



Adaptation des élevages laitiers au changement climatique : des agriculteurs s'y intéressent

Comment le climat va-t-il évoluer ? À partir d'un cas concret, un groupe d'éleveurs du Coutançais a été invité à imaginer les changements du système fourrager en se posant les questions suivantes :

- Quelles seront les 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. En Normandie, l'étude a été menée avec les Chambres d'agriculture de Seine-Maritime et de la Manche.

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 :

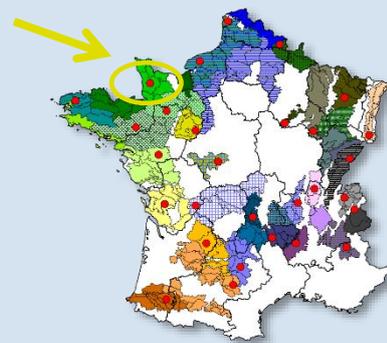
- ✓ Un zonage de la France en une trentaine d'Unités Laitières Agroclimatiques représentatives de la diversité des contextes de production du lait en France (voir ci-contre),
- ✓ Des données sur l'évolution du climat à l'échelle de chacune de ces zones,
- ✓ Les impacts du changement climatique, sur des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

DES RÉSULTATS

pour le Bocage Cotentin



Carte présentant les 30 unités laitières agroclimatiques

Au sommaire :

La Région Agricole du Bocage Cotentin	2
Climat du Bocage Cotentin	3
L'évolution prévue des rendements des cultures fourragères (et de la saisonnalité de la production pour les prairies) dans le cas du Bocage Cotentin.....	6
Cas concret : conséquences à l'échelle des systèmes et adaptations possibles	9
Conclusions	11
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 Bocage Cotentin

Comme partout en France, la SAU moyenne par exploitation augmente à un rythme soutenu (+ 49 % entre 2000 et 2010, ce qui est légèrement inférieur à la moyenne des 29 zones d'étude), sans que la main d'œuvre augmente au même rythme (+ 10 % seulement pour l'augmentation du nombre d'UTA par exploitation dans la zone, sur la même période), ce qui 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	84	14	74	24	118	60
Évolution entre 2000 et 2010 (% de 2000)	+10%	+49%	+65%	+46%	+63%	+53%	+43%

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

Le nombre de VL par exploitation est supérieur à la moyenne des 29 zones d'étude. La « ferme moyenne » de la zone, décrite dans les recensements agricole, élève aussi des VA, mais leur nombre reste largement inférieur à celui des VL ainsi qu'au nombre moyen de VA dans les 29 zones. Les deux catégories d'animaux ont vu leurs

effectifs augmenter fortement entre 2000 et 2010, et cette évolution se prolonge.

La SFP a également augmenté, au même rythme que les effectifs de bovins, le chargement apparent est donc resté stable, de l'ordre de 1,6 UGB/ha.

Le quota moyen pour la dernière campagne (2014-2015) a atteint 333 000 litres par exploitation, soit environ 5 500 litres par vache. Ces valeurs sont supérieures à la moyenne de nos 29 zones, et légèrement inférieures aux moyennes calculées pour l'ensemble des zones dites d'élevage mixte herbe-maïs.

L'identité laitière de la zone est marquée, avec notamment les AOP Camembert de Normandie et Pont-l'Évêque. L'orientation herbagère est marquée (plus des trois quarts de la SFP sont occupés par des prairies, avec une part importante de prairies permanentes). Le maïs fourrage est également présent, et une partie des surfaces est occupée par des grandes cultures, ce qui peut aussi apporter des possibilités d'utilisation directe, via l'ensilage de céréales immatures, ou d'implantation de cultures intermédiaires.

Le Bocage Cotentin n'échappe pas à l'agrandissement des exploitations. Le cheptel laitier suit la même évolution, sans pour autant réduire le troupeau allaitant. Les systèmes laitiers sont divers, mais la part de systèmes spécialisés « lait » diminue au profit des systèmes de polyculture-élevage. Les surfaces fourragères sont majoritairement des prairies (permanentes et temporaires) et du maïs, mais on trouve également des méteils, des betteraves...

Climat du Bocage Cotentin

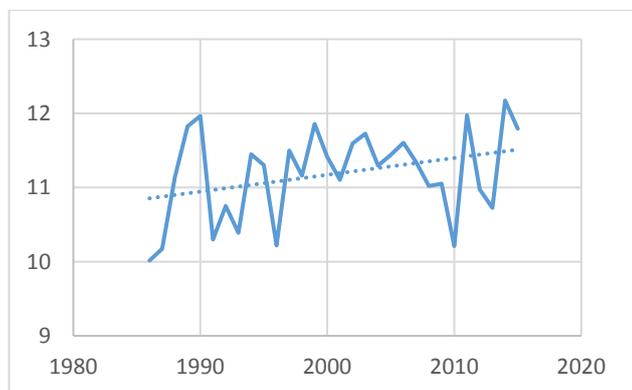
Le climat actuel de la zone (voir cartes en annexe 2)

La zone bénéficie d'un climat océanique (carte a), avec des températures plutôt douces (carte b) qui permettent un arrêt de végétation hivernal assez faible (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) assez précoce : un atout pour la valorisation de la prairie. Le cumul annuel des précipitations est assez élevé (carte c), et la sécheresse estivale est très courte voire inexistante (carte e).

Évolution récente du climat

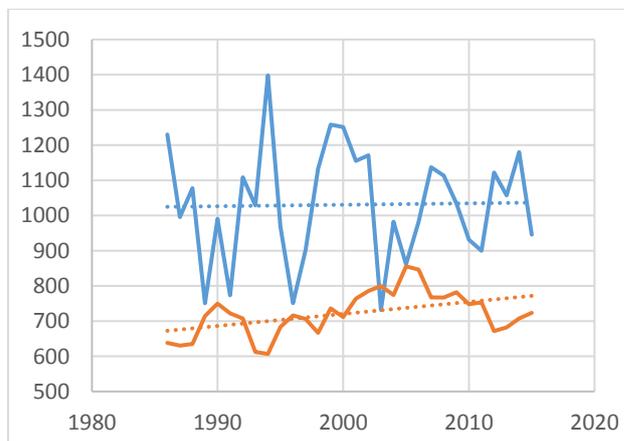
Les données climatiques présentées ci-dessous correspondent à la ville de Coutances.

Sur ce site, l'évolution des températures moyennes annuelles est marquée : 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 °C. Cette augmentation de température se situe principalement au printemps (+1,2 °C en 30 ans) ainsi qu'en automne et en été (respectivement +0,7 et +0,5 °C). Les températures hivernales restent stables.

