à 2 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 :



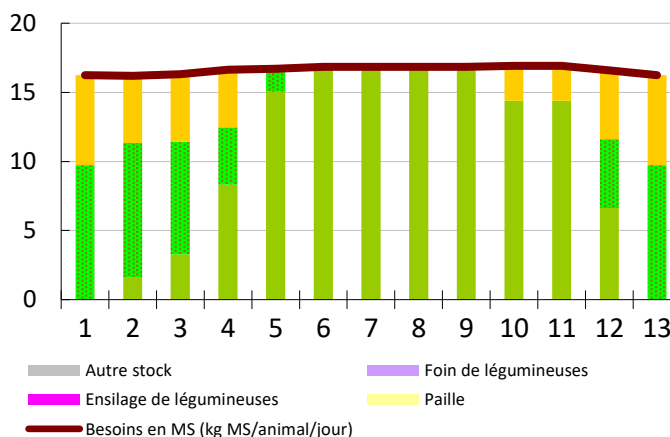
#### Système pâturant, 55 ares pâturés, agriculture biologique

L'exploitation prise en exemple comprend 120 ha de SAU. C'est aussi la SFP (pas de céréales). Celle-ci intègre 11 ha de maïs, tout le reste est en herbe, avec 67 ha uniquement pâturés (dont 10 ha de prairies humides à moindre potentiel), le reste étant ensilé 3 fois, ou seulement en 2 coupes s'il y a déprimage.

Le troupeau principal compte 90 VL à 6500 kg/VL, avec des vêlages étalés. 30 génisses sont prévues pour le renouvellement chaque année, l'âge au vêlage visé est de 29 mois.

Les VL ne sont en stabulation complète que pendant 2 mois, dès février, leur ration distribuée à base de maïs (40 %) et d'ensilage d'herbe précoce (60 %) commence à intégrer de la pâture au fur et à mesure que celle-ci devient disponible. Les silos ne sont rouverts qu'au début de l'automne, en complément du pâturage qui peut être maintenu jusque fin novembre.

#### Alimentation des VL



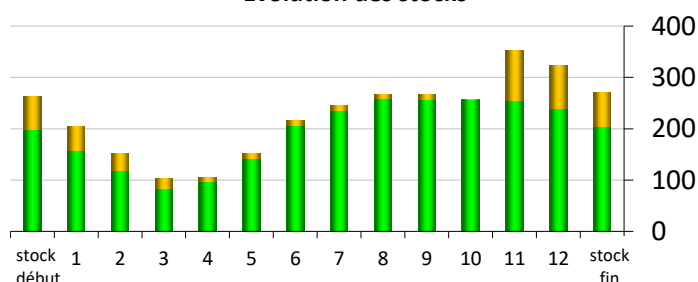
Les génisses sont exclusivement à l'herbe : pâture dès que c'est possible et jusque très tard en saison, et ensilage d'herbe. Les vaches laitières, qui peuvent être issues de croisements, ne reçoivent pas de concentrés.

Chaque année, il faut ensiler 104 tMS de maïs et le double (208) en ensilage d'herbe, l'ensemble représente 2,1 tMS par UGB.

Le système ne produit pas de paille.

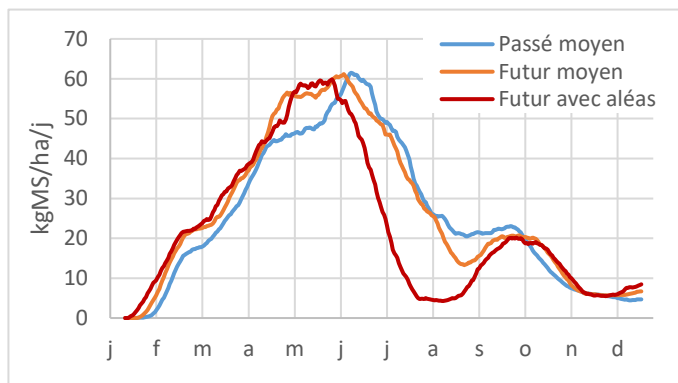
Le chargement corrigé est de 1,25 UGB/ha, et le rendement moyen valorisé de l'herbe ressort à 5,6 tMS/ha de prairie.

