



## Préparation de la production fourragère au changement climatique

### Auteurs

Eric Mosimann, Nadège Bossuyt et David Frund

### Associés

Zoé Vuffray, Alexandre Bittar, Pierluigi Calanca, Marco Meisser,  
Didier Peguiron, Pascal Rufer et Michel Amaudruz

Projet mis en œuvre dans le cadre du programme pilote Adaptation aux changements climatiques, soutenu par l'Office fédéral de l'agriculture. Seuls les auteurs du rapport portent la responsabilité de son contenu.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,  
de la formation et de la recherche DEFR  
**Office fédéral de l'agriculture OFAG**

## Impressum

Mandataire:	Office fédéral de l'agriculture OFAG, 3003 Berne
Groupe d'accompagnement:	Daniel Felder, OFAG, Secteur Systèmes agro-environnementaux aux et éléments fertilisants Stéphane Teuscher, Directeur, ProConseil VD Samuel Forestier, Service de l'agriculture et de la viticulture VD Michel Amaudruz, Agridea Lausanne
Chef de projet	Eric Mosimann, Agroscope
Mise en page:	Agroscope
Photos:	Eric Mosimann, Agroscope
Copyright:	© Agroscope 2016
ISSN:	2296-729X (online)
ISBN:	978-3-906804-37-8

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>4</b>
1.1	Changement climatique et élevage .....	4
1.2	Programme pilote de la Confédération .....	4
1.4	Objectifs et public cible de l'étude .....	5
1.5	Déroulement du projet .....	6
1.6	Partenaires du projet .....	6
<b>2</b>	<b>Etat des lieux et problématique.....</b>	<b>7</b>
2.1	Production fourragère et élevage laitier .....	7
2.2	Production fourragère et changements climatiques.....	7
<b>3</b>	<b>Méthodes.....</b>	<b>9</b>
3.1	Choix des surfaces expérimentales de prairies et de pâturages .....	9
3.2	Dispositifs de mesure des prairies de fauche .....	9
3.3	Dispositif de mesure des pâturages .....	11
3.4	Cultures fourragères.....	11
3.5	Enquêtes auprès des producteurs.....	12
<b>4</b>	<b>Résultats et conséquences pratiques .....</b>	<b>13</b>
4.1	Caractéristiques de la zone d'étude .....	13
4.2	Gestion des prairies de fauche .....	15
4.3	Gestion des pâturages et des alpages .....	20
4.4	Utilisation du modèle ModVege et perspectives .....	23
4.5	Choix des cultures fourragères.....	25
4.6	Impact de la sécheresse sur le bilan fourrager .....	27
<b>5</b>	<b>Synthèse.....</b>	<b>31</b>
5.1	Perception du changement climatique par les éleveurs .....	31
5.2	Conséquences de la sécheresse de 2015 sur les pratiques.....	31
5.4	Mise en pratique des stratégies d'adaptation .....	33
5.5	Mise en place d'un observatoire de l'herbe .....	34
<b>6</b>	<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>35</b>

# 1 Introduction

Ce rapport se base sur des mesures et des enquêtes réalisées de 2014 à 2016, années très contrastées en termes de conditions météorologiques. Il intervient dès lors dans un contexte où le changement climatique, la sécheresse en particulier, suscite un réel débat dans les campagnes. Le manque de fourrage concerne particulièrement la région du Pied du Jura et exige la recherche de solutions. Le projet « Préparation de la production fourragère au changement climatique » s'est déroulé dans le Canton de Vaud, en collaboration étroite avec le réseau d'exploitations laitières « Progrès-herbe ». Les études conduites par Agroscope ont bénéficié de l'appui de ProConseil (identification des besoins des praticiens) et du Canton de Vaud (analyse des fourrages).