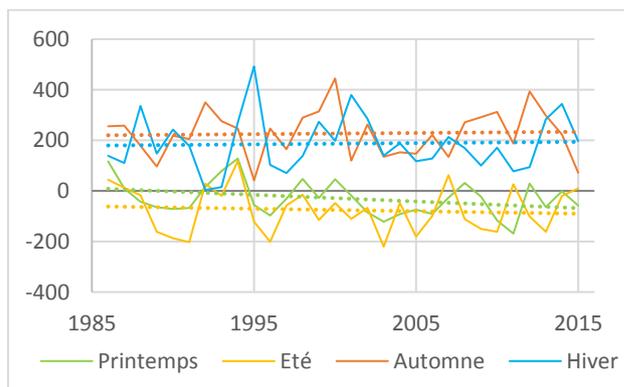


Évolution de la température moyenne annuelle de 1986 à 2015 (Données Météo-France Safran)

Le cumul annuel des précipitations est très variable, entre 700 et 1400 mm/an. Le cumul d'évapotranspiration, lui, est moins variable mais tend à augmenter. Le calcul du bilan hydrique (P-ETP) saisonnier ne montre pas d'évolution significative sur les 30 dernières années en automne et hiver. En revanche, la tendance est à la baisse au printemps et en été, avec des bilans hydriques de plus en plus souvent déficitaires (même si ce déficit reste modéré).



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

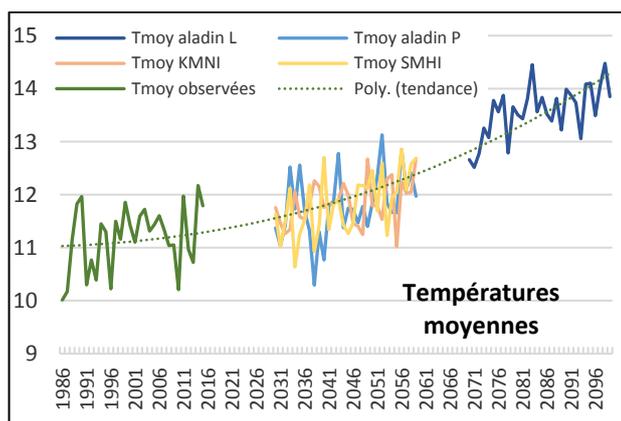


Bilan hydrique (P-ETP) calculé par saison de 1986 à 2015 (Données Météo-France Safran)

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



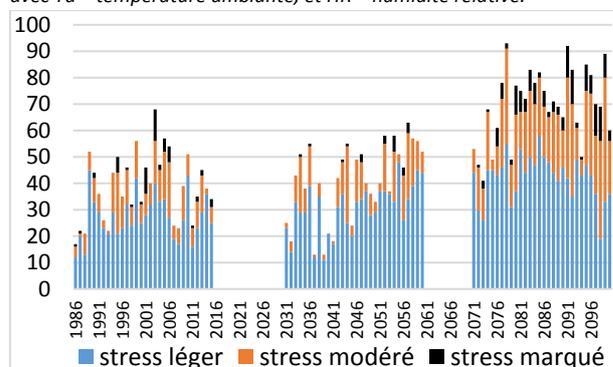
Quel que soit le modèle, il prédit une augmentation de température encore modérée (de l'ordre d'1 °C) dans le futur proche. Ce n'est que dans la seconde moitié du siècle que le réchauffement s'accélérerait rapidement pour atteindre + 2 à 3 °C par rapport au niveau actuel.

L'analyse des données simulées montre qu'autour de ce niveau, l'hiver se réchaufferait moins (+ 2,5 °C) que l'été (+ 3,5 °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 2,5 °C à l'échelle de l'année en fin de siècle, ça signifie souvent + 4 °C pour les maximales en été, et seulement + 2 °C pour les minimales en hiver. Il continuerait à geler, mais beaucoup moins souvent, et le

nombre de jours caniculaires serait 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 17 mars (une année sur deux entre le 11 et le 23 mars), elle pourrait passer aux alentours du 13 mars dans le futur proche (entre le 12 et le 15 selon les modèles), et du 6 mars dans le futur lointain. Reste à savoir si les conditions climatiques du début de printemps permettront l'accès à cette pousse précoce (portance du sol).

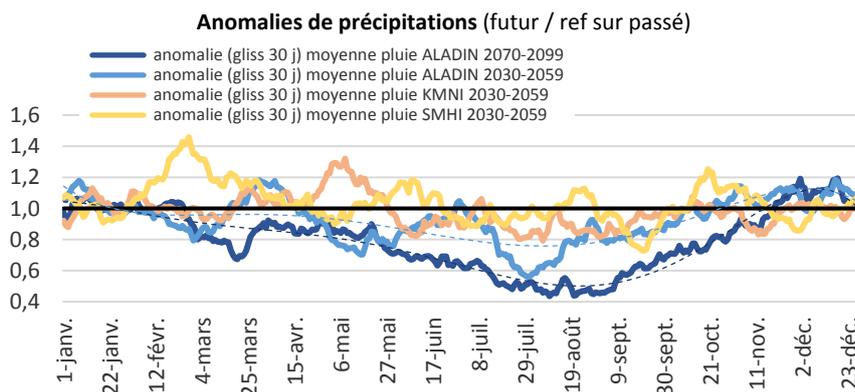
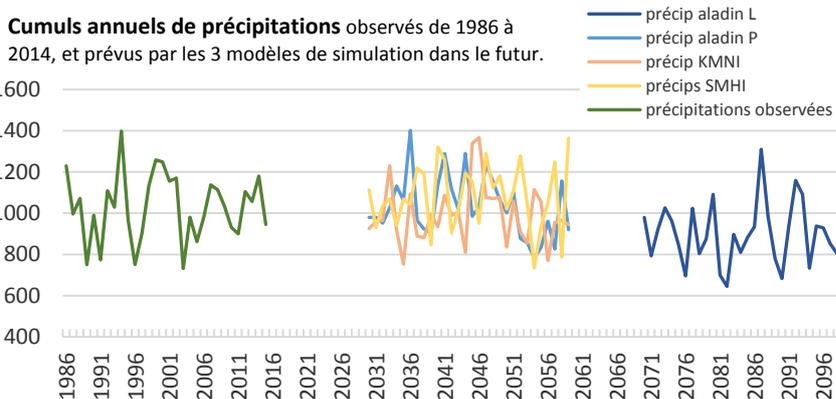
	Données observées 1986-2015	1986-2000	2001-2015	Aladin 2030-2059	KMNI 2030-2059	SMHI 2030-2059	Aladin 2070-2099
1 année sur 2 entre le... et le ...	11/3 23/3	11/3 22/3	13/3 24/3	10/3 20/3	7/3 21/3	6/3 15/3	4/3 8/3
Médiane	17/3	16/3	20/3	15/3	14/3	12/3	6/3

