



# CLIMAVIANDE

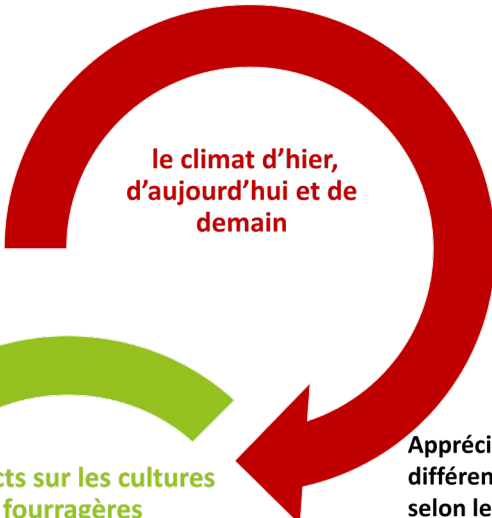
L'élevage bovin allaitant confronté au changement climatique :

- Comment le climat va changer ?
- Avec quelles conséquences sur les animaux et sur les cultures fourragères ?
- Comment s'y adapter ?

## La zone des Essarts, dans le nord-est de la Vendée, avec des Charolaises

INTERBEV, l'Interprofession Bétail et Viande, a financé en 2018-2019 un projet similaire à Climalait et appelé Climaviande, visant à évaluer les impacts du changement climatique sur quelques systèmes d'élevage bovin viande français, avec l'objectif de fournir aux éleveurs et aux conseillers de la filière les moyens de réfléchir à différentes pistes d'adaptation et de mieux appréhender les différentes dimensions du changement climatique. L'Institut de l'Élevage, à qui a été confiée cette étude, a créé ou mis au point avec ses partenaires (Arvalis, l'INRA et Météo France) et au cours de projets précédents différents outils et méthodes qui permettent de se projeter dans le futur avec des groupes d'éleveurs, selon le schéma et les étapes présentées ci-dessous.

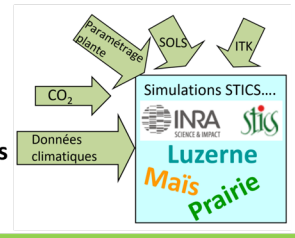
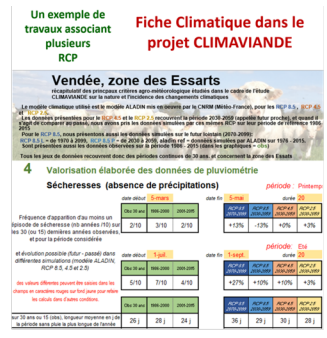
Décrire les tendances climatiques, selon modèle, scénario et horizon de temps



le climat d'hier, d'aujourd'hui et de demain

Impacts sur les cultures fourragères (rendements, Conditions d'accès à la ressources, dates de semis et récoltes)

Apprécier les différences d'impacts selon les cultures, Evaluer les aléas (fréquences et conséquences) Identifier les déroulements climatiques à problème (s)



interface d'exploration des conditions d'accès à la ressource et des aléas climatiques de production



Dégager des pistes d'adaptation, les évaluer collectivement en soumettant un système à un climat différent

Intégration dans les systèmes: conséquences par rapport à résilience, résistance, facultés d'adaptation



## Quelques éléments de méthode

### Le choix des zones

3 zones ont été proposées pour l'étude, d'Est en Ouest : le bassin Charolais, le bassin Limousin et Pays de Loire. Par rapport à la région Pays de Loire, nous avons choisi la Vendée, et plus précisément sa zone nord-est, autour des Essarts. La Chambre d'Agriculture a été sollicitée pour être le partenaire local de l'étude.

### La description des évolutions du climat, 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.

Nous avons mobilisé les données du Centre National de la Recherche Météorologique (Météo France) dont le simulateur s'appelle **Aladin**.

Caractéristiques principales des RCP (Moss *et al*, Nature 2010)

Les profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP : representative concentration pathway) sont des scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif sur la période 2006-2300.

Nom	Forçage radiatif	Concentration de GES (ppm)	Trajectoire
RCP 8.5	>8,5Wm <sup>-2</sup> en 2100	>1370 eq-CO <sub>2</sub> en 2100	Croissante
RCP 6.0	~6Wm <sup>-2</sup> au niveau de stabilisation après 2100	~850 eq-CO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP 4.5	~4,5Wm <sup>-2</sup> au niveau de stabilisation après 2100	~660 eq-CO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP 2.6	Pic à ~3Wm <sup>-2</sup> avant 2100 puis déclin	Pic ~490 eq-CO <sub>2</sub> avant 2100 puis déclin	Pic puis déclin

Le forçage radiatif, exprimé en W/m<sup>2</sup>, est le changement du bilan radiatif (rayonnement descendant moins rayonnement montant) au sommet de la troposphère (10 à 16 km d'altitude), dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat comme la concentration des gaz à effet de serre. La valeur pour 2011 est de 2,84 W/m<sup>2</sup>.

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). Le modèle **Aladin** est mis en œuvre par le CNRM sur plusieurs scénarios climatiques, appelés RCP, qui correspondent à des niveaux d'émission de GES (Gaz à Effet de Serre) différents comme indiqué dans le tableau ci-dessus. Ces données librement accessibles sur le serveur public (DRIAS) du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire ont été complétées par le calcul de l'ETP selon les normes de Météo France. Au côté des données simulées, pour les mêmes zones,

nous avons acquis et valorisé des données issues d'observations (désignées par « **obs** ») : il s'agit des données mises à disposition par l'Union Européenne sur son serveur agri4cast.

### L'évaluation des impacts concrets du changement climatique sur les cultures fourragères

C'est le cœur du programme.

La modélisation est une approche judicieuse pour étudier les conséquences du changement climatique, elle a maintenant été utilisée dans plusieurs projets. Nous avons utilisé le logiciel STICS (Simulateur multiDisciplinaire pour les Cultures Standard), sur la période 1970-2100, pour la prairie, le maïs, la luzerne voire des rotations raygrass-maïs. Les données climatiques que nous avons utilisées sont issues du modèle Aladin dans le cadre du RCP 8.5 (le scénario du pire). Les sols pris en compte sont représentatifs de ceux de la région étudiée. De même, les itinéraires techniques sont ceux pratiqués dans la zone, ou qui pourraient l'être dans un futur plus ou moins proche (semis de maïs plus précoces, choix de variétés plus tardives, déprimage des prairies, ajout d'une coupe supplémentaire par rapport aux pratiques actuelles...).

Le paramétrage du modèle STICS prend en compte les différents effets du changement climatique sur les mécanismes physiologiques du développement des plantes, y compris les effets d'un taux plus élevé de CO<sub>2</sub> sur l'efficacité de la photosynthèse et sur la réduction de la transpiration. Ces mécanismes ont été expliqués aux éleveurs. Les itinéraires techniques ont été définis de façon à pouvoir s'adapter aux évolutions climatiques : concernant la prairie et la luzerne, les coupes sont déclenchées lorsqu'un cumul de températures préalablement fixé est atteint, s'il y a assez de biomasse.

Outre qu'elles permettent de mettre au jour les évolutions tendancielles, ces simulations ont été utilisées pour nourrir le module de sélection des profils climatiques qui a été utilisé pour sélectionner les années problématiques à étudier sur le futur, et aussi pour la fabrication des pièces de jeu du Rami fourrager® pour les années correspondant aux choix du groupe d'éleveurs.

### Les conséquences à l'échelle des systèmes d'élevages, la recherche de voies d'adaptation

Les partenaires de cette étude ont souhaité qu'il y ait un temps de partage de leurs conclusions avec les acteurs de terrain : il ne s'agissait pas seulement de mobiliser des modèles et de réaliser des simulations sur le futur validées entre scientifiques. C'est pour cette raison que nous avons utilisé l'outil de partage et de co-conception de systèmes dénommé Rami Fourrager®.

Cet outil apprécié des éleveurs est un jeu de plateau imaginé au départ par l'INRA et 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.

## L'élevage en Vendée

Avec un cheptel de près de 130 000 vaches allaitantes pour 30 000 JB, la Vendée est un des plus importants cheptels allaitant au niveau national. Ce territoire offre une pluviométrie satisfaisante (800 mm) et des températures douces (14 °C) permettant de bons rendements en maïs si le sol le permet. Ainsi, les systèmes vendéens qui se sont mis en place sont des systèmes naisseurs et naisseurs engraisseurs intensifs.

La répartition spatiale de ces systèmes dépend des potentiels de sol. Au centre, nous avons le bocage vendéen et ses systèmes naisseurs engraisseurs semi-intensifs bordé au nord par le Marais Breton où subsistent des systèmes naisseurs herbagers extensifs, au sud le Marais Poitevin exclusivement en grande culture et à l'est le début du Massif Armoricain offrant ainsi un sol avec de bons potentiels maïs et donc la présence de systèmes naisseurs engraisseurs intensifs en grand nombre.

La culture de la technique est ancrée dans les valeurs vendéennes. En effet, avec 20% des élevages bovins viande au contrôle de performance, les éleveurs ont mis en place des périodes de reproduction durant l'automne pour favoriser l'insémination artificielle et la double période de vêlage durant le printemps et l'automne. La race majoritaire est la Charolaise (65% des effectifs) mais les effectifs de Blonde d'Aquitaine connaissent ces dernières années une augmentation significative.

## Le climat aux alentours des Essarts

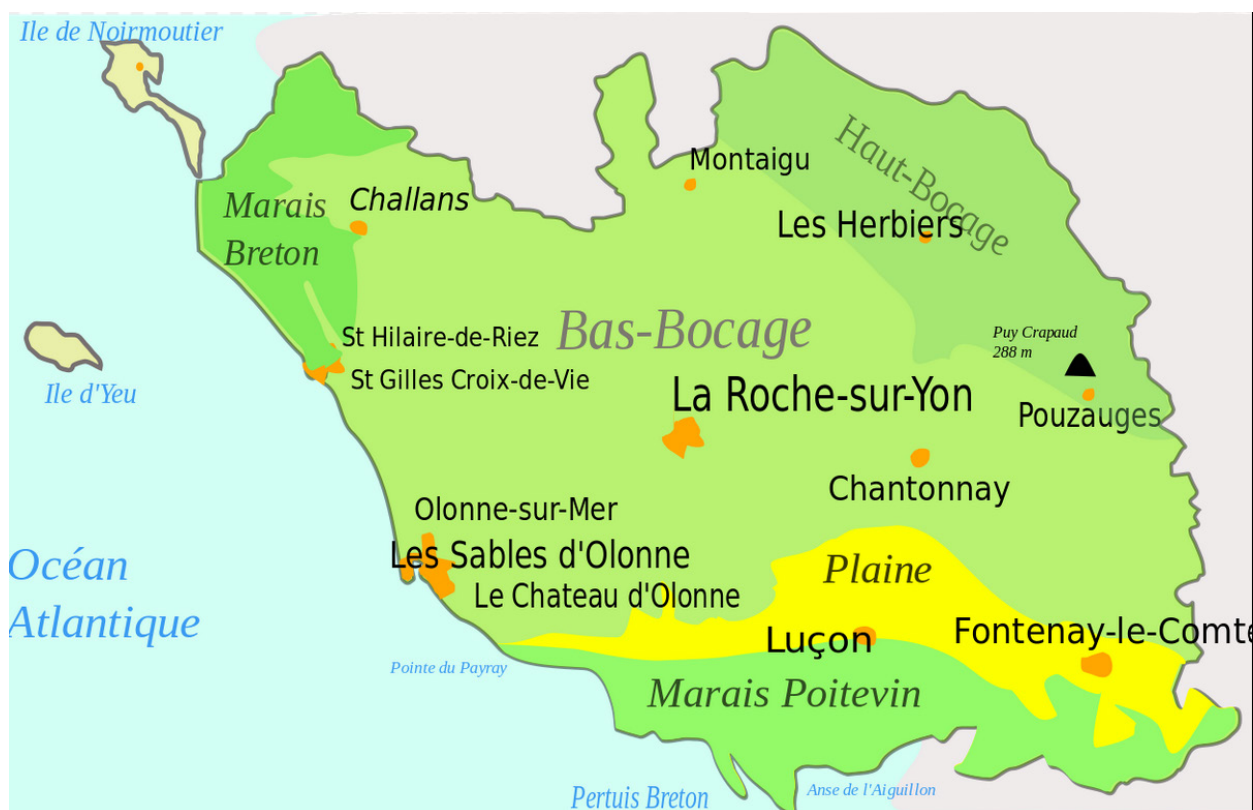
### Le climat actuel

Voir cartes en annexe.

La zone des Essarts bénéficie d'un climat océanique peu altéré (carte a), avec des températures moyennes assez douces (carte b) qui induisent un arrêt de végétation hivernal réduit (carte f) et donc un démarrage de la végétation (caractérisé par la date d'arrivée à 300° jours à partir du 1<sup>er</sup> février, carte d) plutôt précoce par rapport aux autres zones de plaines en France.

Avec un cumul annuel de précipitations un peu supérieur à 800 mm (carte c), la zone fait partie des zones plutôt bien arrosées. La répartition saisonnière, avec un maximum en mai et un autre en novembre est plutôt favorable à l'expression d'un bon potentiel de pousse au printemps, puis à un degré moindre en automne. L'été, en comparaison à d'autres zones allaitantes de France plus à l'Est, est aussi bien arrosé (des cumuls moyens de 70 mm en juillet et août sur la période 1986-2015), mais avec des cumuls d'ETP encore plus importants, liés aux températures et à l'ensoleillement élevés de la zone.