## 1.1 Changement climatique et élevage

En Suisse, les températures ont augmenté d'environ 1.7°C en 150 ans et les conditions climatiques continueront de se modifier à l'avenir. L'adaptation aux conséquences de ces changements va ainsi croître en importance. Pour l'élevage bovin, l'effet de la sécheresse sur la production des fourrages est des plus alarmants. La production des prairies est diminuée en période de sécheresse et ce d'autant plus dans l'arc jurassien, zone particulièrement vulnérable au déficit hydrique, en raison de la nature filtrante de ses sols. D'ailleurs, les besoins en eau d'irrigation y sont les plus élevés du pays (Fuhrer et Jasper, 2009). Selon les estimations des agro-météorologues, la zone climatique méditerranéenne monte progressivement du sud de la France vers le nord, en suivant le Rhône, et devrait atteindre Lyon au cours des prochaines décennies (Lelièvre et al., 2009). Les pistes d'adaptation expérimentées dans les régions septentrionales captent de plus en plus l'attention des éleveurs concernés par ces changements. Divers leviers peuvent être mis en œuvre selon des échéances très variables. A court terme, les achats de fourrage sont le plus souvent privilégiés. Cette logique conduit peu à peu à une perte d'autonomie et remet en question la traçabilité de la production. Les filières du fromage et du lait industriel de la région d'étude souhaitant renforcer le lien à l'herbe et au terroir, d'autres pratiques plus durables doivent être développées, en particulier dans la gestion des herbages et des cultures fourragères.

## 1.2 Programme pilote de la Confédération

La loi sur le CO<sub>2</sub> attribue à la Confédération la responsabilité de coordonner les mesures d'adaptation, ainsi que de préparer les bases nécessaires (art. 8). La stratégie d'adaptation aux changements climatiques adoptée par le Conseil fédéral en mars 2012 crée le cadre approprié pour relever ces nouveaux défis.

L'adaptation aux changements climatiques constitue un thème nouveau pour les cantons, les régions et les communes. Aussi, un programme a-t-il été mis sur pied afin d'initier et de mettre en œuvre des projets pilotes locaux. Ce programme est coordonné par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP), l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), l'Office fédéral de l'aménagement du territoire (ARE) et l'Office fédéral vétérinaire (OVF). Le projet «Préparation de la production fourragère au changement climatique» relève du cluster «Gestion des modifications écosystémiques et de l'utilisation des terres».

A travers le programme pilote, l'OFAG veut disposer de références utiles à l'évolution de la politique agricole compte tenu du risque accru de sécheresse. De nouvelles connaissances sont requises afin de soutenir le développement de systèmes de culture et d'exploitation des herbages adaptés à ce contexte. Les pistes d'adaptation étudiées à travers cette étude visent une gestion respectueuse de l'environnement et des ressources naturelles. L'innovation doit également conduire à atténuer la production de gaz à effets de serre. Enfin, le projet propose une démarche de recherche appliquée dans laquelle les principaux acteurs de la pratique sont impliqués.

### 1.3 Contexte de l'étude

La région pilote s'étend du Plateau (400 m) aux zones d'estivage (1300 m) du Jura vaudois, où les sols filtrants (karstiques) accentuent les effets d'un déficit hydrique. Ce gradient d'altitude s'étend sur une distance d'environ 20 km qui sépare les zones de grandes cultures et vignes des alpages à flore variée. Il s'accompagne d'une grande gamme de variation des précipitations et de la température (écarts moyens de 800 à 1600 mm/an et zones thermiques chaudes à très rudes). Par sa vulnérabilité et sa diversité, cette région pilote constitue donc une base solide pour anticiper les effets du changement climatique à plus large échelle. Le principal impact attendu dans les exploitations laitières concerne la difficulté de valoriser les pâturages en été et de reconstituer des stocks de fourrages pour l'hiver. La situation préoccupe une grande part des éleveurs dont le lait est transformé en fromage Gruyère AOP ou en Vacherin VMO AOP (interdiction d'ensilage et part minimale de 70% de la ration provenant de l'exploitation). Les producteurs de lait de centrale (Prolait) sont également attentifs à garantir la traçabilité de leur produit, en limitant notamment la distance du lieu de provenance des fourrages. Le projet s'adresse donc à l'ensemble des producteurs laitiers du canton, en développant des solutions locales et adaptées au CC.