#### Évolution des stocks



## Le climat

Les 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 1985-2015. Ensuite, à l'aide du Rami Fourrager®, ils ont été adaptés au climat moyen de la période 2035-2065. Ces deux systèmes déjà adaptés aux conditions climatiques du futur ont ensuite été confrontés à un type d'année particulier, caractérisé par un printemps pluvieux suivi d'un été sec.



Courbes de croissance de l'herbe dans chacun des trois contextes climatiques étudiés.

	1985-2015	2035-2065	Année « avec aléas »
Date de mise à l'herbe (Date à laquelle on a cumulé 300 °C depuis le 1 <sup>er</sup> février)	14 mars	10 mars	7 mars
Bilan hydrique au pic de croissance des prairies (mm) (Cumul Précipitations - ETP, entre 400 et 1100 °C cumulés)	64	34	20
Températures élevées en fin de printemps (Nombre de jours avec $T_{max} > 28$ °C, entre 1100 °C cumulés et le 5/07)	0	1	1
Bilan hydrique en été (mm) (Cumul Précipitations - ETP entre le 5 juillet et le 20 août)	- 55	- 120	- 195

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

## Les adaptations envisagées

### Dans le futur (année moyenne 2035-2065)

#### Système « stocks », 10 ares pâturés, conventionnel

Le futur moyen est plutôt favorable : conséquence de l'augmentation des températures au printemps, les rendements des ensilages d'herbe augmentent nettement. Les 3 ha de RGI ensilés chez un voisin ne sont plus nécessaires, et un surplus de 60 tMS apparaît. Le rendement du maïs augmente dans une moindre mesure, il manque toujours environ 25 tMS. Le chargement corrigé augmente et atteint 2,2 UGB/ha SFP.

Face à ces évolutions, 8 ha de prairies temporaires destinées à l'ensilage ont été remplacés par 6 ha d'orge et 2 ha de maïs ; du RGI en dérobée avant maïs est implanté sur 2 ha supplémentaires. Cela permet de se passer complètement des surfaces complémentaires du voisin et d'augmenter la production de céréales. Les rations ne sont pas modifiées.

#### Système pâturant, 55 ares pâturés, agriculture biologique

Deux hypothèses ont été explorées pour l'adaptation dans le futur moyen, tout aussi favorable au système bio qu'au système conventionnel.

Dans l'une (H1), on profite de l'impact positif du changement climatique sur la prairie en élevant d'avantage de VL, sans modifier le nombre de génisses gardées pour le renouvellement. Par ailleurs on ajuste à la marge les rations pour maximiser le pâturage. Le chargement passe de 1,25 à 1,34 UGB/ha

Dans l'autre (H2), on ne modifie pas les effectifs, on modifie l'assolement avec 10 % de maïs en moins, et 4 ha de céréales, pour un chargement de 1,29.

C'est H1 qui a été pris en compte pour la confrontation au crash test climatique correspondant à une sécheresse (modérée) d'été. Les éleveurs du groupe ne souhaitent pas complexifier le système avec de la céréale à paille (dont ils ont appris à se passer : pas de complémentation).

**Système « stocks », 10 ares pâturés, conventionnel**

Sans adaptation, le système devient déficitaire : il manque 125 tMS d'ensilage de maïs (20 % des besoins) et 85 tMS d'ensilage d'herbe (33 % des besoins). La production des prairies est insuffisante pour permettre le pâturage des animaux en août. Le chargement corrigé diminue et atteint 1,78 UGB/ha SFP. Face à cela, deux voies sont envisagées.

➤ **Réduction du cheptel et maïs à double fin**

On réduit le nombre de génisses (35 par classe d'âge contre 50 initialement). On augmente la part d'ensilage de maïs dans la ration des vaches laitières en août pour compenser la baisse de production des prairies. Cette voie d'adaptation n'est possible qu'avec 6 ha de prairies temporaires et 8 ha de maïs supplémentaires par rapport à ce qui est nécessaire en année moyenne, ce qui réduit donc les surfaces en céréales de 14 ha. Le maïs est « à double fin » : on cultive plus de maïs que ce qui est nécessaire en année moyenne, et on le récolte en grain ou en ensilage selon l'état des stocks à l'automne.