Il en résulte une durée de la sécheresse agronomique estivale parmi les plus élevées, en dehors des zones périméditerranéennes (carte e).



## Évolution récente du climat

L'évolution de la température moyenne annuelle dans la zone des Essarts est relativement modérée : en 30 ans, le climat s'est réchauffé de près de 0,5 °C.

Les températures semblent s'être accrues essentiellement sur le printemps (+0,7 °C) et l'automne (+1 °C) et paraissent stables en été et hiver.

En cohérence avec la faible élévation des températures, on note une faible augmentation de l'ETP (Evapo-Transpiration Potentielle). L'évolution des précipitations est plutôt à la hausse au niveau du cumul annuel, avec une tendance à la baisse en automne et une augmentation au printemps et en hiver. Il faut remarquer surtout la forte variabilité inter-annuelle du cumul de précipitations.

L'analyse saisonnière montre un déficit hydrique estival très important mais stable. Le bilan hydrique est de moins en moins favorable en automne, mais surtout, il ne s'est pas amélioré au printemps, saison lors de laquelle il reste déficitaire malgré l'augmentation des précipitations, insuffisante pour compenser l'ETP.

## Évolutions futures du climat

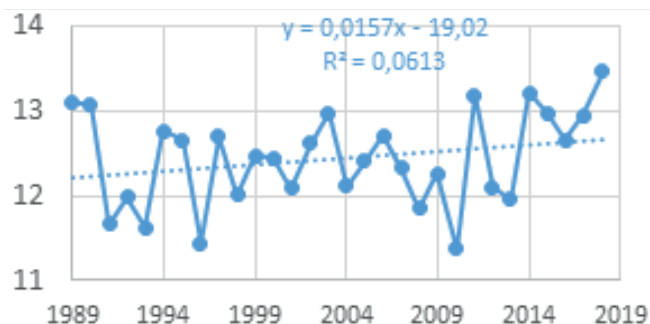
Nous présentons des calculs faits sur les **périodes 1986-2015** pour ce qui concerne les **données observées**, ainsi que les données du RCP 8,5 période **2030-2059 (futur proche = P)**, et période **2070-2099 (futur lointain = L)**. Les autres scénarios, **RCP 4,5** et **RCP 2,5**, ne sont pris en compte que sur le futur proche (2030-2059).

## Évolution des températures moyennes annuelles

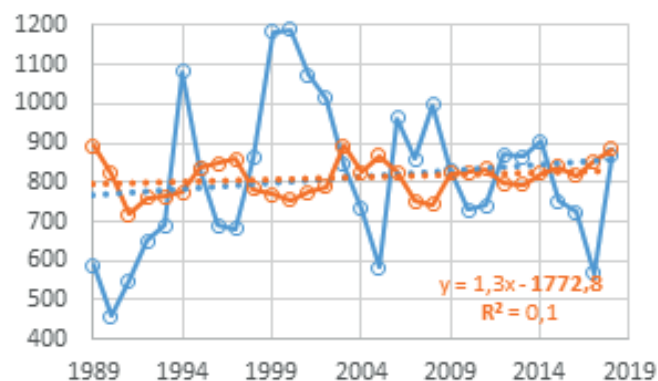
Quel que soit le scénario RCP, il prédit une augmentation de la température encore modérée (de l'ordre de 1 °C) dans le futur proche. Ce n'est que dans la seconde moitié du siècle que le réchauffement s'accélérait rapidement pour atteindre + 4 °C par rapport au niveau actuel, dans le cadre du RCP 8,5 et en fin de siècle.

L'analyse des données simulées montre qu'autour de ce niveau, l'hiver se réchaufferait moins (+ 2,6 °C) que l'été (+ 5,1 °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 4 °C à l'échelle de l'année, en fin de siècle, ça signifierait + 5,6 °C pour les maximales en été, et seulement + 1,9 °C pour les minimales en hiver. Il continuera à geler, mais moins, et le nombre de jours caniculaires sera en forte hausse (cf. annexe 3).

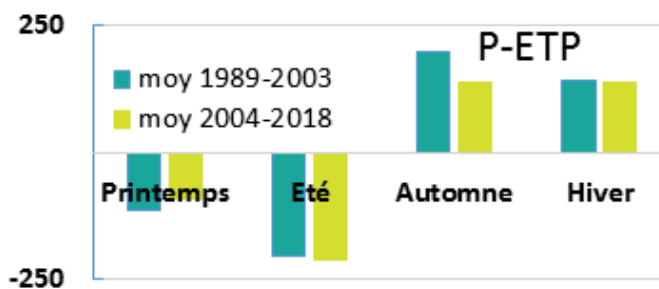
Évolution de la température moyenne annuelle de 1989 à 2018 (Données Agri4cast)



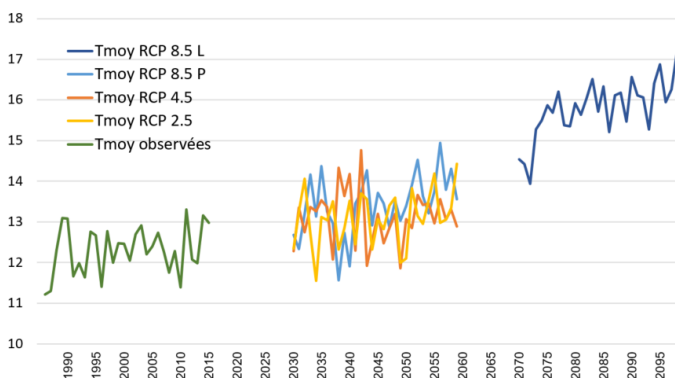
Évolution de l'ETP (en orange) et des précipitations (en bleu) en cumul annuel (mm) de 1971 à 2015 (Données Agri4cast)



Déficit hydrique (P-ETP) calculé par saison, et évolution entre la période 1989-2003 et la période 2004-2018 (Données Agri4cast)



Températures moyennes annuelles



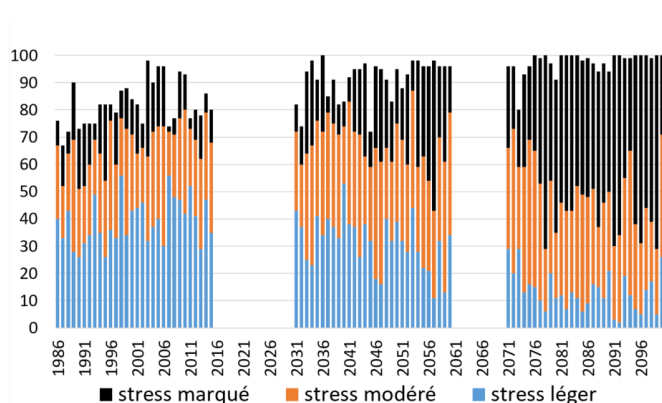
Ces excès de température ont des conséquences sur les cultures mais aussi sur les animaux. On peut les approcher par le calcul d'un index (le THI pour Temperature Humidity Index). Le graphique ci-contre indique le nombre de jours où les animaux pourraient être en stress thermique léger, modéré, ou marqué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

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 9 et le 20 mars), elle pourrait passer aux alentours du 10 mars dans le futur proche (à 2 jours près selon le RCP), et du 2 mars dans le futur lointain. Reste à savoir si les conditions climatiques du début de printemps permettront l'accès à cette pousse plus précoce.

Pour chaque année, nombre de jours selon l'intensité du stress tel que mesuré avec le THI, de 1986 à 2015 (sur données observées) et sur le futur (modèle Aladin RCP 8,5)

$$THI (temperature Humidity Index) = 1,8 * Ta - (1 - HR) * (Ta - 14,3) + 32$$

avec Ta = température ambiante, et HR = humidité relative



#### 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 scénarios (RCP) climatiques

	RCP 8.5 2070-2099	RCP 8.5 2030-2059	RCP 4.5 2030-2059	RCP 2.5 2030-2059	Obs 30 ans	1986-2000	2001-2015
1 année sur 2 entre le ... et le ...	28-févr 3-mars	5-mars 15-mars	4-mars 16-mars	6-mars 13-mars	9-mars 19-mars	8-mars 18-mars	9-mars 20-mars
Médiane	2-mars	10-mars	8-mars	9-mars	13-mars	13-mars	13-mars

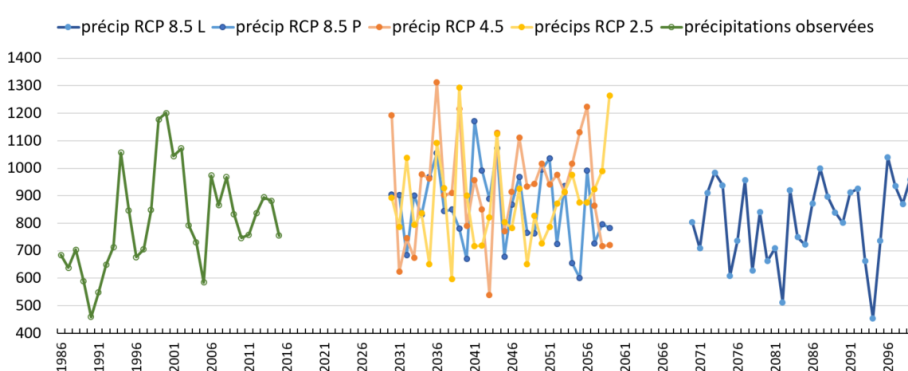
#### Évolution des précipitations

Il n'y a pas de tendance nette quant à l'évolution du cumul annuel de précipitations vers la fin du siècle. Dans le futur proche, les 3 RCP examinés semblent même plutôt suggérer une augmentation des précipitations (de 50 à 120 mm en plus).

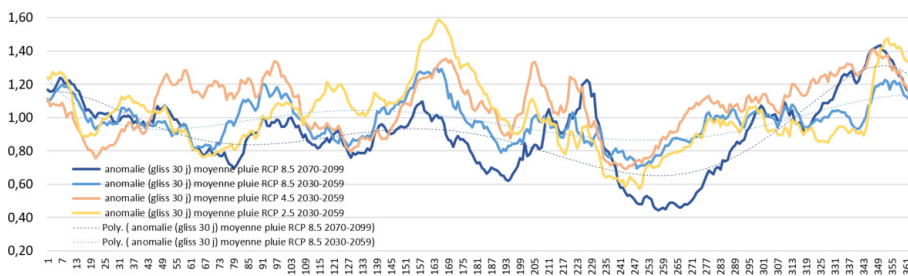
Ce qui domine, c'est surtout la très forte variabilité inter-annuelle, réelle dans le passé et qui se poursuivrait avec amplification dans le futur.

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.

Cumuls annuels de précipitations observés de 1986 à 2014, et prévus dans les 3 RCP sur le futur, avec le modèle Aladin



Anomalies de précipitations (futur / ref sur passé)



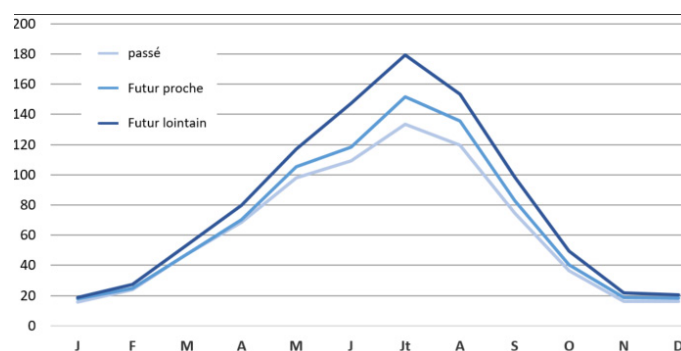
Les données ont été moyennées chaque jour par périodes de 30 ans (2030-2059 ou 2070-2099), la base de comparaison étant 1986-2015. Quand ce rapport est supérieur à 1, il est prévu qu'il pleuve plus, et inversement s'il est inférieur à 1. Ainsi dans le futur proche, il y aurait plus de précipitations l'hiver quels que soient les RCP, tout comme en fin de printemps début d'été. À l'inverse, la fin de l'été serait nettement moins arrosée. Dans le cadre du RCP 4.5 seulement, il y aurait nettement plus de pluie en fin d'hiver. Le RCP 8.5 dans le futur proche n'est pas celui pour lequel les anomalies saisonnières sont les plus marquées. Ce même RCP 8.5 projeté dans le futur lointain est le plus pessimiste par rapport aux pluies de début et de fin d'été, et propose des pluies d'hiver très excédentaires par rapport à la période de référence. On peut s'attendre globalement à des sécheresses météorologiques de fin d'été plus fréquentes, malgré les orages estivaux. Le tableau ci-contre indique la fréquence possible de tels aléas climatiques, dans le passé et pour le futur, pour deux périodes.

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) / passé) dans différentes simulations (RCP 2.5, 4.5 et 8.5)

	Obs 30 ans	1986- 2000	2001- 2015	RCP 8.5 2070- 2099	RCP 8.5 2030- 2059	RCP 4.5 2030- 2059	RCP 2.5 2030- 2059
au moins 20 jours sans pluie entre le 15/04 et le 30/05	3/10	3/10	4/10	-10 %	-3 %	0 %	-3 %
au moins 20 jours sans pluie entre le 15/08 et le 15/10	4/10	7/10	2/10	40 %	33 %	10 %	30 %

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 (la faible profondeur de certains sols de la région accentuant d'autant plus le phénomène).