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

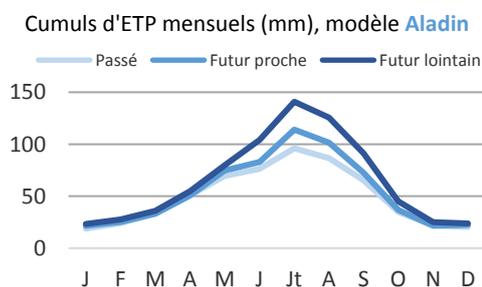
Il n'y a pas de tendance nette quant à l'évolution du cumul annuel de précipitations : aucun des 3 modèles ne prédit pour le futur proche une baisse du cumul annuel de précipitations dans cette zone, sauf peut-être le modèle **Aladin** à la fin du siècle. Ce qui domine, c'est surtout la très forte variabilité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

Il faut analyser les simulations plus en détail au travers du second graphique qui représente le rapport entre ce qui est simulé sur le futur et ce qui a été simulé par chaque modèle sur le passé. Ce rapport a été calculé chaque jour pour capter d'éventuelles différences saisonnières dans l'évolution des précipitations. Les données ont été moyennées chaque jour par périodes de 30 ans (2030-2059 ou 2070-2099), la base de comparaison étant 1986-2015. Quand ce rapport est supérieur à 1, c'est qu'il est prévu qu'il pleuve plus, et inversement s'il est inférieur à 1. Ainsi dans le futur proche, le modèle **KMNI** prévoit globalement plus de précipitations au printemps, pour le modèle **SMHI** ce serait plutôt en fin d'hiver et automne, et pour le modèle **Aladin** en hiver... Ce dernier prévoit à l'opposé une diminution des précipitations au printemps et en été. **KMNI** prévoit également une baisse des précipitations en été (mais moins marquée qu'**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	6/10	7/10	5/10	+3%	-7%	-10%	+17%
au moins 20 jours sans pluie entre le 01/07 et le 01/09	4/10	5/10	3/10	+27%	+7%	+0%	+37%



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

Le climat de la zone se caractérise par des températures clémentes, et des précipitations importantes. Les températures, déjà en 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. 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) dans le cas du Bocage Cotentin

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 deux types de sols représentatifs de ceux de la zone.

	Profondeur	Taux d'argile	Réserve utile
Sol profond	140 cm	25 %	165 mm
Sol superficiel	50 cm	10 %	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 deux types de sol. Les courbes de croissance présentées ci-dessous ne concernent que les itinéraires de type pâturage. Ces simulations et itinéraires techniques ont été travaillés avec un groupe d'éleveurs du secteur.

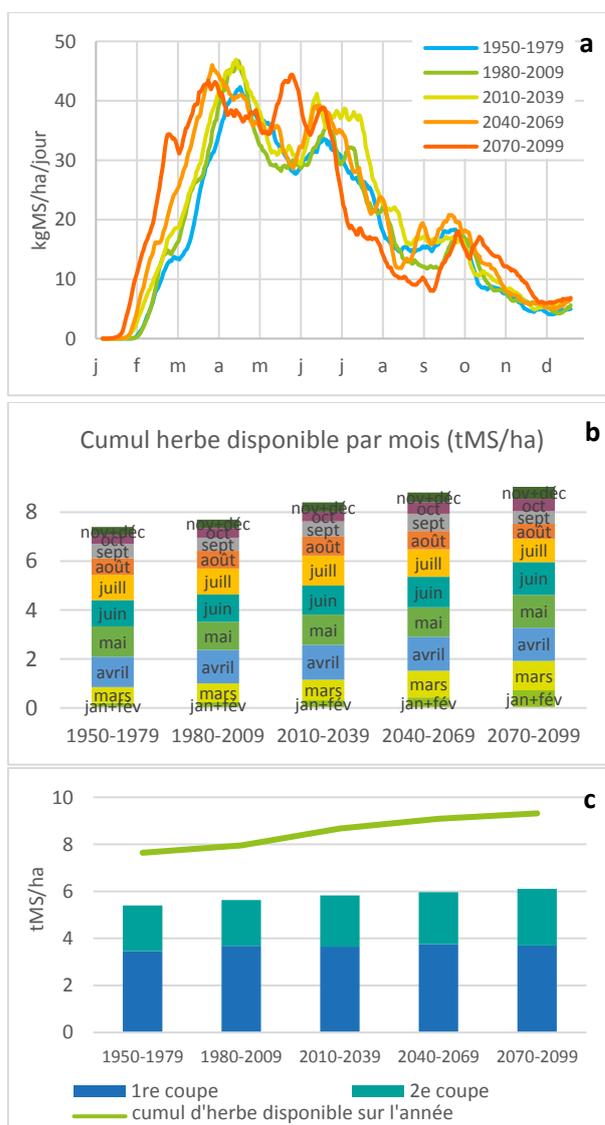
Conséquence de l'augmentation des températures au début du printemps, les simulations STICS mettent en évidence un démarrage en végétation des prairies de plus en plus précoce. Cela confirme le fait qu'une mise à l'herbe plus précoce pourrait être envisagée, sous réserve de bonnes conditions climatiques. 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.

Le ralentissement de la croissance de l'herbe en été serait lui aussi plus précoce, et plus marqué en fin de siècle. Le léger rebond à l'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).

Ces changements auront des conséquences au niveau de l'organisation du travail avec plus de récoltes d'herbe sur mai-juin et moins en période estivale. L'apport de fourrage au pâturage pourra être plus fréquent.



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

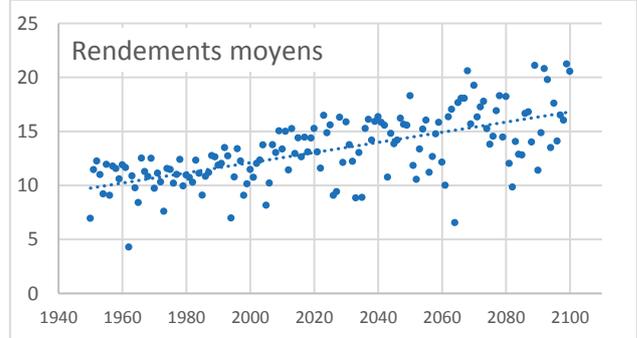
Quel que soit le nombre de coupes visées ou réalisées, les rendements seraient à la hausse. Cependant, si l'ensemble des rendements moyens augmente, la variabilité interannuelle est toujours aussi marquée.