D'autres leviers ont été envisagés :

- Acheter des aliments,
- Ensiler de l'orge pour la distribuer aux génisses,
- Choisir des maïs d'indice « pas trop tardif »
- Cultiver du sorgho,
- Cultiver de la luzerne,
- Déléguer l'élevage des génisses et garder les prairies naturelles pour les vaches taries (mais il faut faire tenir compte des aspects sanitaires),
- Diminuer le taux de renouvellement (jusqu'à 25 %)
- Augmenter la productivité par vache pour réduire le nombre d'animaux.

➤ **À SFP constante, diminution de la production**

Une grande partie des leviers évoqués précédemment ne sont valables que dans les exploitations disposant de surfaces en grandes cultures, comme dans le cas étudié. Le groupe a aussi souhaité s'intéresser aux cas où la SFP occupe toute la SAU. Le cheptel a été réduit de 25 vaches laitières et 18 génisses par classe d'âge. Les rations ne sont pas modifiées, sauf au mois d'août où du foin permet de compenser le déficit d'herbe disponible au pâturage.

D'autres leviers techniques ont été évoqués, comme le déprimage des prairies au début du printemps lorsque c'est possible.

Les éleveurs estiment que les achats de fourrages sont possibles, tant qu'ils restent ponctuels (pas plus d'une année sur cinq). Ils redoutent plutôt les successions de mauvaises années qui ne permettent pas de reconstituer la trésorerie.

La gestion des stocks a aussi été évoquée et a fait débat dans le groupe : faut-il travailler avec plus de stock que nécessaire afin de pouvoir compenser une mauvaise récolte ? Si certains éleveurs pensent à sécuriser leur système par ce biais, d'autres évoquent les aspects liés aux coûts et la conservation des fourrages.

Enfin, plusieurs autres questions ont été évoquées : que vont devenir les prairies humides avec le changement climatique ? Comment vont évoluer les prairies temporaires face aux fortes températures ? Quelles espèces choisir pour les prairies permanentes ? Va-t-on pouvoir semer après une orge s'il fait sec en été ?

**Système pâturant, 55 ares pâturés, agriculture biologique, sur la base de l'hypothèse H1**

La sécheresse n'a que peu d'impact : il manque 21 tMS de maïs, et très peu d'ensilage herbe (- 5 tMS) car les rendements en baisse des coupes estivales ont été compensés par les rendements en hausse du printemps.

Au départ, le système n'était pas tendu, avec un coefficient d'utilisation de l'herbe offerte au pâturage qui n'excédait pas 62 %, il passe à 70 % dans le cadre d'une année moins poussante, ce qui reste jouable si le pâturage est conduit avec rigueur.

À noter que ce coefficient peut rarement passer au-dessus de 80 % du fait des pertes inévitables liées au piétinement et aux déjections.

Le déficit en maïs pourrait être compensé en disposant d'un stock de sécurité équivalent à 10 % des stocks nécessaires en croisière, celui-ci pouvant être réalisé soit en maïs, soit en ensilage d'herbe.

Les éleveurs du groupe ont évoqué l'intérêt de constituer une partie des stocks avec des MCPI riches en protéagineux, de façon à disposer d'un fourrage de qualité tout en fournissant de l'azote aux sols. Ce serait intéressant surtout en dérobée avant un maïs, dans la mesure où cela consomme moins d'eau que le RGI.

La betterave fourragère a également été évoquée, mais son désherbage est mal maîtrisé en bio : les éleveurs attendent des avancées de ce côté-là.

La luzerne, dont quelques éleveurs maîtrisent déjà la culture (pas traditionnelle dans cette zone de Bretagne), paraît intéressante quand elle peut se combiner avec du séchage en grange.

La question du calage des vêlages a été abordée : pour certains, le prix de base du lait bio baissant au printemps, il n'y a pas d'intérêt à avoir des vêlages de fin d'automne-début hiver. Pour d'autres, faire vêler en début de printemps permettrait de réduire encore le coût de production (synchronisation du pic de lait et du pic d'herbe). Le système de référence repose sur des vêlages étalés, la modalité la plus courante.

La sécurisation par les effectifs (élever plus de génisses que nécessaire, diminuer les effectifs quand l'année est difficile..) ne semble pas du tout pertinente du fait du faible prix des femelles laitières. Dans le groupe, 6 éleveurs sur 8 pratiquaient le croisement avec 2 ou 3 races et le présentent comme le gage d'une meilleure rusticité, facteur de résistance aux aléas.