Cumuls d'ETP mensuels (mm), modèle Aladin, RCP 8.5



Le climat du nord-est de la Vendée se caractérise par des températures clémentes et des précipitations dans la moyenne nationale, cependant, celles-ci sont assez mal réparties avec peu de pluies en été, et souvent trop en automne et en hiver. Les températures moyennes sont en légère augmentation sur les dernières décennies mais dans le futur simulé, elles pourraient augmenter fortement, notamment en ce qui concerne les maximales. Au printemps, cette augmentation pourrait permettre d'avancer la mise à l'herbe. En été, elle se traduirait par une augmentation des épisodes caniculaires, qui impliquent un arrêt de la croissance de certaines espèces prairiales, voire du maïs, et un stress thermique plus ou moins marqué chez les animaux. Les précipitations sont variables d'une année sur l'autre, et cette variabilité se retrouve dans le futur. Les différents scénarios (RCP) sont assez semblables dans le futur proche quant aux évolutions saisonnières à envisager. Dans le futur, l'augmentation de l'ETP, fortement liée à celle des températures et donc plus facile à prévoir, contribuera à accentuer l'importance et la précocité du déficit hydrique estival.

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

Les rendements présentés ici ne prennent pas en compte les adaptations possibles par choix de variétés (sauf pour le maïs), ni l'évolution des variétés. En revanche, le modèle utilisé tient compte de l'effet de l'augmentation de la concentration en 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 dans le futur proche voire 20% en fin de siècle (Étude ACTA-MIRES Ruget Moreau).

Les simulations ont été réalisées grâce au modèle de culture STICS, à partir des données climatiques issues du modèle Aladin pour le RCP 8,5, avec les itinéraires techniques de la zone, et sur deux types de sol.

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

Les simulations ont été réalisées pour plusieurs itinéraires techniques combinant récoltes en foin ou en ensilage et pâturage, sur deux types de sol. Les courbes de croissance présentées ne concernent que les itinéraires de type pâturage. Conséquence de l'augmentation des températures au début du printemps, les simulations STICS mettent en évidence un démarrage en végétation des prairies plus précoce. Par conséquent, une mise à l'herbe plus précoce peut être envisagée. Cela confirme les calculs réalisés précédemment à partir des cumuls de températures.

D'autres indicateurs construits à partir de la pluviométrie autour de la mise à l'herbe (comme celui présenté ci-contre), montrent qu'en règle générale, les conditions climatiques rendront possible cette mise à l'herbe précoce et permettront de tirer profit de cette herbe de début de printemps.

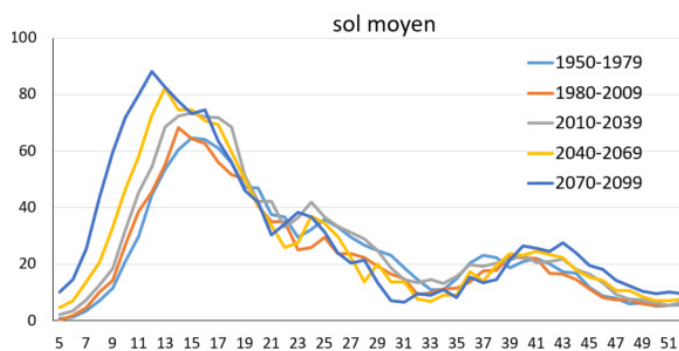
Dès la fin du printemps et tout l'été, les simulations montrent une croissance de l'herbe ralentie, et ce d'autant plus tôt qu'on va vers le futur lointain. Ce creux d'été, déjà marqué actuellement en sols à faible RU, serait plus intense et plus long à l'avenir. Au contraire, les conditions automnales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

En résumé, l'herbe pousserait plus tôt au printemps et plus tard à l'automne, mais avec un ralentissement d'été plus marqué. Ces résultats sont conformes à ce qui a été vu dans des études antérieures sur le changement climatique (ACTA-CC, Climator). De fait, s'il y a un gain possible de rendement dans le futur, celui-ci se ferait essentiellement par la période de printemps comme l'indique le graphique ci-contre.

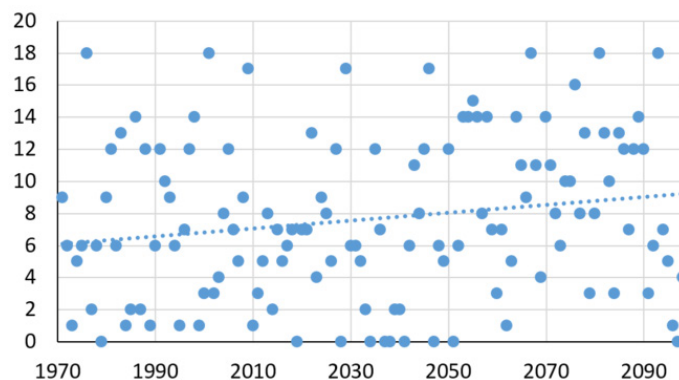
### Caractéristiques des sols utilisés dans les simulations

	Profondeur	Taux d'argile	Réserve utile
Sol moyen	60 cm	7,5 %	55 mm
Sol profond	120 cm	20 %	150 mm

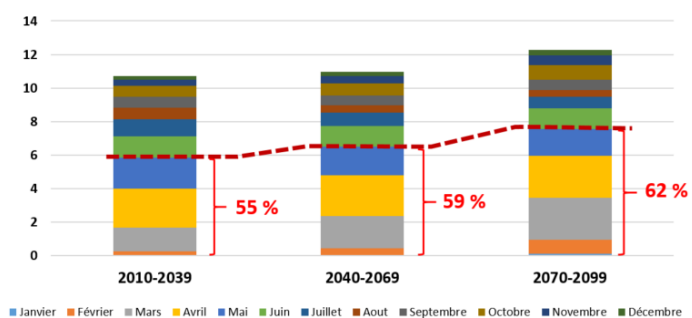
### Pousse d'une prairie à base de graminées, en kg de MS/ha/jour, selon la période de 30 ans simulée, en itinéraire « pâturage »



### Nombre d'épisodes de 4 jours sans pluie entre 10 jours avant et 10 jours après 300 °C cumulés (date de mise à l'herbe)



### Cumuls de pousse sans affectation de coefficient de perte, en Tonnes de MS, par mois et selon l'horizon de temps



## Focus sur les récoltes de foin et ensilage

Ces mêmes résultats de simulations montrent une augmentation des rendements des premières coupes au printemps (ci-contre).

Parallèlement, les conditions de récolte par exemple pour un ensilage de bonne qualité (fauche précoce) devraient ne pas se détériorer comme le montre le deuxième graphique ci-contre.

## Maïs

Les simulations sont réalisées pour des variétés précoces telles qu'utilisées actuellement et des variétés plus tardives.

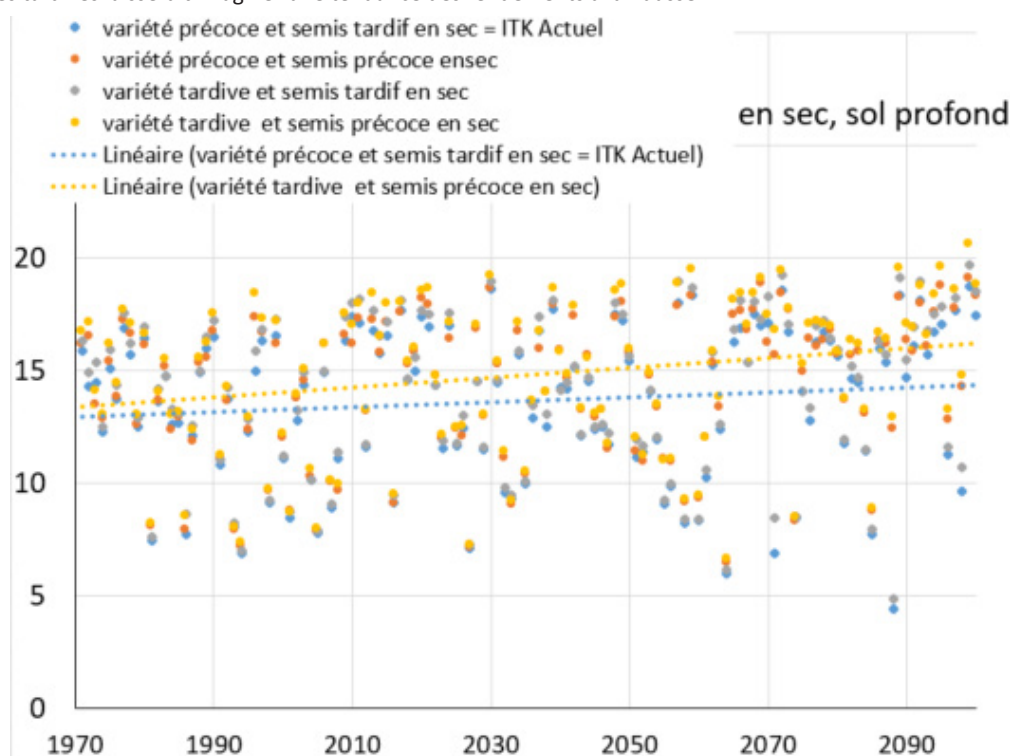
Deux dates de semis ont été testées : la date normale actuelle (25 avril) et le 1<sup>er</sup> avril (semis précoce), pour les sols moyens et profonds.

En tendance, quel que soit le sol, la moyenne des rendements est plutôt à la hausse modérée, et en modifiant l'itinéraire technique avec des variétés plus tardives semées plus précocement, la tendance serait plus nettement à la hausse. En sol moyen et sans irrigation, les accidents resteraient cependant très nombreux, de très bonnes années pouvant succéder à des années catastrophiques. La variabilité inter annuelle des rendements semble en effet plutôt à la hausse. Sur sol moyen, l'irrigation permet bien sûr de régulariser les rendements, mais avec des consommations d'eau accrues.

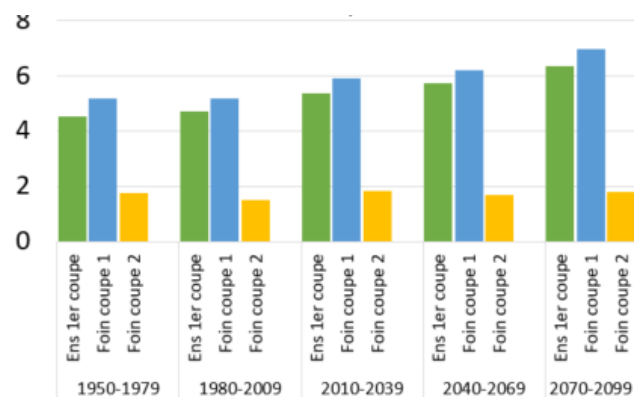
À noter que l'irrigation ne paraît pas devoir être une garantie totale : des rendements médiocres peuvent apparaître certaines années où le rendement serait pénalisé davantage par les trop fortes températures que par le déficit hydrique.

Rendements obtenus pour chaque année simulée, en culture sèche sur sol profond, pour la combinaison précocité x date de semis actuelle (itinéraire technique actuel, en bleu), pour la même variété précoce en semis plus précoce (en orange) ainsi que pour des variétés plus tardives en semis plus précoce (itinéraire technique adapté au futur, en jaune sur le graphique). En gris figurent également les rendements avec des variétés plus tardives que celles utilisées actuellement, mais qui seraient semées aux mêmes dates qu'actuellement.

Que ce soit avec des variétés précoces ou plus tardives, les semis tardifs seraient assez pénalisants dans le futur, alors que la combinaison de semis précoces et de variétés tardives laisserait imaginer une tendance des rendements à la hausse.