Aujourd'hui, la disparition des fermes traditionnelles mixtes a conduit à une augmentation des effectifs de bétail des exploitations d'élevage. La pression du marché provoque de nombreux cas d'abandon de la production laitière, voire de toute production herbivore. Le lait d'industrie (ensilage) est actuellement soumis aux prix les plus bas connus à ce jour. Depuis peu, Prolait cherche de nouveaux marchés à l'étranger, dans le haut de gamme et avec la notoriété de la qualité suisse (à titre d'exemple, la Suisse est le seul pays européen exigeant des aliments pour le bétail exempts d'OGM). A sa demande, une étude conduite par HAFL montre que la ration des vaches des exploitations livrant leur lait chez Prolait dans le canton de Vaud comprend, en moyenne, 30% de maïs plante entière (Cutullic et al., 2013). Cette extension récente s'est non seulement faite dans les exploitations d'ensilage, mais également dans celles dont le lait est transformé en fromagerie. Pour les premières, le maïs plante entière est une base importante de la ration tout au long de l'année. Pour les autres, il est récolté et distribué directement au bétail en fin d'été, comme complément à l'herbe pâturée. Cette pratique est d'autant plus appréciée qu'elle coïncide avec le début de la fabrication du Vacherin MO. De fait, le vêlage et la lactation des vaches de cette filière sont réglés pour produire beaucoup de lait en fin de saison. L'utilisation de correcteurs azotés (pour équilibrer la valeur nutritive du maïs) et la réduction des surfaces de céréales fourragères (-40% en 20 ans) se sont accompagnées d'une augmentation des importations d'aliments pour animaux. Les fourrages n'échappent pas non plus à cette tendance, avec des transports provenant de France voisine. Après la sécheresse de 2015, les importations de foin ont atteint près de 165'000 tonnes, soit une quantité correspondant à la ration annuelle de 33'000 vaches (Uniterre). Dans les montagnes du Jura vaudois, où les vaches laitières représentent 20% des bovins estivés, l'herbe est également impactée par la sécheresse. De plus, l'abreuvement des troupeaux et les quantités importantes d'eau nécessaires à la fabrication du fromage ont impliqué, en été 2015, le déclenchement d'un dispositif ORCA d'approvisionnement par hélicoptère. Un important travail est donc à fournir pour optimiser l'exploitation des ressources fourragères existantes et améliorer l'autonomie alimentaire des systèmes laitiers.

### 1.4 Objectifs et public cible de l'étude

Pour améliorer l'autonomie fourragère, il convient de caractériser les systèmes d'exploitation et le potentiel de production permis dans les diverses zones climatiques du Pied du Jura. L'objectif principal est d'identifier les bonnes pratiques de gestion des herbages en conditions sèches. Il se décline en quatre objectifs opérationnels :

1. Caractériser le potentiel de production des herbages au sein de la région, en particulier sous diverses conditions d'altitude et de disponibilité en eau. Définir des règles de gestion des prairies et des pâturages compte tenu de la saisonnalité de la production. Etablir une stratégie d'amélioration de l'approvisionnement en fourrages des herbages, sous contrainte de sécheresse.

2. Tester l'aptitude des cultures fourragères annuelles et des mélanges graminées-légumineuses à compléter l'offre herbagère. Constituer une liste des cultures et des mélanges fourragers adaptés aux conditions de sécheresse.
3. Estimer la pertinence des solutions proposées sous l'angle de la mutualisation des ressources fourragères. Fournir des données utiles à la promotion des produits laitiers (cahier des charges AOP, labellisation, traçabilité), ainsi qu'à la consolidation de la filière laitière de la région. Mettre en confiance les producteurs à travers des échanges gagnant-gagnant.
4. Inscrire dans la durée un réseau de parcelles servant au diagnostic de la production herbagère dans la région pilote et de système d'alerte sécheresse.

Le projet s'adresse prioritairement aux producteurs de fourrage, qu'ils soient éleveurs ou non. Il est également destiné aux interprofessions de la filière laitière (Prolait, Gruyère AOP), ainsi qu'aux organismes concernés par les statistiques de production fourragère (OFAG, Suisse Grêle). Les produits suivants sont développés : outil servant au diagnostic de la production fourragère, chronique saisonnière dans la presse agricole (météo des prés), journées d'information, conseil pâture en saison et animation de groupes d'intérêt, guide des bonnes pratiques fourragères dans un contexte de sécheresse.