Le principal levier de sécurisation de ce système reste bien dans le fait qu'il ne fonctionne pas de manière tendue. À l'épreuve de la sécheresse, avec un pâturage serré et en jouant sur les reports sur pied, il arrive à s'en sortir. Cependant, notre simulation n'a pas intégré la baisse de production laitière qui pourrait découler de cette pratique (rappel : les VL ne reçoivent pas de concentrés).

## Conclusions

### Évolutions tendanciennes

Dans cette zone, l'effet du changement climatique est globalement positif pour les prairies, la luzerne et le maïs qui profiteront des températures plus élevées au printemps et de l'effet CO<sub>2</sub>. La variabilité des rendements du maïs restera importante, mais pas aggravée par rapport au passé. **Rien dans cette zone ne semble devoir dans le futur contrarier sa vocation laitière.** Le système bio semi-intensif resterait robuste, le système plus intensif très basé sur les stocks est loin d'avoir épuisé toutes les voies de sécurisation, même s'il est plus sensible à la sécheresse.

Les simulations réalisées ont toutes été faites « à matériel végétal constant » mais celui-ci va évoluer, notamment en production de maïs, 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

Nous n'avons pas exploré les conséquences d'une sécheresse de plein printemps, qui pourrait être beaucoup plus dommageable au système bio, mais statistiquement un tel aléa est très rare dans la région étudiée, et le resterait dans le futur.

### Valoriser l'herbe comme elle se présente

La période de production des prairies, déjà longue, pourra être encore plus longue (mises à l'herbe plus précoces, fins de pâturage 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 (fauches tardives, pâturage d'automne, voire d'hiver...). Ceci rend toujours d'actualité la maximisation de la surface accessible aux vaches laitières, qui continuera à faire la valeur d'une exploitation.

### Les vaches aussi vont souffrir

Comme dans d'autres zones mais à un niveau bien moindre, il y aura de plus en plus d'épisodes caniculaires pouvant provoquer sur les vaches un stress thermique générant des pertes de production. Il y a un fort intérêt à préserver dans ces zones les haies qui prodiguent de l'ombre et du bien-être aux animaux.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

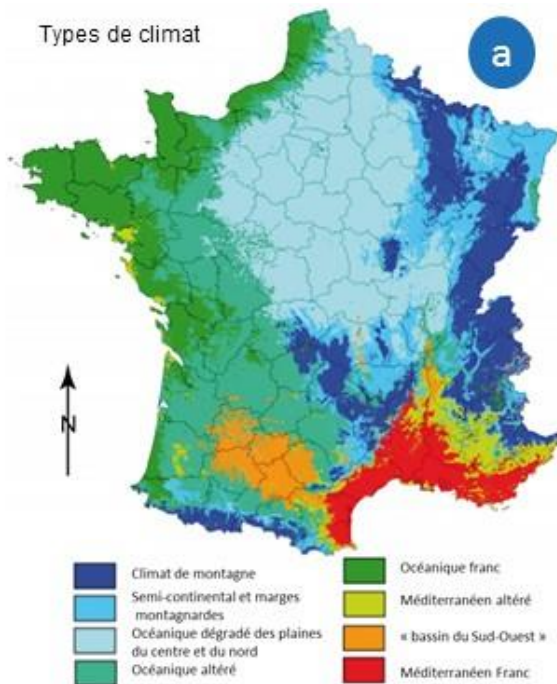
Ce travail permet également de confronter les hypothèses émises par les experts de Climalait aux réflexions des éleveurs et des conseillers.

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

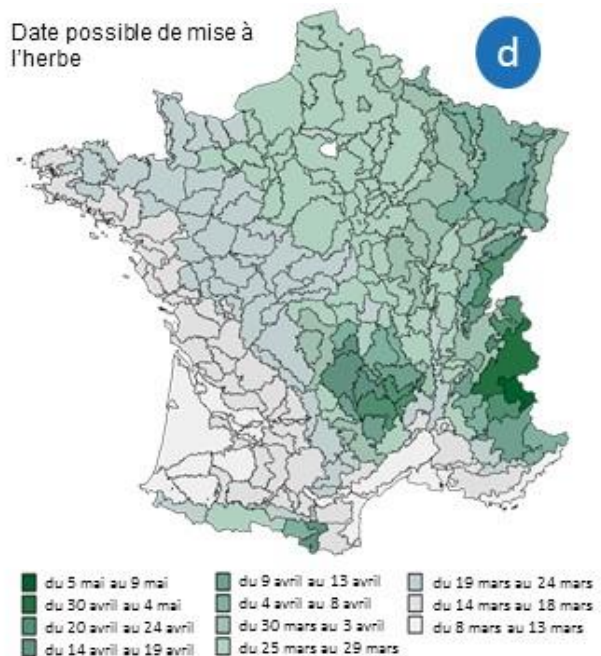
## Annexe 2 : Climats de France et conséquences agronomiques