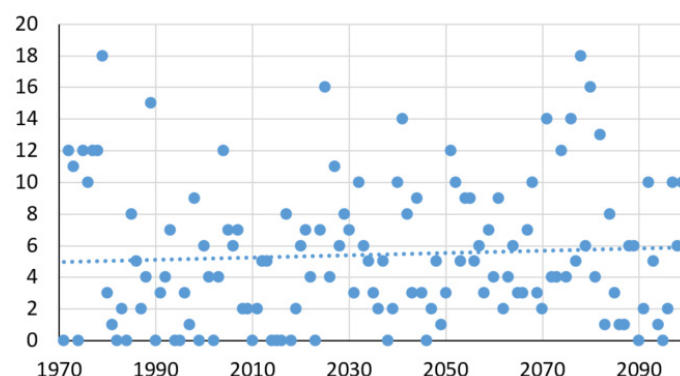


Rendement utile tous sols confondus en Tonnes de MS/ha



Dans un intervalle de 10 jours avant et 10 jours après 700 °C cumulés depuis le 1er janvier, nombre de jours où la récolte est possible

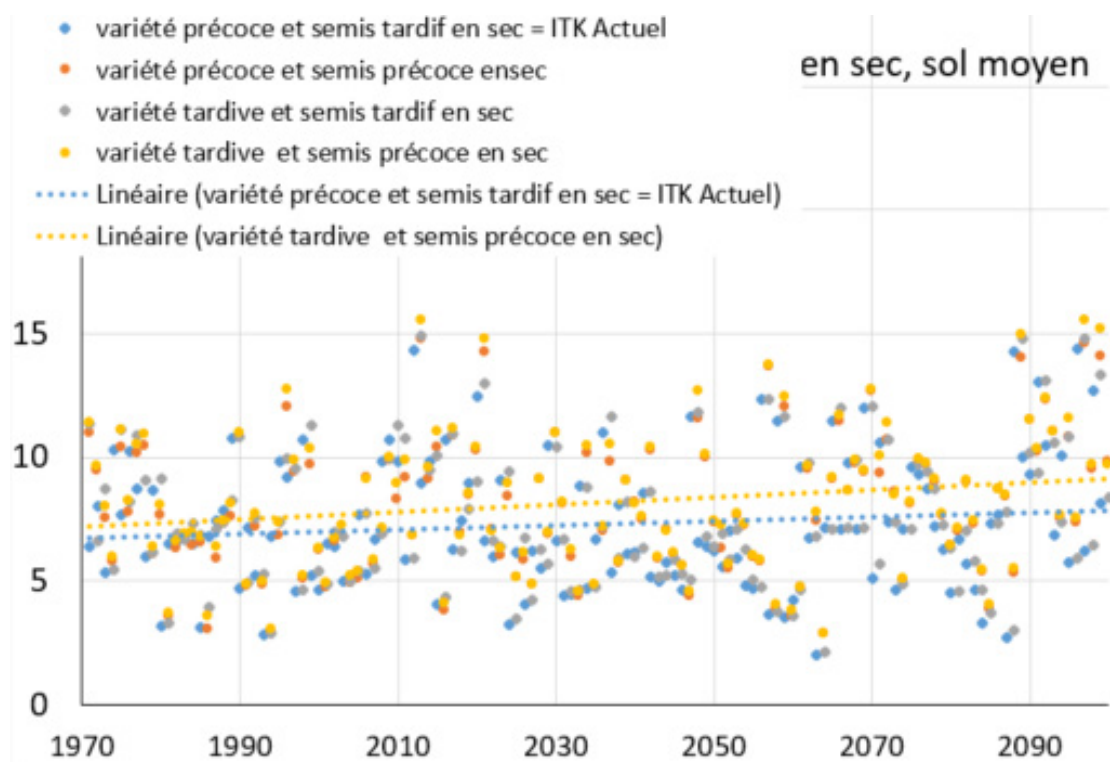
(4 jours consécutifs sans précipitations, avec moins de 30 mm de précipitations cumulées dans les 3 jours ayant précédé cet épisode de 4 jours consécutifs sans précipitations, et moins de 5 mm la veille)





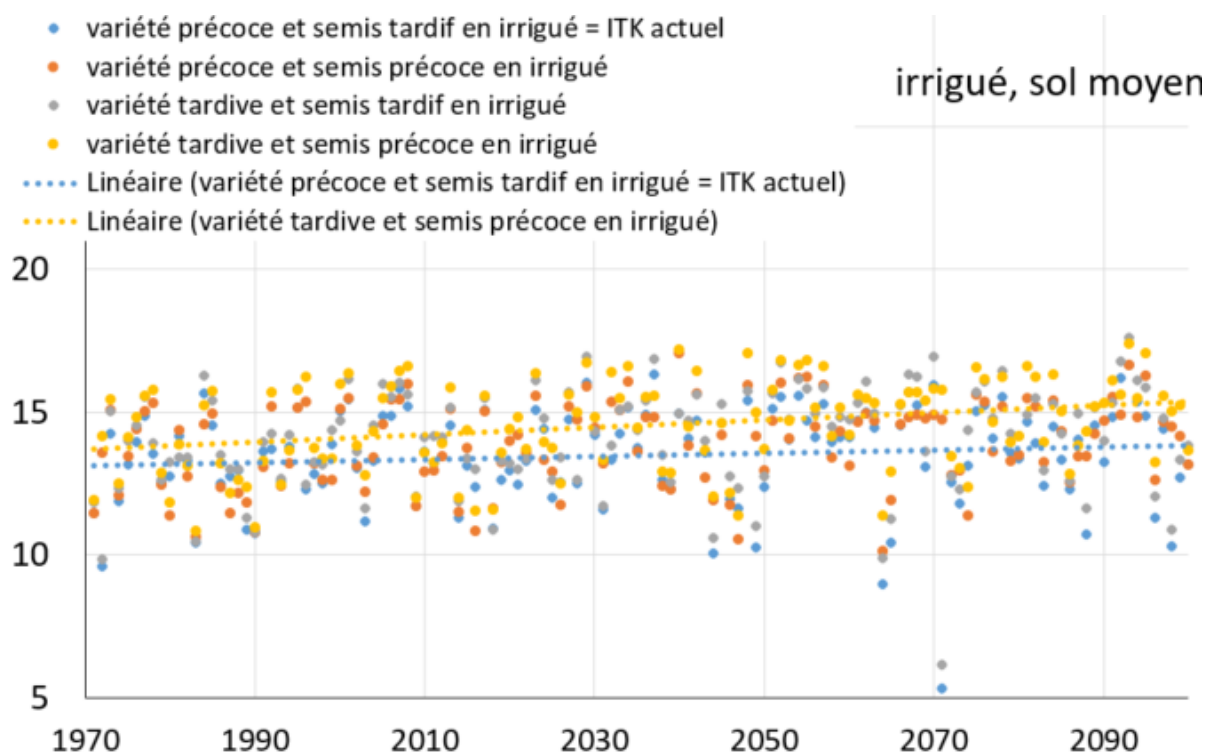
Rendements obtenus pour chaque année simulée, en culture sèche sur sol moyen, pour la combinaison précocité x date de semis actuelle (itinéraire technique actuel, en bleu), pour la même variété précoce en semis plus précoce (en orange) ainsi que pour des variétés plus tardives en semis plus précoce (itinéraire technique adapté au futur, en jaune sur le graphique). En gris figurent également les rendements avec des variétés plus tardives que celles utilisées actuellement, mais qui seraient semées aux mêmes dates qu'actuellement.

Que ce soit avec des variétés précoces ou plus tardives, les semis tardifs seraient assez pénalisants dans le futur, alors que la combinaison de semis précoces et de variétés tardives laisserait imaginer une tendance des rendements à la hausse.



Rendements obtenus pour chaque année simulée, en culture IRRIGUEE sur sol moyen, pour la combinaison précocité x date de semis actuelle (itinéraire technique actuel, en bleu), pour la même variété précoce en semis plus précoce (en orange) ainsi que pour des variétés plus tardives en semis plus précoce (itinéraire technique adapté au futur, en jaune sur le graphique). En gris figurent également les rendements avec des variétés plus tardives que celles utilisées actuellement, mais qui seraient semées aux mêmes dates qu'actuellement.

Que ce soit avec des variétés précoces ou plus tardives, les semis tardifs seraient assez pénalisants dans le futur, alors que la combinaison de semis précoces et de variétés tardives laisserait imaginer une tendance des rendements à la hausse.

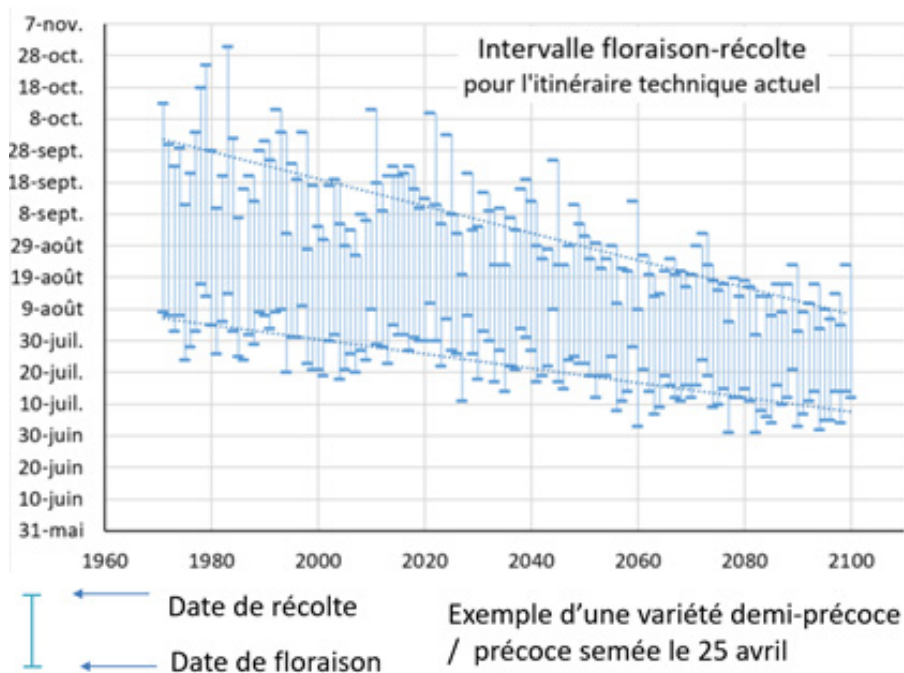


Les dates de floraison et de récolte seront de plus en plus précoces : entre les périodes 1980-2001 et 2070-2099, on gagnerait en moyenne une vingtaine de jours à la floraison et près de quarante à la récolte. C'est pour cette raison que des variétés plus tardives pourraient être semées sans risquer de problème à la récolte.

Par ailleurs, cela signifie que le maïs va devenir une plante à double fin possible (ensilage ou grain), avec des possibilités de récolte en grain sans de gros frais de séchage. Comme dans le Sud-Ouest, cette possibilité pourra en faire un levier de régulation des ressources fourragères.

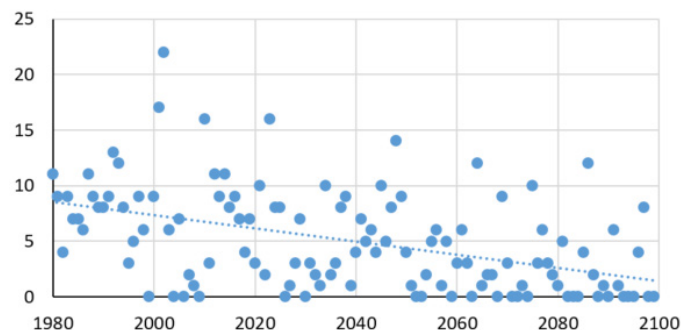
Il faudra cependant attendre la deuxième partie du siècle (graphique ci-dessous à gauche) pour commencer à voir s'éloigner le risque d'avoir des températures pénalisantes (trop froides) pour le développement du maïs : semer plus tôt ne sera pas la garantie absolue de réussir la culture du maïs. Lorsque les rendements du maïs seront mauvais, ce sera souvent imputable à la sécheresse mais parfois aussi à des excès de température auxquels la région n'est pas du tout habituée (cf. graphique ci-dessous à droite).

Évolution des dates de floraison et de récolte

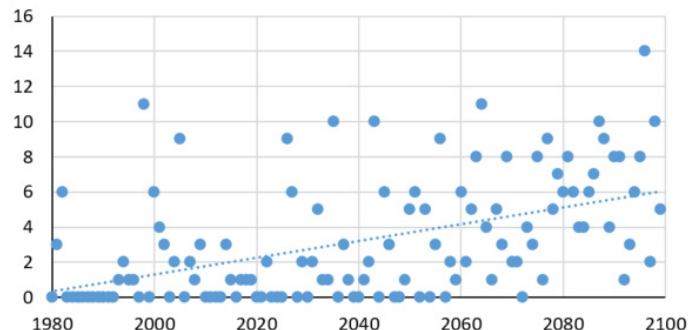


Nombre de jours avec  $T_{moy} < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre la levée et la transition florale pour des semis au 01/04 de variétés précoces.

Ces jours-là, le développement est fortement pénalisé.



Nombre de jours avec  $T_{max} > 32\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre le début de l'allongement des soies et le stade limite d'avortement des grains (semis au 01/04, variétés SD). Les fortes chaleurs aggravent l'effet du stress hydrique.



### Cas particulier du raygrass-maïs

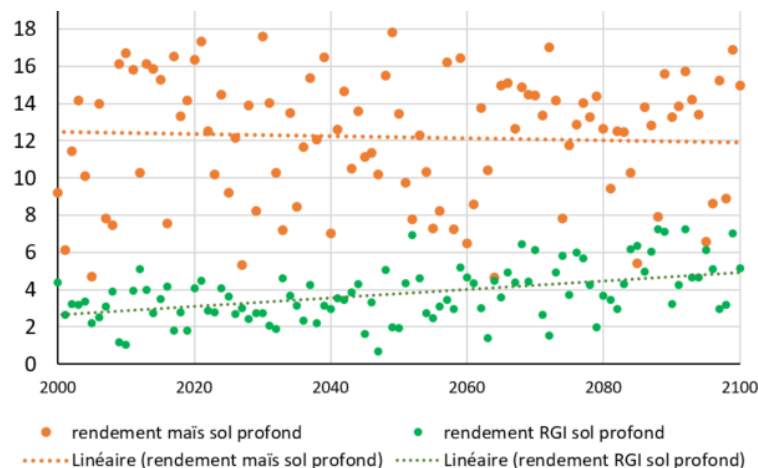
Un certain nombre d'éleveurs cultivent du ray-grass (RGI) en dérobée du maïs (après une céréale à paille), nous avons donc simulé cette pratique à l'aide de STICS.

Par rapport à un RG qui serait ensilé toujours à la même date, dans cette rotation, le RG s'en sort bien (rendements en hausse) alors que le maïs verrait son rendement diminuer jusqu'à devenir certaines années comparable à celui de sa dérobée.

La raison de cette évolution tient au fait que le RG entamerait trop la réserve en eau du sol, défavorisant ainsi la culture qui le suit.