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 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.

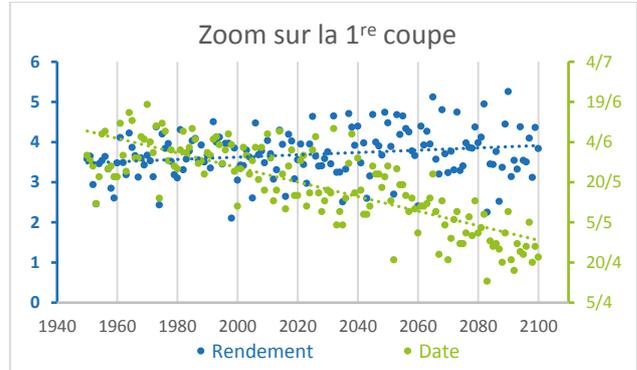
D'autre part, l'augmentation des températures au printemps et en été permettrait d'accélérer la croissance des plantes et rendrait les 4^e et 5^e coupes de plus en plus souvent faisables, sous réserve de pluviométrie suffisante.

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.

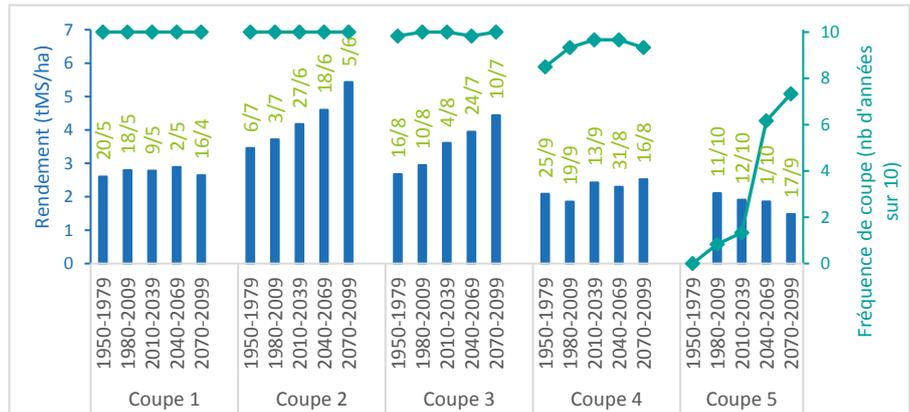
Moyenne des rendements cumulés obtenus pour chacun des deux itinéraires techniques utilisés dans les simulations.



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 (pour l'itinéraire technique à 5 coupes visées).



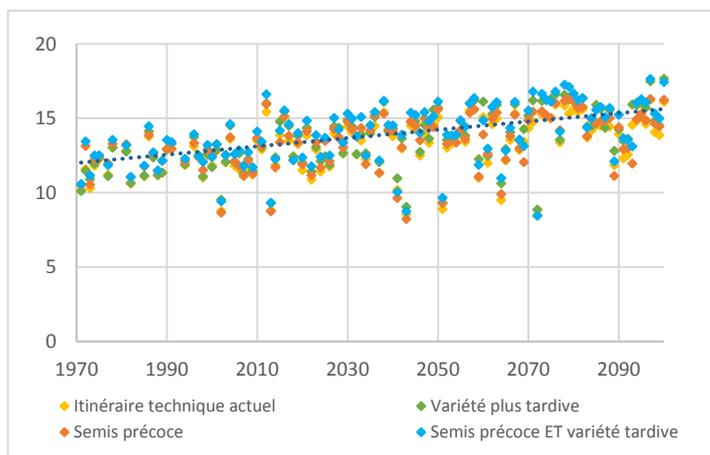
Maïs

Les simulations sont réalisées pour :

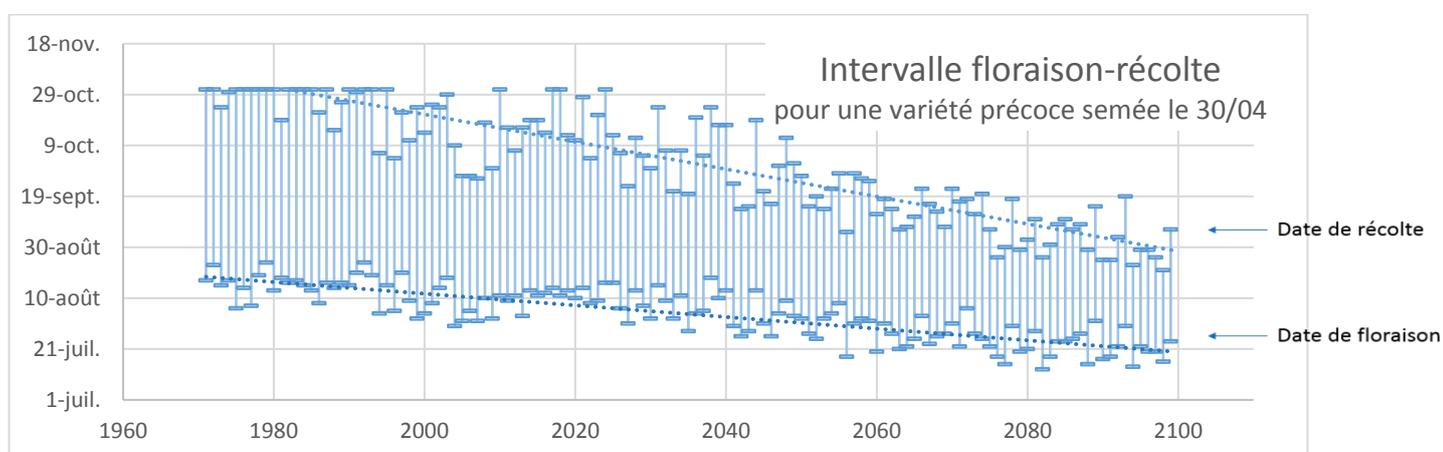
- Deux groupes de précocité : précoce et demi-précoce,
- Deux dates de semis : 30 avril et 15 avril.

Par la suite, on parlera d'itinéraire technique actuel pour une variété précoce semée le 30 avril.

D'autres simulations ont été réalisées, en combinant une dérobée (Ray-grass italien) et un maïs. La dérobée est semée après une céréale (fin août) ou après un maïs (fin octobre). Elle est récoltée à la fin du mois d'avril suivant et le maïs est semé début mai.



Rendements obtenus pour chaque année simulée, pour plusieurs itinéraires techniques, sur un sol moyen.