## 1.5 Déroulement du projet

Les exploitations ont été choisies selon deux niveaux de sélection. D'une part, les principales conditions naturelles de la région pilote devaient être couvertes. D'autre part, la priorité a été donnée aux exploitations participant simultanément à l'un ou l'autre des deux projets suivants : Progrès-herbe (soutien aux producteurs de lait vaudois dans leur démarche d'optimisation des fourrages locaux<sup>1</sup>) et GrassAlt (effets de l'altitude et de l'exploitation sur la résistance et la résilience des herbages permanents à la sécheresse<sup>2</sup>). Des actions ont été menées au sein du réseau d'exploitation sous la forme d'enquêtes ou d'expérimentations. Les mesures visant à caractériser la production des prairies et des pâturages ont été réalisées durant les trois années du projet (2014 à 2016). Plusieurs des parcelles de pâturage avaient en outre déjà été mesurées dans un passé antérieur au projet. Ces données ont permis de constituer la base pour développer un modèle agro-climatique dès 2016. Les semis de mélanges pérennes ont été effectués en 2014 et observés durant les deux années suivantes. Les variantes de cultures dérobées et de cultures annuelles ont été expérimentées en 2015 et en 2016. Des enquêtes auprès des producteurs ont été menées en 2016. Les activités du projet ont été convenues en interaction régulière avec les conseillers et les praticiens. Le concept de communication comprenait les actions suivantes :

1. Météo des prés publiée une à deux fois par mois dans le journal Agri dès 2014. Les données du projet ont été utilisées pour formuler des recommandations saisonnières d'alimentation animale et de gestion herbagère.
2. Visites culturelles et journées techniques pour agriculteurs. Elles ont été organisées avec ProConseil, ADCF et Agridea sur des thèmes tels que la valorisation des fourrages conservés en hiver, la gestion du pâturage en été ou l'utilisation des cultures dérobées en automne. Deux journées techniques, adressées à un public plus large, ont été organisées en 2015 au sujet de la sécheresse.
3. Séminaire «définition des stratégies fourragères en zone sèche», le 25 août 2016 à Changins, avec les partenaires du projet et des acteurs agricoles de la région d'étude. Après une présentation des premiers résultats, les pistes d'adaptation ont été discutées.

## 1.6 Partenaires du projet

Le projet était porté par Agroscope, Institut des sciences en production animale (Mosimann Eric, Responsable du groupe de recherche Systèmes pastoraux à Changins). Il s'est déroulé en

---

<sup>1</sup> <http://www.progres-herbe.org/>

<sup>2</sup> <http://p3.snf.ch/Project-156282>

partenariat avec ProConseil (Stéphane Teuscher, directeur, Didier Peguiron et Pascal Rufer, conseillers agricoles). Il a impliqué la collaboration de la plupart des acteurs de la production fourragère dans la région d'étude : ADCF, SAVI (Canton de Vaud), Agridea, commerce des semences et agriculteurs du réseau. Quatre travaux de Master EPFL (laboratoire ECOS) et AgroCampus Ouest (F) ont été réalisés dans le cadre du projet (Wirthner, 2014 ; Dussouiller, 2014 ; Vuffray, 2015 et Bossuyt, 2015).