On peut aussi souligner l'énorme variabilité du rendement du maïs dans une telle rotation. Les mêmes simulations effectuées par rapport au sol moyen (RU plus faible) font apparaître des rendements du maïs devenant beaucoup trop faibles pour que ça en fasse une culture intéressante.

Rendement du RG et du maïs dans une rotation RG-maïs en sol profond, le maïs étant semé le 25 avril



## Luzerne

Les prairies de la zone sont plutôt des prairies temporaires et des prairies naturelles. Les prairies artificielles, notamment à base de luzerne, sont plus rares. Elles constituent néanmoins un atout pour le futur et un levier d'adaptation au changement climatique, c'est la raison pour laquelle nous avons réalisé des simulations de cette culture, à utiliser en pur ou en mélange (dactyles-luzerne par exemple).

Les simulations ont été réalisées sur les mêmes sols que précédemment, pour des itinéraires techniques à 3, 4 et 5 coupes visées. Le modèle est paramétré pour réaliser les coupes lorsque le cumul de températures dépasse un seuil préalablement fixé pour chaque itinéraire technique, à condition que la biomasse disponible soit suffisante. Par conséquent, les 3, 4 ou 5 coupes visées ne sont pas systématiquement réalisées par le modèle. En particulier, l'itinéraire technique à 5 coupes s'avère en fait irréaliste pour la zone, avec une cinquième coupe rarement réalisable. Avec l'itinéraire à 4 coupes, il faut attendre la fin du siècle pour pouvoir réaliser une quatrième coupe, deux années sur trois seulement.

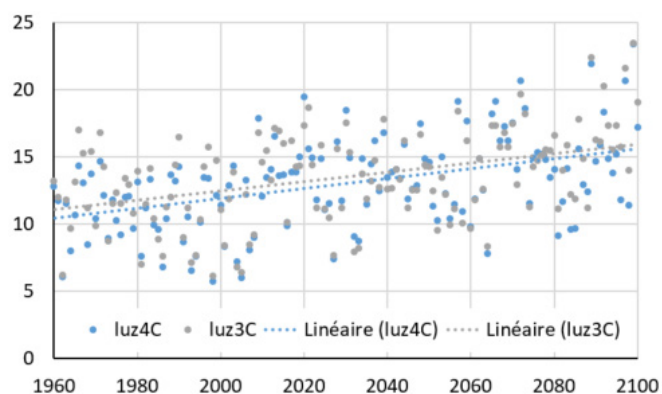
Par ailleurs, il s'agit de simulations pour une luzernière déjà installée, qui ne prennent donc pas en compte l'année d'installation ni la « fin de vie » de la luzernière, années pour lesquelles les rendements sont moindres.

Les rendements cumulés (somme des rendements de chaque coupe) seraient à la hausse. D'autre part, si l'ensemble des rendements moyens augmente, la variabilité interannuelle est toujours aussi marquée, notamment en sol moyen (non illustré). Le détail des rendements cumulés par itinéraire technique ne montre que peu de différence entre les rendements cumulés suivant le nombre de coupes (3 ou 4). Entre les itinéraires à 3 coupes et ceux à 4 coupes, les différences se situent au niveau de la qualité du fourrage récolté et du temps de travail nécessaire.

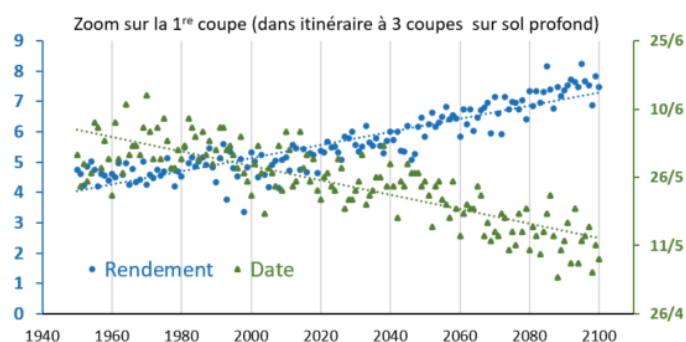
Le gain de rendement cumulé est à relier à l'évolution des conditions de printemps qui, comme pour la prairie, permettent un démarrage en végétation et donc une exploitation des luzernières plus précoces. En moyenne, dans la période 2010-2039, la première coupe intervient près d'une semaine plus tôt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

Cette avancée du démarrage en végétation se répercute sur l'ensemble de la saison. À la fin du siècle, deux coupes seront possibles avant fin juin, avec des rendements moyens à la hausse. La quatrième coupe deviendra de plus en plus souvent réalisable.

## Moyenne des rendements cumulés obtenus pour les itinéraires techniques à 3 et 4 coupes, tous sols confondus



## Dates de coupe et rendements en 1re coupe, dans le cas d'un itinéraire technique visant 3 coupes



## Rendements des différentes coupes, pour les simulations à 4 coupes visées. En pointillé : fréquence de réalisation des coupes par le modèle (en nb d'années/30). En vert : avancée des dates moyennes de coupe entre les périodes 1950-1979 et 2070-2099



Les simulations réalisées mettent en évidence un démarrage en végétation plus précoce accompagné de bonnes conditions au printemps, qui permettent ainsi d'avancer la mise à l'herbe, les premières coupes et les semis des cultures de printemps. Conséquence de l'augmentation des températures à un moment où il n'y a pas encore de stress hydrique, les rendements pour ces coupes précoces progressent, malgré un cycle de croissance raccourci.

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

En ce qui concerne le maïs, on observe une avancée des dates de floraison et récolte, pour des rendements en hausse, surtout en adaptant les itinéraires techniques. La culture d'un ray-grass en dérobée de maïs pénaliserait fortement le maïs en fin de siècle. La luzerne apparaît comme étant la culture qui profiterait le plus positivement du changement climatique.

Ces tendances moyennes finalement peu dramatiques quand elles sont mises au jour sur des périodes de 30 ans ne doivent pas faire oublier la variabilité inter annuelle qui restera très importante, voire en hausse.

Par ailleurs, c'est bien l'effet CO<sub>2</sub> qui permettra le maintien global des rendements et donc des niveaux de chargement : sans lui, on assisterait plutôt à une baisse.

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

Les impacts du changement climatique étant calculés à l'échelle des diverses cultures fourragères, il devient intéressant de retourner devant les éleveurs pour recueillir leurs réactions quand il s'agit d'intégrer ces connaissances à l'échelle d'une exploitation d'élevage.

C'est par rapport à cette phase de l'étude que nous mobilisons le Rami Fourrager® dans le cadre de réunions conduites avec un groupe d'éleveurs animé par les conseillers de la Chambre d'Agriculture.

Dans un premier temps, le groupe a conçu un système représentatif des pratiques locales et basé sur les références fourragères moyennes de la période 1989-2018. Ce système a ensuite été projeté dans les conditions du futur (avec les références fourragères simulées de la période 2035-2064), puis recalé et ajusté sur cette période. Pour finir, ce système recalé sur le futur a été soumis à un crash test climatique (aléa climatique de type sécheresse) typique de cette période du futur, pour pouvoir discuter de la meilleure manière de le rendre plus résistant ou plus résilient face à ce genre d'aléas.

Les 3 contextes climatiques ainsi explorés sont résumés chacun dans une pièce de jeu dénommée « frise climatique ». Les 3 frises sont exposées ci-contre.

La ligne rouge est l'évolution de la température tout au long de l'année.

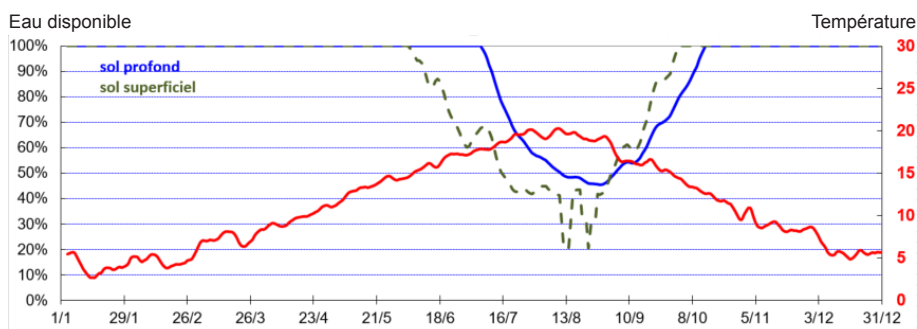
Les lignes bleues et vertes pointillées correspondent à l'évolution de l'eau disponible dans le sol, en pourcentage par rapport à la valeur de départ fixée à 100%. L'eau disponible est égale à la réserve utile du sol, à laquelle on rajoute chaque jour le cumul de précipitations et on retranche le cumul d'ETP.

Quand la valeur tombe à 0%, cela signifie qu'il ne reste plus d'eau dans le sol (sécheresse).

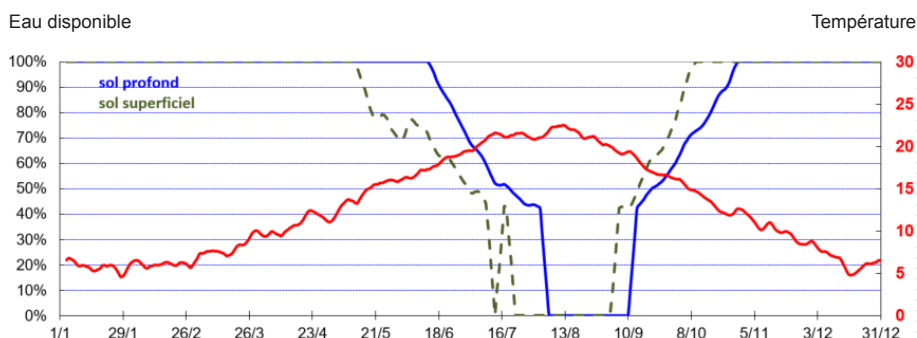
Les graphiques ci-contre indiquent que l'eau disponible baissera en moyenne l'été dans le futur proche (jusqu'à 0 pour le sol moyen) et plus encore une année sur 5, lors d'épisodes de sécheresse importante.

Ci-contre sont figurées les courbes de production quotidienne de la prairie dans les 3 contextes climatiques illustrés ci-dessus.

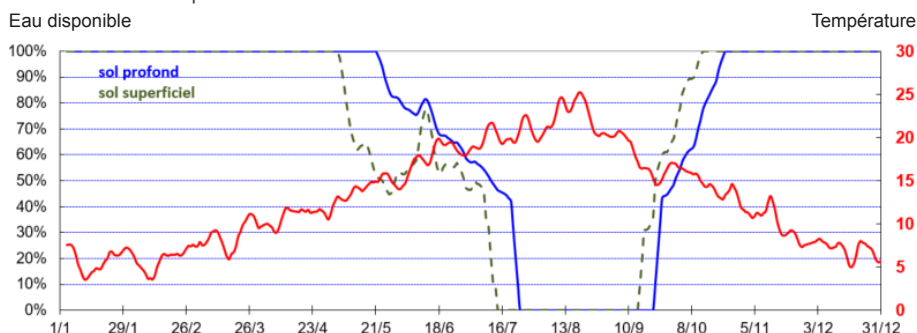
Passé : 1989-2018



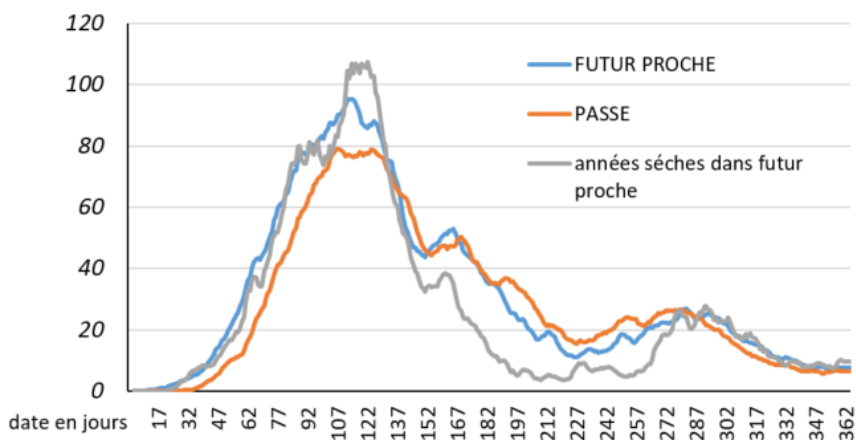
Futur : 2035-2064



Sécheresse de fin de printemps et été avec début de printemps frais et humide : une année sur 5 dans le futur proche



Production de la prairie en kg de MS/ha/j, tous sols et tous ITK confondus



Deux systèmes ont été étudiés en Vendée, chacun conçu avec un groupe d'éleveurs différents :

- Un système Naisseur Engraisseur relativement intensif, avec deux périodes de vêlage
- Un système extensif producteur de broutards et de génisses grasses, herbagé.