Évolution des dates de floraison et récolte.

Les rendements seraient en légère augmentation, qui est à relier aux effets directs de l'augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère. Cette tendance cache cependant une importante variabilité des rendements, qui reflète la variabilité des précipitations et se poursuit dans le futur. Les dates de floraison et de récolte seraient de plus en plus précoces. À condition que les ressources en eau soient suffisantes, des variétés plus tardives pourraient donc être semées 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 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 reste importante. Là aussi, l'avancée des dates de floraison et récolte est nette.

Cas concret : conséquences à l'échelle des systèmes et adaptations possibles

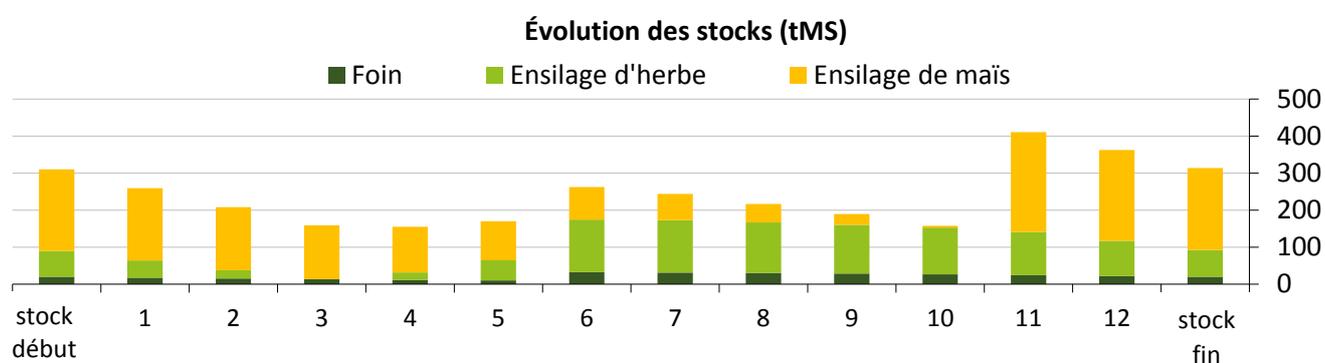
Le système traité

Le système traité a été construit par les participants. Il s'agit d'une ferme disposant de 85 ha de SAU, dont 70 ha de SFP : 36 ha de prairies, 24 ha de maïs dont 8 ha après RGI en dérobée, et 10 ha de méteils. Les 15 ha restants sont implantés en blé tendre. Le troupeau est constitué de 65 vaches laitières à 7 500 kg de lait produits, avec un taux de renouvellement de 30 %, des vêlages étalés et un âge au vêlage des génisses à 32 mois. 30 génisses sont élevées chaque année.

La ration hivernale des vaches laitières est composée à 70 % d'ensilage de maïs, et à 30 % d'herbe conservée (principalement sous forme d'ensilage, et un peu sous forme de foin). Au printemps, la pâture couvre la moitié des besoins, et l'ensilage de maïs couvre la moitié restante. En été et automne, la part des besoins couverts par la pâture diminue, tandis que la part des ensilages d'herbe et de maïs augmente. Les génisses, elles, sont nourries de foin, ensilage de maïs et concentrés jusqu'à la première mise à l'herbe, puis principalement d'herbe pâturée en été et d'ensilage d'herbe en hiver.

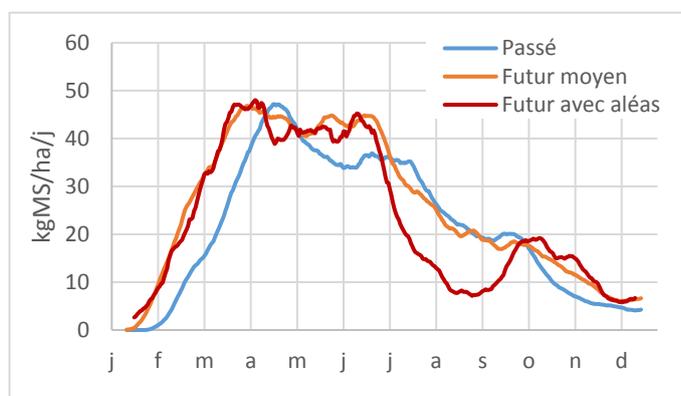
Ce système nécessite 10 tonnes de céréales (qui peuvent être autoproduites), 47 tonnes de tourteaux de soja et 145 tonnes de paille (dont la moitié est produite sur les 15 ha de blé). Le chargement corrigé s'élève à 1,73 UGB/ha SFP.

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 :



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 2060-2099. Ce système déjà adapté aux conditions climatiques du futur a ensuite été confronté à un type d'année particulier, caractérisé un printemps relativement froid et surtout très pluvieux, suivi par un été très sec.



	1971-2000	2060-2099	Année avec aléas
Date de mise à l'herbe (Date à laquelle on a cumulé 300 °C depuis le 1 ^{er} février)	20 mars	8 mars	7 mars
Absence de pluie autour de la mise à l'herbe (Nombre d'épisodes de 4 jours sans pluie entre 10 jours avant et 10 jours après 300 °C cumulés)	6	8	4
Faisabilité de récoltes précoces (Dans un intervalle de 10 jours avant et 10 jours après 700°C cumulés depuis le 1 ^{er} février, nombre de jours où la portance des sols permet d'intervenir)	4	5	0
Bilan hydrique en été (mm) (Cumul Précipitations - ETP entre le 5 juillet et le 20 août)	- 42	- 140	- 242

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

Les adaptations envisagées

Dans le futur (année moyenne 2060-2099)

Les stocks produits par les prairies et le maïs augmentent (+ 27 tMS pour les ensilages d'herbe, + 2 tMS pour les foin et + 51 tMS pour le maïs). Un excédent d'herbe apparaît au printemps et en été dans les prairies pâturées. Le chargement corrigé augmente de 10 % (à relier à l'effet CO₂) : il atteint 1,9 UGB/ha SFP. Face à ces évolutions, une première réaction a été d'envisager une augmentation de la production laitière. Mais cela reviendrait à rendre le système plus sensible aux aléas.

Sous réserve que les conditions le permettent, la mise à l'herbe pourrait être avancée pour profiter de la pousse de printemps. Les éleveurs observent plutôt la tendance inverse ces dernières années : « *Du temps de mes parents, les vaches sortaient vers le 3 mars, aujourd'hui on est rendu au 15 avril* », qui serait due à des mois de mars pluvieux (ce phénomène ne se retrouve pas sur les données météorologiques observées entre 1986 et 2015 sur Coutances). Cependant, la pratique du déprimage, possible dès le mois de février, permet de profiter de la pousse d'herbe précoce et de tirer profit de courtes périodes sans pluies. Les années où c'est possible, les éleveurs le pratiquent déjà, et n'y voient que des avantages pour la suite de la saison : la production globale augmente, avec une herbe de bonne qualité. Le déprimage permet également de différer les récoltes.