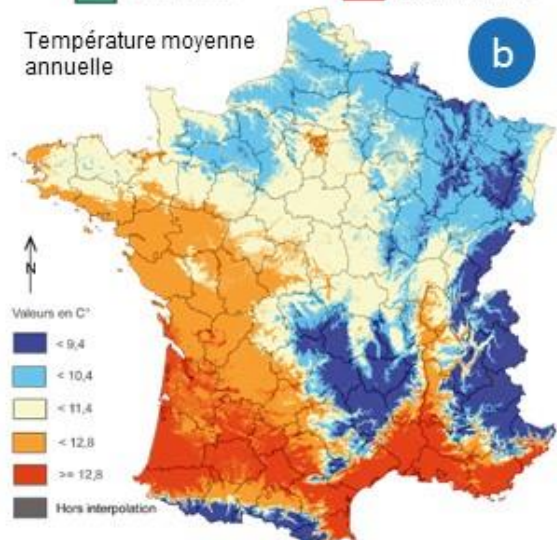
Types de climat



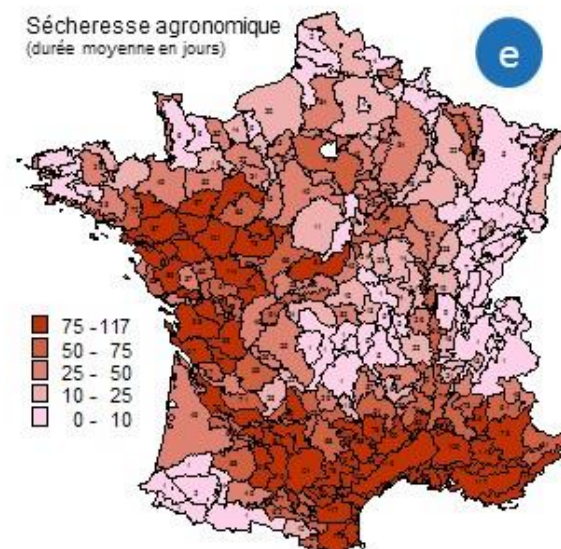
Date possible de mise à l'herbe



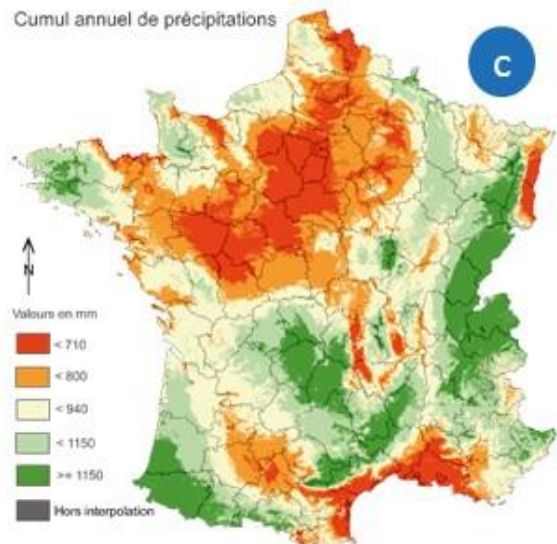
Température moyenne annuelle



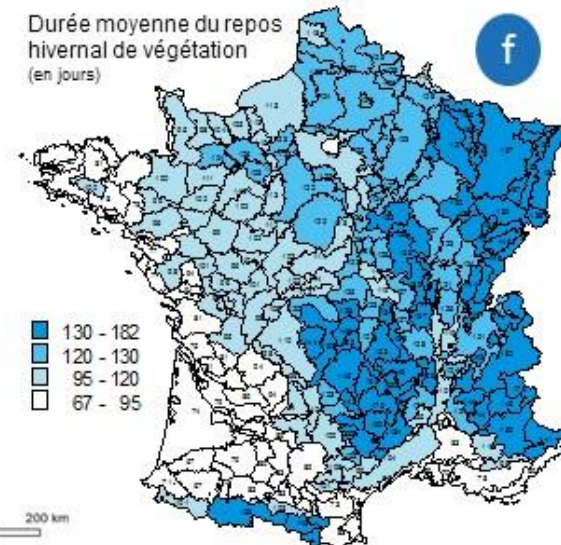
Sécheresse agronomique (durée moyenne en jours)