# Le premier système étudié (Naisseur Engraisseur à 2 périodes de vêlage)

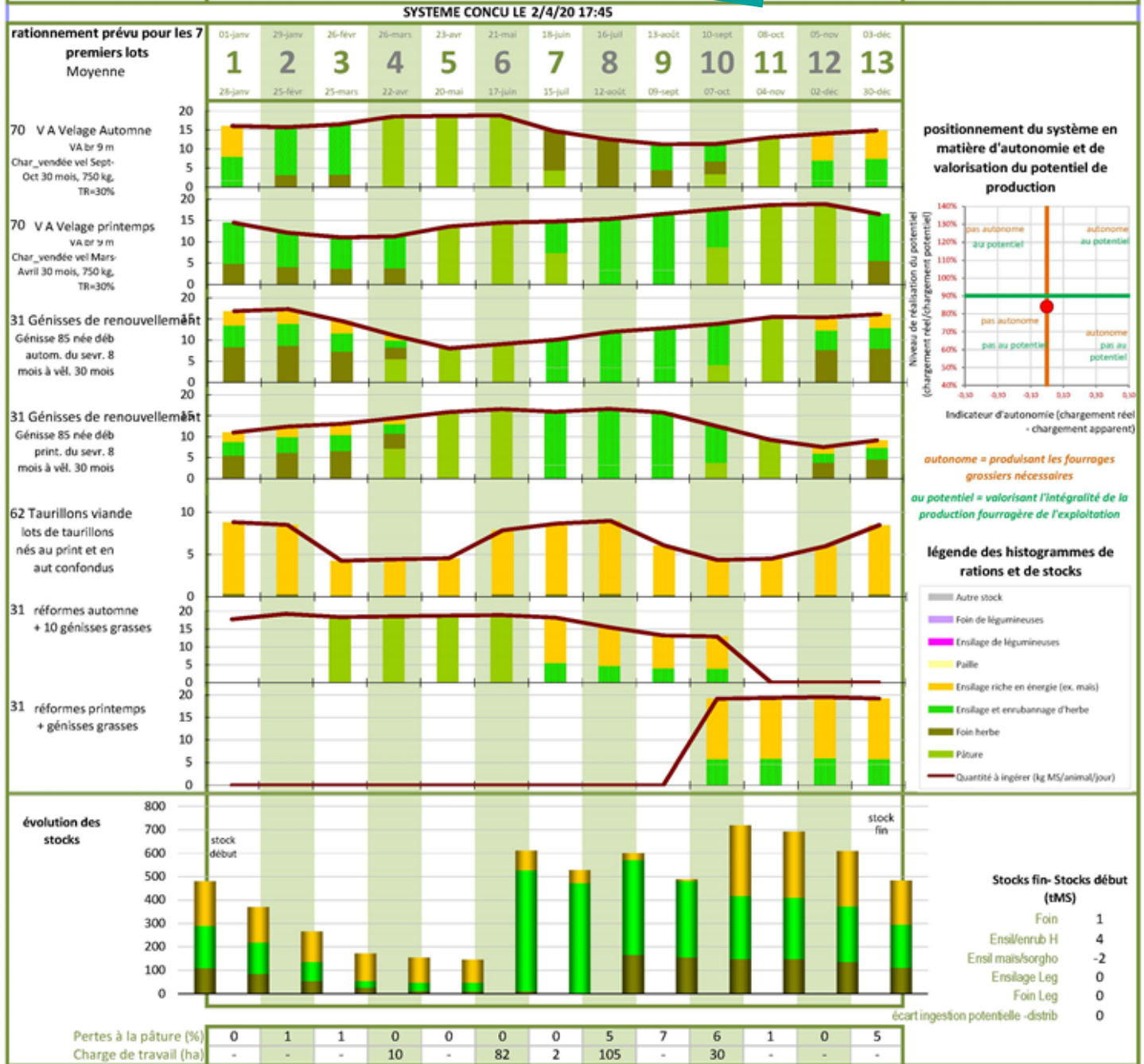
ha	code													
10	DPP semé le 25/04 sec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,1
10	DPP semé le 25/04 sec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,4
10	RG réc: 15/04 maïs DPP				2,6									11,7
82	RU+ / Ensilage Foin Pa	0	0	0	0	0	5,9	0	2,3	14	19	15	7	4
2	RU+ / Foin Pature B N	0	0	0	0	0,0	0	6,7	29	17	24	18	7	5
48	RU+ /paturage / B N	4	3	20	54	67	42	34	28	20	20	18	9	5
23	C14 : Blé tendre à 60 q													60,0

### BILAN

Nb animaux troupeau 419  
 Nb d'UGB 285  
 Estimation chargement SAU  
 1,5 UGB/ha SAU  
 Chargement apparent  
 1,76 UGB/ha SFP  
 Chargement corrigé  
 1,76 UGB/ha SFP  
 Fourrages récoltés  
 3,6 TMS/UGB  
 SFP/SAU 88 %

Cout fourrager hors paille  
 +  
 Cout concentrés  
 =  
 COUTS ALIMENTATION  
 =  
 Cout paille

C'est avec le Ramé Fourrager® qu'a été conçu le système résumé par la fiche ci-dessous, éditée à partir du module informatif de ce jeu de plateau.  
 Pour les besoins de modélisation des systèmes Bovins Viande, ce module a été reprogrammé de manière à pouvoir prendre en compte jusqu'à 8 lots d'animaux, le système modélisé en compte 7 !



Le groupe d'éleveurs réunis aux Établières à La Roche-sur-Yon par les conseillers de la Chambre d'Agriculture a conçu un système pour un GAEC à plus de 2 UTH basé sur les pratiques locales, proche du cas-type N° 7 publié par l'équipe Références-INOSYS des Pays de Loire.

Le cas conçu compte 140 vaches, qui vèlent pour la première fois à 30 mois, avec deux périodes de vêlage : l'automne (septembre octobre) et le printemps (mars avril). Il y a donc deux lots de vaches conduits séparément. Le taux de renouvellement est de 30%, toutes les génisses nées sont gardées, l'excédent par rapport aux besoins de renouvellement étant vendu en génisses grasses avec une finition à l'ensilage de maïs, comme les vaches de réforme.

L'ensemble des mâles est également engraisé sur l'exploitation, en deux lots selon la date de naissance. Ces lots sont engraisés essentiellement à partir d'ensilage de maïs.

Le lot de vaches allaitantes qui met bas en automne est mis à l'herbe fin mars, tandis que le lot qui vèle au printemps sort un mois plus tard. Selon les lots, les génisses sortent progressivement à partir du début du mois d'avril et sont rentrées début novembre, comme le lot de vaches qui vèlent en automne. Le lot qui vèle au printemps est rentré très tard, début décembre.

Compte tenu de tous ces lots et de la diversité de leurs besoins, ce système est capable de valoriser des pâtures de mars à début décembre, ce qui est un atout. La surface mise à disposition en automne est agrandie progressivement via les repousses derrière les parcelles fauchées : à l'automne, toute la surface en herbe peut être pâturée. Cependant, au cœur de l'été, tous les lots sont affouragés, soit avec du foin, soit avec de l'ensilage d'herbe : en Vendée, la sécheresse estivale n'est pas un aléa, elle est structurelle et les systèmes sont conçus pour la gérer. Sa durée, par contre, peut varier.

Dans ces conditions, la SFP nécessaire à l'alimentation des 285 UGB de l'exploitation est de 162 ha. Le chargement réel est alors de 1,76 UGB/ha SFP et le besoin en fourrages stockés (ensilages d'herbe et de maïs, foin de première ou de deuxième coupe) est d'environ 3,6 T de MS / UGB. Les surfaces en maïs sont de 30 ha (19% de la SFP), ce maïs est semé vers le 25 avril en partie (un tiers) derrière un ray-grass.

La SAU de 185 ha comprend aussi une petite sole céréalière de 23 ha.

## Impact tendanciel du changement climatique, dans le futur proche (2035-2064)

Projeté sur le futur par rapport à une année moyenne du futur proche, ce système n'est pas impacté négativement : il manquerait un peu d'ensilage de maïs (l'équivalent d'un demi-hectare), et par contre il apparaît un gros excédent d'ensilage d'herbe (100 T MS), ce à quoi on pouvait s'attendre compte tenu des projections avancées dans ce rapport au chapitre consacré à la prairie. Le foin étant réalisé principalement à partir des deuxièmes coupes, moins favorisées par le changement climatique, il n'apparaît pas d'excédents.

Le creux de production d'été, en principe plus accentué que celui qu'on connaît actuellement, ne pose pas de problèmes particuliers dans la mesure où les animaux étaient déjà affouragés dans la configuration de départ, ce qui constitue une grosse différence par rapport au système étudié dans la Saône-et-Loire.

## Adaptation proposée (rééquilibrage)

L'adaptation aux conditions du futur commande de mettre les animaux à l'herbe plus tôt (pousse plus précoce), ce qui fait économiser des fourrages stockés. La surface en ensilage/foin/pâturage peut être réduite de 19 ha, à condition de refaire du foin de première coupe sur 7 ha, avec la possibilité de pâturer derrière.

Cette évolution se solderait par un chargement en hausse de 9% et la libération de 14 ha au profit de la sole céréalière.

La mise à l'herbe plus précoce n'a été envisagée que pour le lot de vaches vèlant à l'automne : pour l'autre lot, il faut attendre la fin des vêlages. Le mettre à l'herbe plus tôt supposerait de décaler les vêlages vers l'hiver.

Pour ne pas gaspiller de l'herbe, il pourrait être opportun certains hivers de laisser certains lots (génisses de 2 ans par exemple) dehors. C'est cependant difficilement compatible avec l'objectif de vêlages à 2 ans, qui supposent des niveaux d'alimentation élevés.

## Impacts d'années sèches du futur (une année sur cinq)

Ce crash-test climatique doit être étudié par rapport au cas de départ, mais tel qu'il a été rééquilibré dans le futur moyen.

Il s'agit donc du système avec l'assolement ci-dessous.

Dans cette configuration, avec une sécheresse démarrant dès le mois de juin, par rapport à l'année moyenne, il manque près de 40 % des récoltes en foin (-78 T MS), 30 % de l'ensilage de maïs (-96 T MS), et seulement 6 % (-31 TMS) de l'ensilage d'herbe nécessaire, ce qui s'explique par le fait que celui-ci est réalisé majoritairement avant que la sécheresse ne sévisse. Ce calcul prend en compte les besoins pour combler aussi l'absence de ressource pâturable en fin d'été, avec des distributions de fourrages stockés, en l'occurrence principalement de l'ensilage d'herbe et du foin.

Type de surface	Nb d'ha
Surface en herbe	118,0
dont	
Uniquement pâturée	48,0
Foin puis pâturée	7,0
Ensilage foin pâture	63,0
RG - Maïs	10,0
Maïs	20,4
<b>Total SFP</b>	<b>148,4</b>
Sole de céréales à paille	37,0
<b>Total SAU</b>	<b>185,0</b>

## Adaptations et voies de sécurisation proposées

Le stock de sécurité est défini comme le stock nécessaire pour faire face aux aléas, en plus du besoin ordinaire.

Pour couvrir un déficit fourrager tel que calculé au paragraphe précédent sans recourir aux achats et sans le secours de dérobées d'automne, il faudrait imaginer disposer d'un stock de sécurité du même niveau (205 T par rapport à un besoin global annuel de 1034 T). Reconstituer ce stock de sécurité qui ne serait nécessaire qu'une année sur 5 nécessiterait en théorie de générer des excédents de récolte les quatre autres années, donc en moyenne récolter  $205/4 = 51$  T de MS chaque année en plus du besoin ordinaire. Ceci équivaut à 6 ou 7 ha de SFP. Ce calcul a été proposé au collectif d'éleveurs, car le renforcement du stock de sécurité a été une des voies évoquées.

Sauf que :

- C'est difficile à imaginer autrement que sous la forme de foin
- Et si le système devait évoluer vers une alimentation basée sur le foin, il deviendrait obligatoire de repasser sur des vêlages à 36 mois plutôt que 30.
- En système basé sur le foin, l'exposition au risque de sécheresse estivale précoce serait majorée.

De plus, cette voie est une voie lourde, qui suppose des capacités de stockage accrues, donc de l'investissement.

D'autres voies ont été évoquées.

## Leviers zootechniques

### La vente des mâles en broutards repoussés ou baby-beef au lieu de les engraisser en taurillons

Même si elle réglerait la question du déficit quantitatif et qualitatif en ensilage de maïs, à cette solution drastique les éleveurs préfèrent le maintien de l'engraissement. En effet, dans la conjoncture économique actuelle, ça paraît préférable, même en achetant le maïs qui manque.

De manière générale, au vu des rendements en maïs qui semblent devoir en moyenne se maintenir, l'engraissement n'est pas remis en cause par les éleveurs, qu'il s'agisse de finir des génisses, des mâles, ou les vaches de réforme. Par ailleurs, il y a cette sole céréalière qui permet de disposer de grain et d'accroître l'autonomie énergétique sur l'exploitation.

### L'utilisation des capacités des animaux à mobiliser leurs réserves corporelles

Si une partie des ajustements entre les besoins des animaux et des ressources fourragères temporairement en baisse doit se faire « sur le dos des animaux », ce serait sans doute d'abord au détriment des génisses, puis du lot de VA ayant le moins de besoins.

Par rapport à cette perspective, et en comparaison à d'autres races comme la Parthenaise ou la Blonde d'Aquitaine, le choix de la race Charolaise n'est pas remis en cause, au contraire : la race est réputée pour savoir faire le yo-yo, c'est-à-dire perdre de l'état corporel et le retrouver rapidement sans trop altérer les autres fonctions comme la reproduction.

### Modifier les dates de vêlage

Par rapport à un futur plus lointain, une proposition serait de recentrer les élevages sur l'été en stabulation et de les mettre à l'herbe le reste du temps, avec une production de broutards. La reproduction pourrait se faire en novembre, avec des taureaux ou de l'IA et le taureau sur les retours, les broutards seraient vendus en mai et bénéficieraient sur leurs deux derniers mois avant la vente d'une pâture de bonne qualité, favorable à la réduction de la complémentation en concentrés...