Le système mis en place dans le climat moyen actuel a été adapté au climat futur de la façon suivante : les surfaces en maïs après RGI sont réduites de 5 ha, ce qui permet de retrouver un équilibre entre le stock en début d'année et le stock en fin d'année. Les surfaces libérées sont réparties entre des céréales et du maïs, qui pourra être récolté en grain, vendu sur pied, ensilé si l'année n'a pas été favorable aux récoltes d'herbe et qu'il faut reconstituer les stocks avant l'hiver, ou encore récolté en épis ensilés ou en grains (à aplatir ou inerter) si on recherche plutôt de l'énergie. La mise à l'herbe des vaches et des génisses est avancée de quelques semaines, permettant de réduire légèrement la complémentation : sur l'année et pour l'ensemble des animaux, on économise 18 qx de céréales et 8 qx de tourteaux de soja. Le temps de présence en bâtiment est plus court, ce qui provoque une légère baisse du besoin en paille (de l'ordre de 5 tMS sur l'année).

D'autres pistes ont également été évoquées. Si les différences entre bonnes et mauvaises années s'accroissent, comme semblent le montrer les modèles climatiques et les résultats des simulations de culture, on peut simplement profiter de l'excédent des bonnes années pour constituer des stocks et ainsi éviter de devoir acheter des fourrages les mauvaises années. Un stock sur pied serait également bienvenu pour les génisses.

Les éleveurs remarquent que depuis 4 ou 5 ans, plusieurs d'entre eux testent différentes cultures fourragères :

- Les méteils, par exemple, présentent de nombreux intérêts : le choix des espèces dans le mélange permet d'assurer un fourrage riche en protéines, et ainsi diminuer sa dépendance aux importations de soja. Par rapport à un RGI, les méteils ont des besoins en eau plus faibles. En zone « Directive Nitrate », ils permettent de maintenir les sols couverts. On peut également faire son propre mélange, avec de la semence fermière, pour diminuer les coûts. Cependant, il faut bien maîtriser la récolte, et bénéficier de bonnes conditions climatiques. L'ensilage nécessite souvent des conservateurs, mais reste toujours appétant.
- La betterave fourragère se rencontre un peu dans la zone. De plus en plus d'éleveurs sont équipés de mélangeuses, qui rendent sa distribution plus facile.
- Au vu des résultats de simulations, la luzerne semble une culture prometteuse, mais elle demande beaucoup de travail (4 chantiers par an, voire plus à l'avenir), et ne peut pas toujours être maintenue plus d'un ou deux ans.
- L'affouragement en vert pourrait être une solution quand les conditions climatiques empêchent de pâturer. Cependant, cela demande un équipement spécifique, et du temps de travail. Comparée à la pâture, cette pratique émet plus de gaz à effet de serre, mais elle est plus vertueuse qu'un prolongement de la ration hivernale à base de maïs et de tourteau de soja.
- Le pâturage de dérobées d'été (crucifères, sorgho fourrager...) ne se pratique plus vraiment. Avec l'agrandissement des troupeaux et la structure des parcelles, la mise en place de nouvelles clôtures chaque jour prendrait trop de temps.

Dans le cas de l'année « avec aléas »

Sans adaptation, le système devient déficitaire : il manque 24 tMS d'ensilage de maïs (du fait de la sécheresse estivale, les rendements sont plus faibles qu'en année moyenne). Les quantités d'ensilage d'herbe et de foin récoltées sont similaires à celles récoltées dans le futur moyen, mais la qualité est moindre, car les chantiers d'ensilage ont été réalisés dans de mauvaises conditions. De début août à mi-septembre, la production d'herbe par les prairies ne permet pas de couvrir les besoins des génisses. Le stock fourrager constitué au printemps va donc être entamé dès le milieu de l'été.

Une solution simple pour compenser la baisse de rendement du maïs peut être d'ensiler les surfaces de maïs supplémentaires. Si on avait implanté une dérobée avant le maïs sur ces surfaces, l'ensilage récolté aurait pu être distribué aux génisses en été pour pallier le manque d'herbe à pâturer. Cependant, la mauvaise qualité des ensilages de printemps entraîne une augmentation des besoins en concentrés : 9 tMS de céréales et 7,5 tMS de tourteaux supplémentaires sont nécessaires pour couvrir les besoins des vaches et des génisses.

Conclusions

Évolutions tendancielle

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 sur l'évolution tendancielle des rendements devient globalement 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. L'aspect ravageurs est lui aussi considéré constant alors qu'avec l'évolution des températures, son poids peut être amené à augmenter.

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

Les aléas pris en compte dans l'étude étaient relativement lourds, mais restent surmontables. Le système construit était assez diversifié, avec des récoltes échelonnées sur l'année (herbe au printemps, maïs à l'automne) qui permettent de répartir les risques.

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.

Les évolutions prévues du climat remettent en question la tendance à l'intensification, et mettent en évidence l'intérêt de travailler avec un stock de sécurité afin de pouvoir faire face à des aléas climatiques qui pourraient être plus fréquents et/ou plus intenses à l'avenir.

Valoriser l'herbe comme elle se présente

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

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

La dimension « travail »

Certaines cultures ou pratiques (luzerne, affouragement en vert...) sont des pistes d'adaptations intéressantes face au changement climatique, et permettent de tendre vers l'autonomie protéique. Cependant, elles demandent plus de travail que les systèmes plus classiques, ce qui limite souvent leur adoption par les éleveurs, dans un contexte où les surfaces et les troupeaux s'agrandissent, sans que la main d'œuvre suive. Ce constat nous amène à avoir dès maintenant une réflexion sur l'organisation du travail de l'exploitation mais également à l'échelle du territoire.

Anticiper les conséquences du changement climatique pour s'y préparer

Les travaux menés montrent que dans cette zone, les conséquences du changement climatique restent gérables. Certains systèmes devront toutefois mettre en place des adaptations, ou des ajustements.

Des actions de sensibilisation auprès des jeunes (lycées agricoles, jeunes agriculteurs) pourraient être envisagées par la suite. Cela pourrait également intéresser des personnes proches de la transmission de leur exploitation, motiver des échanges de parcelles entre voisins pour reconfigurer les parcellaires...