Cumul annuel de précipitations



Durée moyenne du repos hivernal de végétation (en jours)



**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<sup>er</sup> 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.

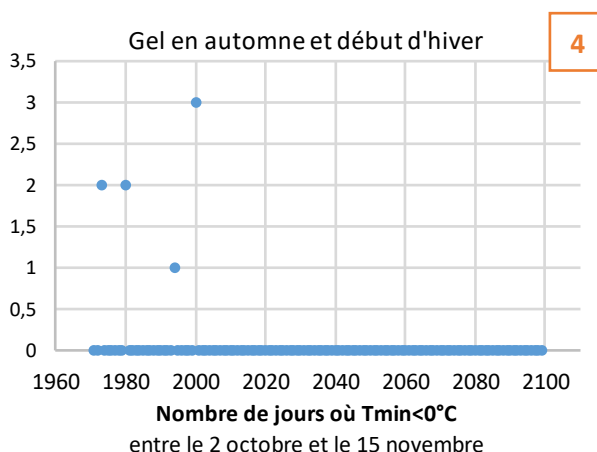
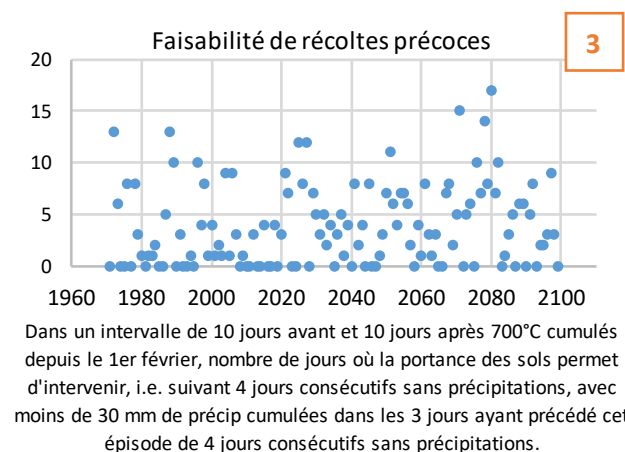
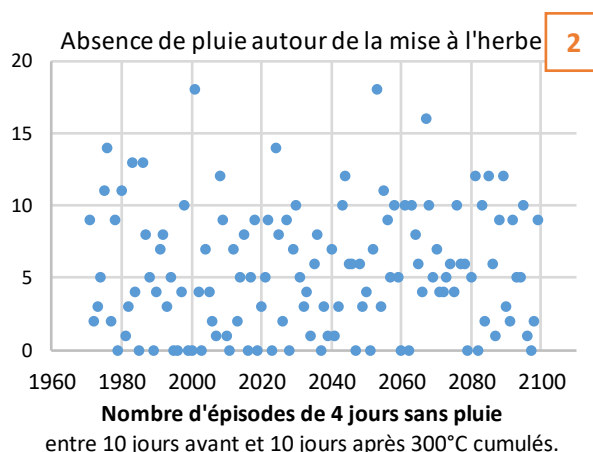
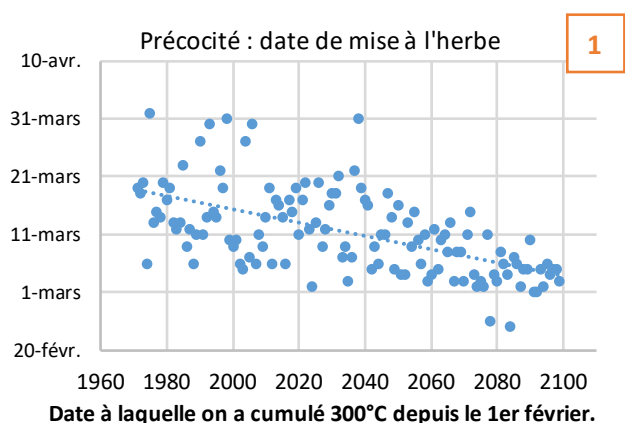
### Annexe 3 : Évolution climatique et conséquences pour la mise en place et l'accès aux ressources fourragères (à partir du modèle de climat ALADIN)

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.