Le système en sortirait simplifié, mais au prix d'une grosse pointe de travail au moment des mises bas, fort heureusement sans la concurrence au même moment des travaux de saison.

Il s'agirait d'une évolution assez radicale, mais techniquement sans difficulté majeure : pas vraiment ce que les spécialistes appellent une évolution « de rupture », si ce n'est pour l'aval de la filière. Comment les filières d'abattage et de commercialisation d'animaux finis pourraient s'en remettre ?

## Leviers agronomiques

### La culture de dérobées d'automne, du type crucifères (navette, colza ou chou fourrager) après céréale à paille

Comme dans d'autres zones, cette possibilité est perçue comme une loterie, avec une réussite trop tributaire de la pluviométrie. « C'est le truc qui marche quand en fait, on n'en a pas besoin ». Par ailleurs, ces cultures paraissent peu favorables à la structure du sol, alors qu'elles coûtent cher en temps et en intrants.

### Autour du maïs...

La proposition de semer plus tôt des variétés plus tardives de maïs est comprise, un obstacle à sa généralisation pourrait être la pointe de travail engendrée, au moment où les vèlages ne sont pas terminés et où les ensilages précoces d'herbe sont à faire. La pratique de la culture d'un RG avant maïs interpelle davantage dans un contexte où cela pourrait pénaliser le maïs qui suit.

Le groupe d'éleveurs n'a pas évoqué l'irrigation en tant que levier de sécurisation : peut-être que personne n'imagine qu'il y ait davantage d'eau disponible pour cet usage dans le futur ?

Par contre, plusieurs connaissent les possibilités offertes par les différents sorghos, mais le BMR est jugé comme trop sensible au vent en Vendée (il verse). Le sorgho grain ensilé pourrait avoir un avenir par rapport à des maïs à 8 T de MS, les essais dans ce sens menés à Lusignan (pas très loin) sont connus de certains éleveurs.

### La culture de méteils ou de MCPI (Mélanges Céréales Protéagineux Immatures)

En remplacement du RG avant maïs et pour une récolte fin avril, cette culture, qui peut faire de bons rendements avec régularité

et de bons taux de MAT, est déjà connue dans la région. Elle ne peut remplacer le maïs dans sa fonction de fourrage énergétique pour l'engraissement, mais elle est de nature à diversifier la ressource en fourrages de qualité moyenne, par rapport aux génisses et aux vaches allaitantes. Récoltés plus tard encore, mais alors ça exclut la possibilité de faire un maïs assuré de faire un bon rendement, les MCPI peuvent faire des rendements de 9 T de MS, avec cependant un taux de MAT plus faible qu'en récolte précoce.

Dans l'hypothèse de crash climatique que nous avons simulée, le rendement des MCPI aurait été peu affecté, et s'il avait été réalisé en lieu et place d'une partie du maïs, le déficit en fourrage aurait été mieux amorti.

### Les prairies multi-espèces

Elles ont été à peine évoquées lors de la rencontre, pas parce que leur pratique est méconnue : ce serait plutôt l'inverse, personne ne sème encore des prairies mono-spécifiques à part le RG avant maïs. Il n'empêche que les PME ne constituent pas pour autant une assurance tous risques par rapport à la régularité des rendements des prairies : en Vendée, avec les niveaux de déficit hydrique atteints par endroits l'été, il n'y a pas de miracle à attendre.

### Et aussi...

La culture de la luzerne a été évoquée comme alternative pour la réalisation de stocks, mais le niveau de ses rendements sur les coupes d'été en années difficiles, bien que non nul, n'est pas convaincant. Il faut beaucoup de mécanisation par rapport à la faible biomasse récoltable : l'inverse de ce qu'on peut attendre avec les MCPI.

## À retenir

Le système vendéen est de fait déjà configuré pour encaisser une sécheresse estivale. Quand celle-ci s'aggrave, c'est la production de foin qui est affectée et celle de maïs ensilage.

La réalisation de stocks de sécurité par rapport au foin est envisageable et des solutions existent (MCPI) pour réduire les besoins en maïs.

Les ensilages d'herbe de première coupe ont tout à gagner du changement climatique en termes de rendement, et du fait de leur importance dans le système, il n'y a pas de baisse du chargement à craindre dans le futur proche, en tendance.

L'engraissement n'est pas remis en cause si le maïs est réservé aux meilleures parcelles, avec l'adaptation des itinéraires techniques.

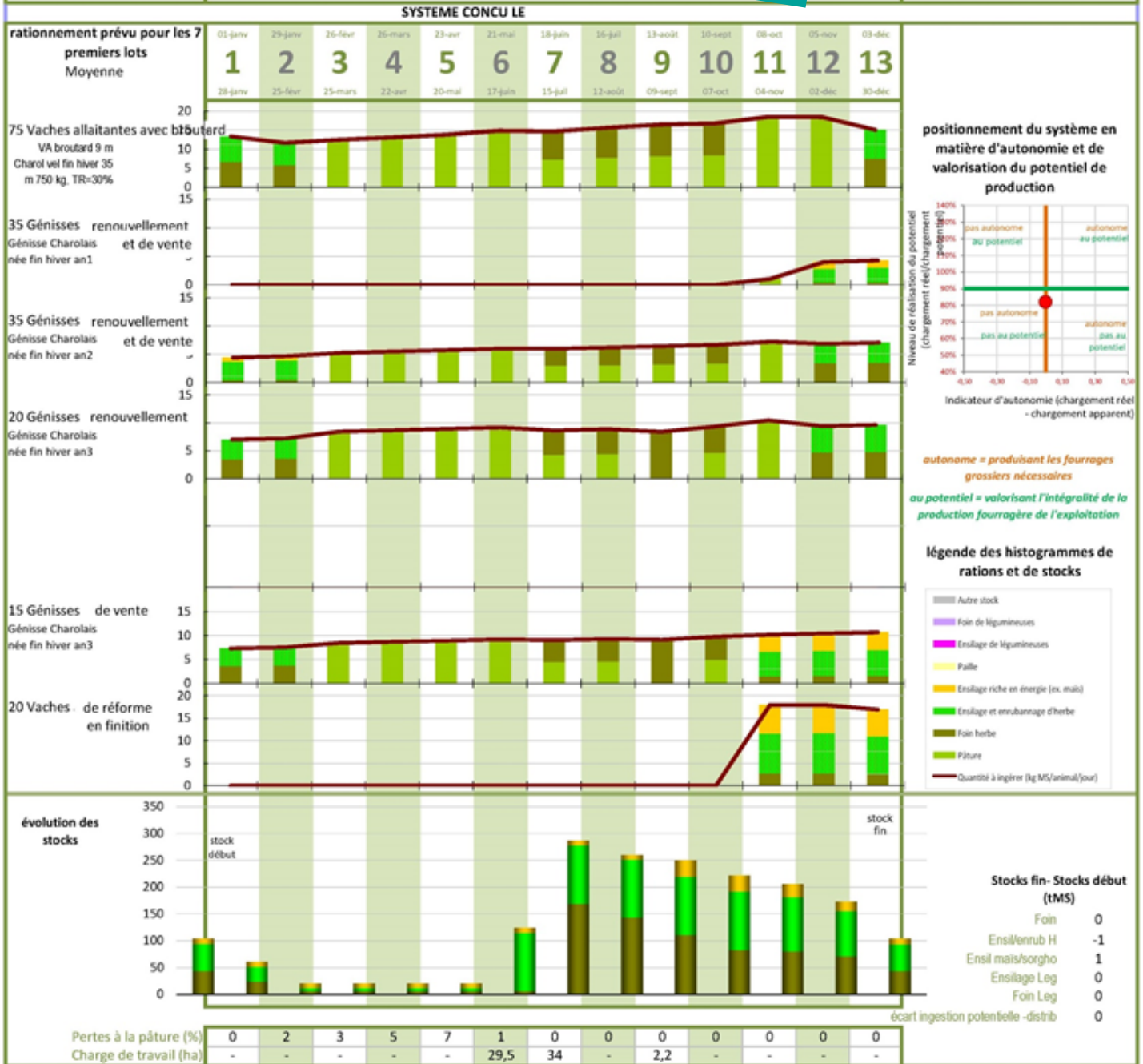
L'adaptation pourrait aussi se concevoir en véritable rupture par rapport aux pratiques actuelles, avec des vèlages d'été et une production de broutards, moyennant quand même vérifications du côté de la filière...



# Un système extensif producteur de brouards et de génisses grasses, herbager

ha	code													BILAN		
2,2	DPP semé le 25/04 sec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
22	RU + /paturage / B N	4	6	29	63	76	41	24	5	5	7	18	12	8	Nb d'UGB	134
22	RU - /paturage / B N	5	6	28	59	55	11	6	4	7	11	18	9	6	Estimation chargement SAU	1,22 UGB/ha SAU
15,5	RU+ / Dépr Ens Paturage	4	8	35	0	0	4,8	14	2	3	11	15	10	5	Chargement apparent	1,22 UGB/ha SFP
14	RU - / Dépr Ens Paturage	4	8	34	0	0,0	2,0	1	3	4	12	16	10	5	Chargement corrigé	1,22 UGB/ha SFP
17	RU - / Foin Pature B N	0	0	0	0	0	0	3,9	3	7	16	17	10	6	Fourrages récoltés	2,3 TMS/UGB
17	RU+ / Foin Pature B N	0	0	0	0	0	0	7,1	4	9	13	18	10	7	SFP/SAU	100 %

C'est avec le Rami Fourrager® qu'a été conçu le système résumé par la fiche ci-dessous, éditée à partir du module informatique de ce jeu de plateau. Pour les besoins de modélisation des systèmes Bovins Viande, ce module a été reprogrammé de manière à pouvoir prendre en compte jusqu'à 8 lots d'animaux, le système modélisé en compte 7 !



Le système extensif qui a été décrit par le deuxième groupe d'éleveurs est assez différent du premier.

Il comporte un seul lot de vaches allaitantes, qui sont maintenues à l'herbe du mois de mars au mois de novembre inclus. Il y a toutefois un apport de fourrages complémentaire (du foin) en période estivale, pour tous les lots.

Tous les mâles sont vendus en broutards, les femelles sont toutes gardées, élevées pour le renouvellement (20) et ce qui reste (15) pour la boucherie, après une période d'engraissement qui comporte de l'ensilage de maïs.

Les vaches de réforme sont également engraisées, en partie avec du maïs ensilage, mais les vaches suitées ne reçoivent l'hiver que du foin et de l'ensilage d'herbe.

Les génisses vèlent à 36 mois et le taux de renouvellement est de 30 %.

La SFP ne comporte que 2,2 ha de maïs, la surface en herbe produit du foin, uniquement en première coupe et de l'ensilage d'herbe après une période de déprimage. 40 % de la surface en herbe est uniquement pâturée. La moitié de l'exploitation est sur des sols à faible RU. La mise à l'herbe est précoce (dès que possible) et les animaux sont rentrés le plus tard possible, fin novembre.

La surface offerte au pâturage est agrandie progressivement derrière les surfaces ensilées, puis derrière les surfaces fanées.

Dans ces conditions, le système présente un chargement de 1,22 UGB/ha de SFP, et a besoin de constituer environ 2,3 T de stocks de fourrages (MS) par UGB. Un bon tiers de moins que dans l'autre système.

### Impact tendanciel du changement climatique, dans le futur proche (2035-2064)

Projeté sur le futur par rapport à une année moyenne du futur proche, ce système gagne 34 T de MS de foin, et 7 T de MS d'ensilage d'herbe et d'ensilage de maïs. Il gagne aussi des marges de manœuvre sur l'offre d'herbe pâturable, il n'est donc pas impacté négativement.

### Adaptation proposée (rééquilibrage)

L'adaptation aux conditions du futur consiste à mettre à l'herbe plus tôt, sauf le troupeau de vaches à cause des mises bas qui doivent être surveillées en stabulation.

Le creux de production d'été, en principe plus accentué que celui qu'on connaît actuellement, ne pose pas de problème particulier dans la mesure où les animaux étaient déjà affouragés à 50 % dans la configuration de départ, ce qui offrirait une marge de manœuvre : en jouant sur les reports sur pied, ça passe sans devoir affourager davantage.

Il reste ensuite à ajuster les surfaces de fauche (diminution), ce qui permet de libérer 12 ha pour produire des céréales à paille, ou plus simplement pour élever quelques vaches de plus. Cependant, le fait d'avoir une diminution de la surface qui peut compléter l'offre de pâture à l'automne (reprises derrière

fauches) tend un peu la situation par rapport au pâturage d'automne.

Réajusté ainsi, le système voit son chargement augmenter jusqu'à 1,38 UGB / ha de SFP

### Impacts d'années sèches du futur (une année sur cinq)

Comme dans le cas précédent, le crash-test climatique doit être étudié par rapport au cas de départ, mais tel qu'il a été rééquilibré dans le futur moyen.

Il s'agit donc du système avec l'assolement ci-dessous.

Dans cette configuration, avec une sécheresse démarrant dès le mois de juin, par rapport à l'année moyenne, il manque près de 26 % des récoltes en foin (-51 T MS), pas de maïs parce que sa distribution aux génisses a été diminuée, et aussi 23 % de l'ensilage d'herbe nécessaire (-25 T).