D'autres points ont été soulevés et pourraient faire l'objet de travaux complémentaires, autour de la question des ravageurs des cultures et de la qualité des fourrages produits avec des températures et un ensoleillement plus élevés.

Des spécificités manchoises

Les aléas climatiques testés étaient ceux qui, de l'avis des éleveurs de la zone, sont les plus difficiles à gérer. Ces craintes vis-à-vis des printemps humides et des sécheresses estivales se retrouvent dans plusieurs autres régions. Dans la Manche, les éleveurs craignent également des rafales de vent avant la récolte du maïs, mais aussi, et c'est plus rare, la montée du niveau de la mer qui menace de nombreuses parcelles.

Les cartes ci-contre montrent des conséquences d'une élévation du niveau des mers d'un mètre (à droite) comparées à la situation actuelle (à gauche)

Source :

www.floodmap.net



Cependant, restons confiants : la Normandie a encore de beaux jours de production laitière devant elle ! Si nous anticipons et agissons dès maintenant, nous avons les capacités d'adaptation aux changements climatiques.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

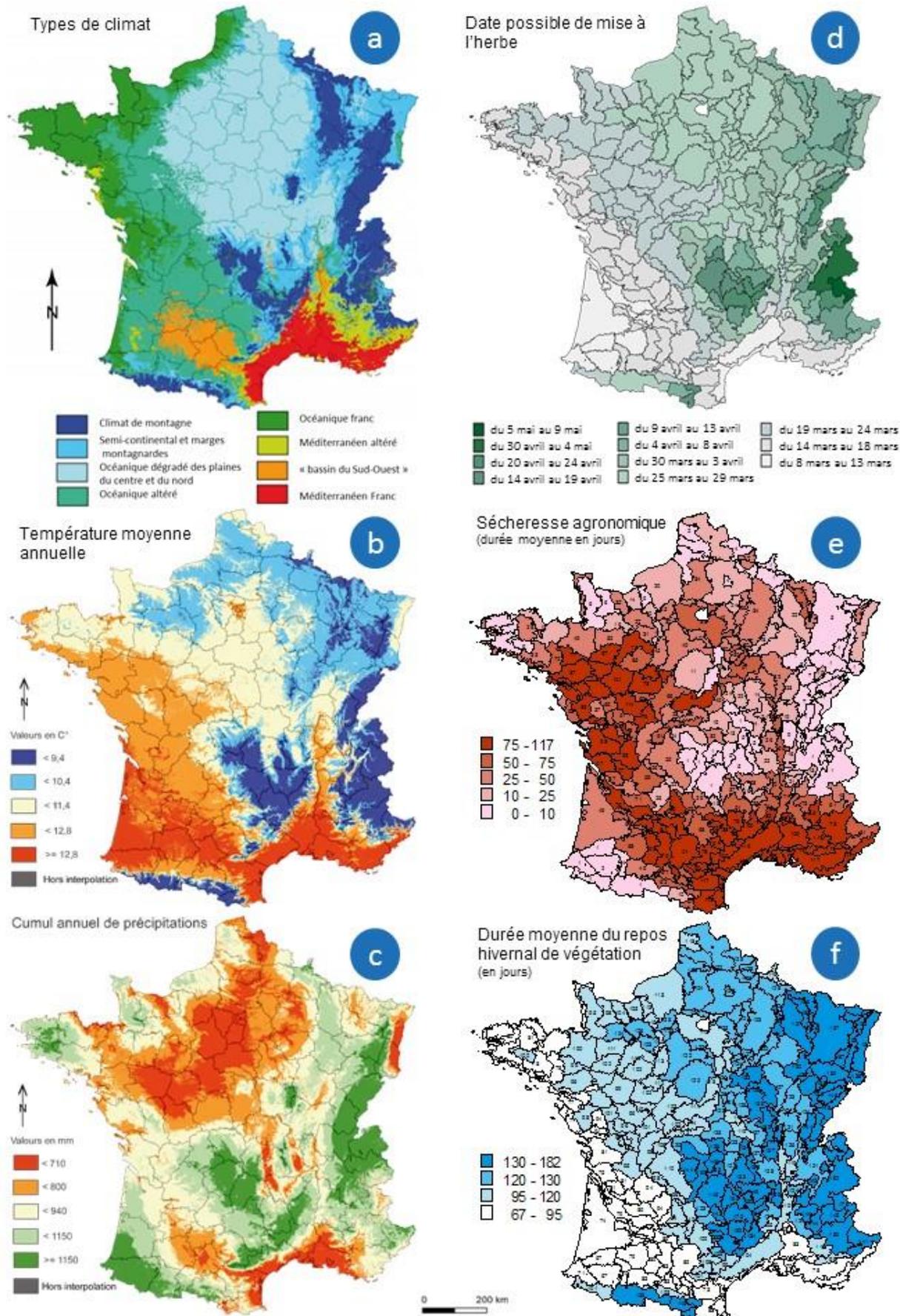
Un outil très apprécié des éleveurs est utilisé, le Rami Fourrager®. Il s'agit d'un jeu de plateau qui permet de modéliser un système fourrager et de le confronter à diverses contraintes. Les joueurs (éleveurs, conseillers...) peuvent alors reconfigurer le système pour l'adapter à ces contraintes. L'outil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