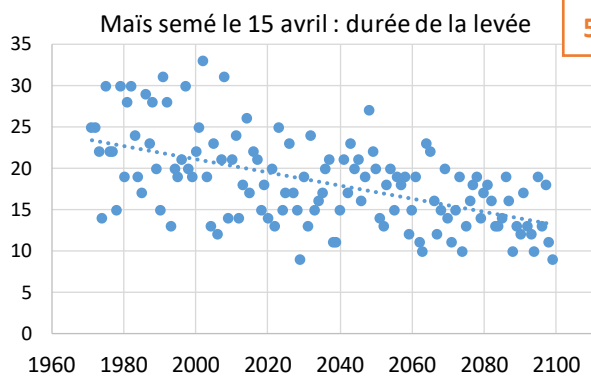
Les conditions de début du printemps semblent évoluer favorablement : l'herbe pousserait plus tôt [1], et la pluviométrie permettrait de réaliser les mises à l'herbe dans des conditions similaires à celles connues actuellement [2]. En plein printemps, les récoltes précoces pourraient être réalisées dans des conditions similaires voire légèrement améliorées [3]. En fin de saison (du 2 octobre au 15 novembre), les journées de gel, déjà rares, disparaîtraient, 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 s'améliorent [6], alors que l'augmentation des températures accélère le dessèchement des grains et donc raccourcit la période optimale de récolte.

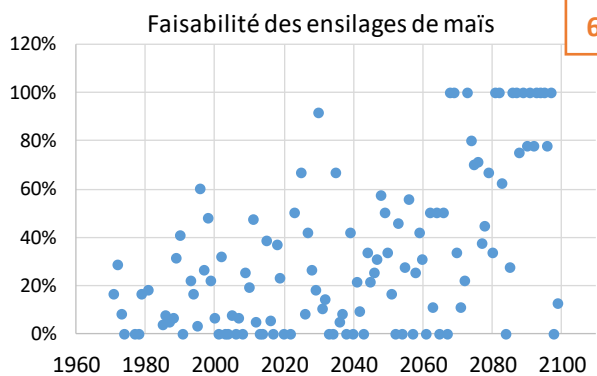
Enfin, il ne faut pas oublier les conséquences directes du climat sur les animaux eux-mêmes : lors d'épisodes caniculaires, les vaches réduisent leurs déplacements et leur ingestion, l'herbe au pâturage est alors moins bien exploitée, alors même que sa senescence est accélérée et sa pousse stoppée (voir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







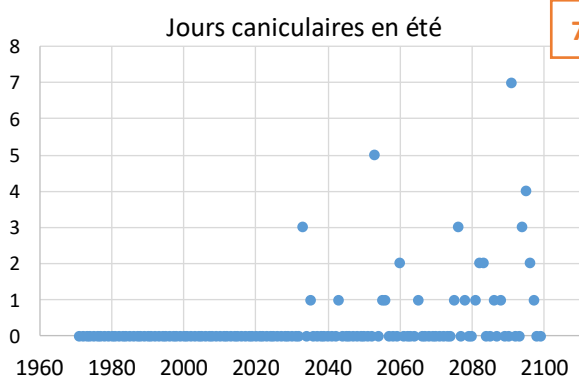
5



6

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.



7

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

Retrouvez tous les résultats du projet CLIMALAIT sur :

[cniel-infos.com](http://cniel-infos.com)  
(rubrique « Environnement » puis « Changement climatique »)

ou

[climalait.idele.fr](http://climalait.idele.fr)

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

**Avec la participation de :** Magali Bergot (*Météo France*), Thierry Brun (*Idele*), Céline Favé (*Chambre d'agriculture de Bretagne*), Sylvie Masselin-Silvin (*Idele*), Isabelle Pailier (*Chambre d'agriculture de Bretagne*), Françoise Ruget (*INRA*), Franck Souverain (*Météo-France*).

**Crédits photos :** C. Hesly/ CNIEL

**Version :** Octobre 2020

*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 Bretagne), 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