Type de surface	Nb d'ha
Surface en herbe	96,2
dont	
Uniquement pâturée	44,0
Foin puis pâturée	27,0
Déprimé, ensilé puis pâturé	25,0
Maïs	1,8
<b>Total SFP</b>	<b>98,0</b>
Sole de céréales à paille	12,0
<b>Total SAU</b>	<b>110,0</b>

La diminution de l'ensilage aurait été moindre, sur cette année de sécheresse, s'il n'y avait pas eu de déprimage.

Ce calcul prend en compte les besoins pour combler aussi l'absence de ressource pâturable en fin d'été, et fin d'automne, avec des distributions d'ensilage d'herbe et du foin.

### Adaptations et voies de sécurisation proposées

La réalisation d'un stock de sécurité dans les conditions de ce système n'est pas apparue insurmontable aux éleveurs, elle est leur voie de sécurisation habituelle, notamment quand ils sont en Agriculture Biologique.

Dans le cas présent et par rapport à l'accident climatique traité, ce stock de sécurité correspondrait à environ 45 jours d'avance, et c'est ce dont disposent déjà les éleveurs prévoyants. Dans ce système, ça équivaut à avoir 2 ou 3 ha d'excédent par rapport aux besoins habituels en année moyenne, dans l'hypothèse d'une sécheresse une année sur cinq. Les problèmes pourraient venir quand se succèdent deux années de sécheresse : il n'est alors pas possible de reconstituer le stock de sécurité. De telles séquences sont déjà arrivées par le passé.

Même avec ce puissant levier de sécurisation, on ne peut donc pas se dispenser de réfléchir à d'autres voies.

### Raccourcir le cycle de production des génisses

Passer de 36 mois à 24 mois permet sur le papier de mobiliser moins de ressources, mais pour les éleveurs, ce n'est pas une bonne idée : le système y perdrait en souplesse : capacité à mobiliser les réserves des animaux et à faire de la croissance compensatrice, capacité à aller chercher l'herbe là où elle se trouve même si la qualité n'est pas optimale...

### L'utilisation des capacités des animaux à mobiliser leurs réserves corporelles

Dans ces systèmes, ça reste un levier.

### Modifier les dates de vêlage

Les vêlages se font en fin d'hiver, il pourrait y avoir un intérêt à les décaler d'un mois pour mieux profiter de la pousse plus précoce des prairies, c'est déjà ce que font certains éleveurs.

### La culture de dérobées d'automne, du type crucifères (navette, colza ou chou fourrager) après céréale à paille

Le jugement par rapport à ces outils agronomiques reste sévère: des dépenses et du travail pour un résultat pour le moins aléatoire. Seule la réglementation (ne pas laisser le sol nu) serait un bon argument en faveur de ces cultures.

### Autour du maïs...

Il y a vraiment très peu de maïs dans ce système. Certains éleveurs ont été tentés par les sorghos fourragers, mais ce n'est pas une alternative au maïs pour une utilisation en engraissement.

### La culture de méteils ou de MCPI (Mélanges Céréales Protéagineux Immatures)

Dans ces systèmes où on cherche aussi à labourer au minimum et à limiter les intrants, il n'a pas été question de méteil.

## Conclusion générale

Les impacts du changement climatique sont zootechniques et agronomiques. Ces derniers sont les mieux connus et les plus faciles à étudier.

La mise en œuvre de simulateurs de culture permet de visualiser des conséquences qui sont difficiles à imaginer au seul niveau des moyennes de températures ou de pluviométrie. Sans revenir sur le détail, on ne manquera pas de retenir qu'à côté des impacts négatifs (accroissement des sécheresses et températures excessives) peuvent exister des impacts plus positifs (effet du CO<sub>2</sub> sur l'efficacité de la photosynthèse, possibilités de mettre à l'herbe plus tôt du fait des températures) qui arrivent à compenser : au final et du moins par rapport au futur proche, il n'y a pas de tendance à la baisse des rendements ou du chargement dans cette région de Vendée.

Pour les deux systèmes étudiés, des pistes de sécurisation ont été étudiées : stock de sécurité dans les systèmes extensifs, cultures alternatives dans les systèmes plus intensifs, combinés avec parfois des modifications des choix zootechniques : dates de vèlages, mobilisation des réserves corporelles...

Souvent les adaptations passeront par un mix de différents leviers, et parfois par des adaptations plus radicales, souvent qualifiées de « ruptures » comme le retour à la production de broutards avec des vèlages centrés sur l'été : un système qui n'existe pas, mais auquel il faudra peut-être s'intéresser.

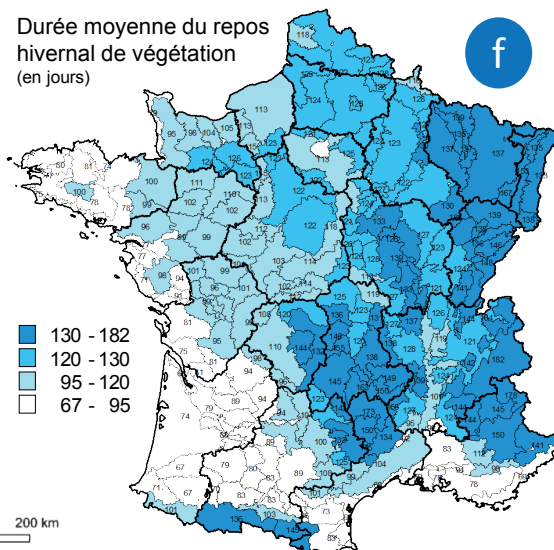
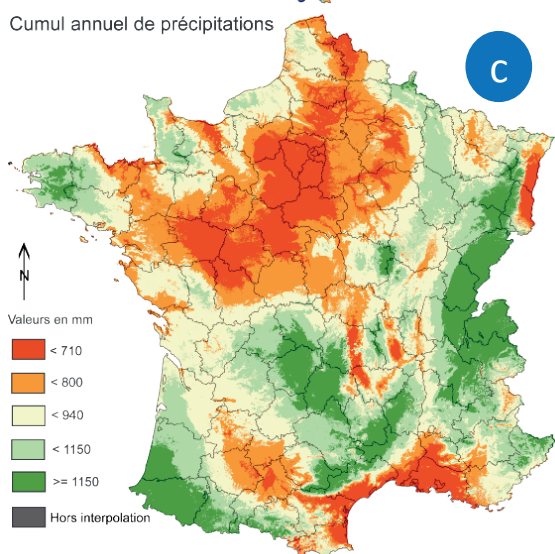
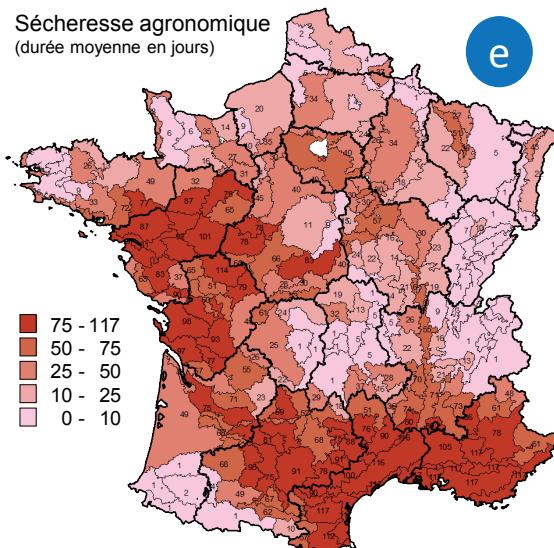
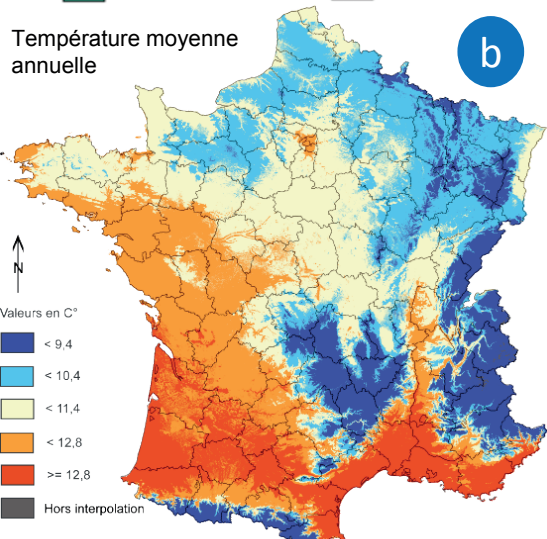
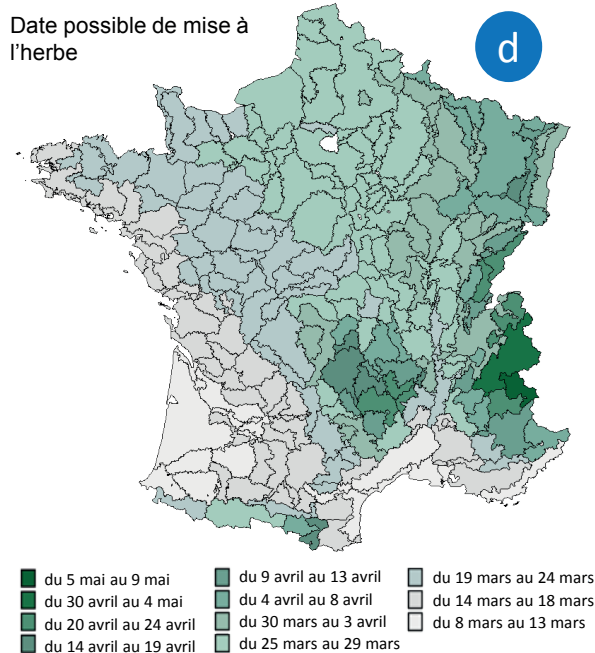
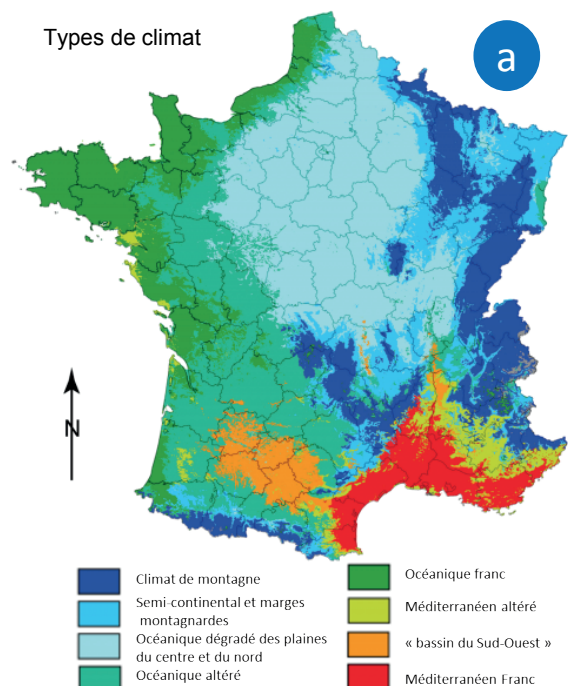
Lors de nos rencontres avec les éleveurs, nous n'en avons pas rencontré de défaitistes par rapport au changement climatique : tous ont déjà quelques leviers d'adaptation en main, et se préparent à en imaginer d'autres : peut-être avons-nous rencontré des éleveurs en avance par rapport à la prise en compte du changement climatique, peut-être est-ce une facette du dynamisme vendéen qui est connu et reconnu jusqu'à Toulouse, peut-être est-ce aussi le résultat du fait qu'en France, la Vendée, proche de la mer qui tamponne les sautes de température, mais déjà habituée à la sécheresse estivale, n'est pas la zone la plus affectée par le changement climatique. La vérité est certainement une somme de tout cela et ça permet d'envisager l'avenir de l'élevage dans cette zone de manière plutôt optimiste.

Le projet Climaviande comportait l'élaboration de plusieurs outils en plus de cette synthèse finale.

Le projet a permis de se faire rencontrer les spécialistes de l'Institut de l'Élevage, les techniciens et conseillers de Vendée et des éleveurs très motivés.

Il faut bien sûr maintenant toucher davantage d'éleveurs, ce qui suppose l'appropriation des outils, références et exposés conçus et délivrés au cours des 18 mois qu'a duré l'étude. Cette nouvelle phase, hors projet, est démarrée : des présentations des travaux ont été faites au niveau de la Chambre d'Agriculture, des formations pourraient être programmées.

## Annexe 1 : 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<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.

Pour en savoir plus :

Baptiste Cornette, Chambre d'Agriculture Pays de la Loire : [baptiste.cornette@pl.chambagri.fr](mailto:baptiste.cornette@pl.chambagri.fr)

Jean-Christophe Moreau, Institut de l'Élevage : [jean-christophe.moreau@idele.fr](mailto:jean-christophe.moreau@idele.fr)

Caroline Guinot, INTERBEV : [c.guinot@interbev.fr](mailto:c.guinot@interbev.fr)

Auteurs : Jean-Christophe Moreau et Aurélie Madrid (IDELE, service fourrage), Baptiste Cornette, Grégoire Dufour (Chambre d'Agriculture Pays de la Loire)

Avec le soutien de : Data'Stat-IDELE (calculs indicateurs agro-climatiques), ARVALIS (paramétrage du maïs), Françoise Ruget (INRA), Météo France pour le calcul de l'ETP et la fourniture de donnée sur DRIAS et Agri4cast.

Crédit photo : INTERBEV / Photographe : Raphaël AUVRAY

***Les informations contenues dans cette publication ont été obtenues dans le cadre d'une étude financée par INTERBEV. La méthodologie initiale de l'étude avait été mise au point dans le cadre du projet CLIMALAIT.***