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

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

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

Annexe 2 : Climats de France et conséquences agronomiques



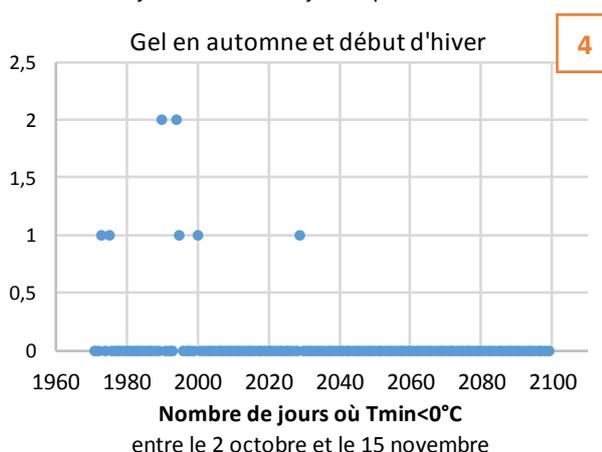
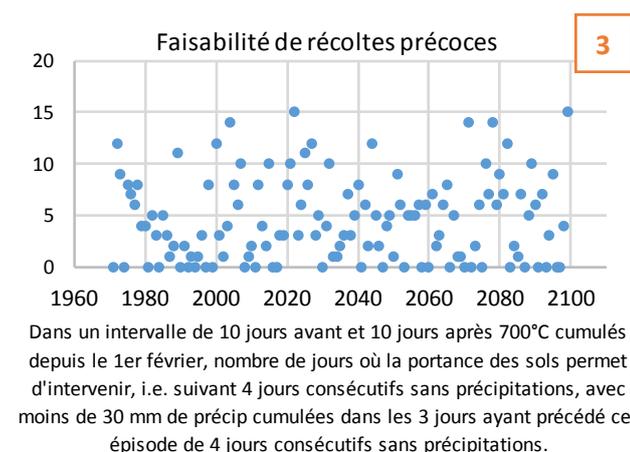
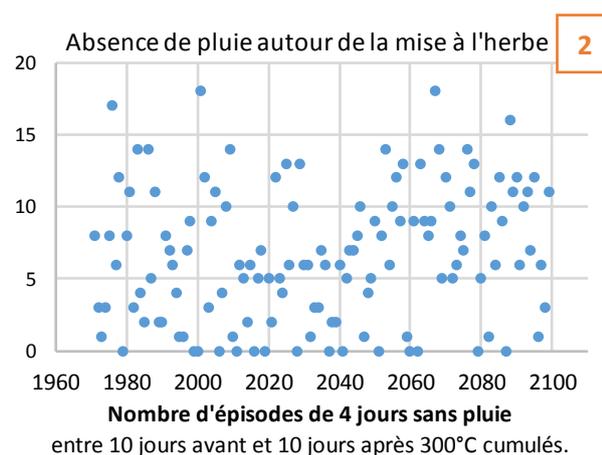
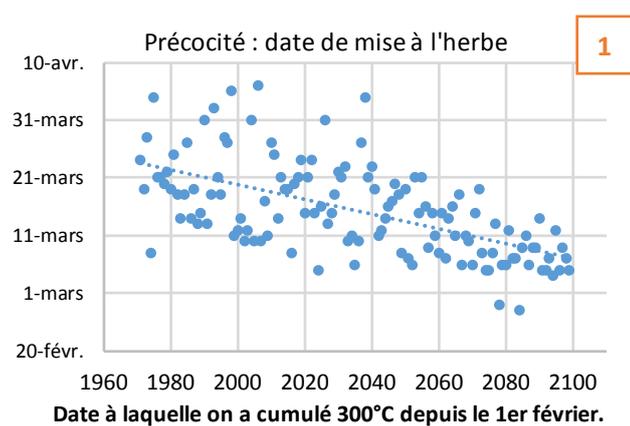
Sources et méthodes a, b, c : INRA, CNRS, Université de Bourgogne ; d, e, f : données Météo France, SSP, INRA calculées pour ISOP, traitement Institut de l'Élevage pour 228 régions fourragères. d. La date possible de mise à l'herbe est estimée par la date d'atteinte d'un seuil de 300°C cumulés depuis le 1^{er} février. e. La sécheresse agricole 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.

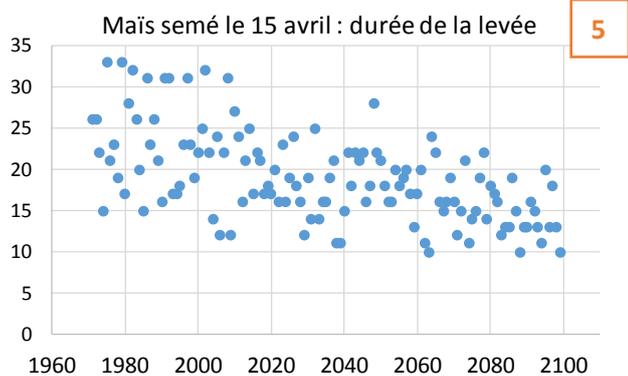
Annexe 3 : Évolution climatique et conséquences pour la mise en place et l'accès aux ressources fourragères (à partir du modèle de climat ALADIN)

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.

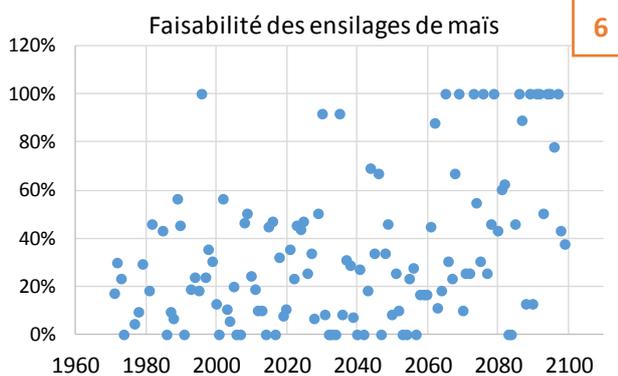
Les conditions de début du printemps semblent évoluer favorablement : l'herbe pousserait plus tôt [1], et la pluviométrie permettrait de réaliser les mises à l'herbe dans des conditions similaires à celles rencontrées actuellement [2]. En plein printemps, les conditions de réalisation des récoltes précoces (caractérisées par la présence 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) resteraient également semblables aux conditions actuelles [3]. En fin de saison (du 2/10 au 15/11), les journées de gel 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).

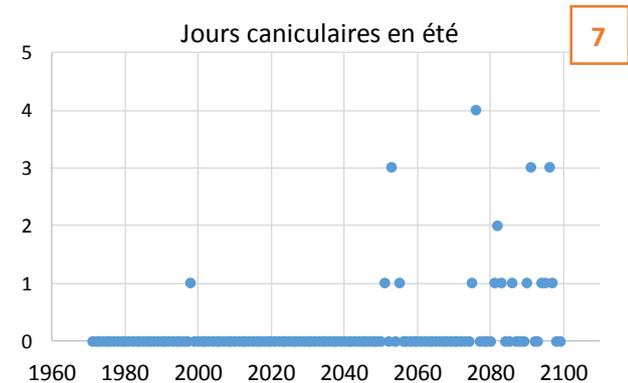




Nombre de jours nécessaires pour cumuler 80°C en base 6 à partir du 15 avril. En bonnes conditions, le maïs lève en 7 jours. Une levée en plus de 10 jours traduit un stress léger, une levée en plus de 20 traduit un fort stress (L. Maunas, Arvalis).



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



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

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

Avec la participation de : Magali Bergot (*Météo-France*), Thierry Brun (*Idele*), Valentine Le Velly et Viviane Simonin (*Chambre d'Agriculture de la Manche*), Françoise Ruget (*INRA*), Franck Souverain (*Météo-France*).

Crédits photos : Évolution

Version : Fév. 2019

Remerciements aux éleveurs du Coutançais 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 Manche), 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