## 2 Etat des lieux et problématique

### 2.1 Production fourragère et élevage laitier

En Suisse, le lait est le principal produit de l'agriculture, la ration des vaches comprend plus de 70% d'herbe et 70% de la surface agricole utile (SAU) sont des prairies et des pâturages (USP, OFAG). Les conditions naturelles ont de tout temps contribué à associer les vertes prairies à l'image du pays. Sur le Plateau, les précipitations plutôt abondantes permettent une production d'herbe régulière durant toute la saison. En montagne, le relief escarpé, exclut souvent toute autre forme d'utilisation des terres agricoles et explique la part prépondérante des surfaces herbagères. Les communautés végétales, très variables selon l'altitude et les sols, exigent des pratiques d'exploitation différenciées pour maintenir leur équilibre botanique et leur productivité. Outre le fourrage destiné aux herbivores, les herbages améliorent la stabilité des sols (érosion, compaction) et de l'écosystème (résilience), la biodiversité et l'esthétique des paysages (Bosshard, 2016). D'autres services de régulation des relations biotiques leur sont attribués, agissant sur la qualité du sol, de l'eau et de l'air (Amiaud et Carrère, 2012). Ainsi, la multifonctionnalité des prairies et des pâturages permet de concilier des objectifs de production et de préservation de l'environnement (Huygues et al., 2005). Dans les conditions suisses, l'herbe pâturée est plus avantageuse que le fourrage conservé ou les concentrés. Une production de lait basée sur la pâture, avec des vaches physiologiquement bien adaptées à ce mode d'alimentation, permet une productivité à l'hectare élevée (Thomet et al., 2002). Son efficacité, en termes de revenu du travail notamment, est supérieure à celle des systèmes construits sur un affouragement à la crèche (Hofstetter et al., 2011). De plus, les besoins du pays en lait pourraient même être couverts sans recourir aux aliments concentrés (Baumgartner, 2016). Ainsi, plusieurs arguments – alimentaires, écologiques mais aussi économiques – justifient le maintien d'une culture forte de l'herbe. D'ailleurs, depuis 2014, des mesures d'encouragement ont été mises en place par l'OFAG pour soutenir les systèmes de production de lait et de viande basée sur les herbages (PLVH, au moins 75% de fourrages issus des prairies dans la ration).

Toutefois, le cheptel suisse est l'un des plus denses en Europe, avec en moyenne 1.7 UGB/ha (OFAG). Pour de nombreuses exploitations, la charge a atteint un seuil critique qui remet en question les logiques de production des fourrages. Lors des années sèches, la croissance de l'herbe des pâturages se ralentit voire s'interrompt et, en compensation, les troupeaux sont nourris à la crèche, principalement avec du foin et du maïs frais complété par des protéines, pour la plupart importées.

### 2.2 Production fourragère et changements climatiques

Il est attendu que le réchauffement provoque un rallongement de la durée de la période de végétation. Cette tendance a récemment été vérifiée par les observations phénologiques organisées par l'ADCF en Suisse romande (Amaudruz M. et al., 2016). Le démarrage des plantes est de plus en plus rapide au printemps. En 21 ans, l'épiaison du dactyle (*Dactylis glomerata*) a gagné 6 jours en plaine (Vuffray et al (2016)). Malgré des conséquences plutôt positives en termes de production herbagère, les variations interannuelles de la météo au printemps tendent à s'amplifier, rendant difficile les décisions de pâturage et de récolte.

Les projections climatiques indiquent une augmentation significative des températures (surtout en été), une diminution des précipitations (sauf en hiver). L'analyse des sécheresses récentes montre

que les systèmes herbagers sont vulnérables, malgré la capacité de récupération assez remarquable des prairies (Lemaire, 2007). Les mécanismes de résistance et de résilience des plantes des prairies et de leurs communautés sont bien décrits par divers travaux de recherche. Dans la région d'étude, des essais de simulation de sécheresse précisent les réponses des pâturages de montagne soumis à une sécheresse estivale sévère (Meisser et al., 2013). Outre d'importantes baisses de rendement, le stress hydrique a également des impacts sur les teneurs en nutriments et la valeur nutritive du fourrage, en lien avec le ralentissement général du métabolisme des plantes et de l'activité microbienne du sol. De plus, les parcelles pâturées, caractérisées par un couvert plus ras souffrent davantage du sec que les parcelles fauchées.

Les zones d'estivage demeurent intéressantes en année sèche. Leur altitude plus élevée permet de décharger les pâturages de plaine soumis aux canicules et à un arrêt de production d'herbe en été (même s'il faut parfois, comme en 2015, affourager à crèche aussi à l'alpage). Par exemple, en été 2003 et au printemps 2011, les sécheresses ont provoqué une diminution de 40 % du rendement annuel sur les pâturages situés au Pied du Jura (Mosimann et al., 2012). Enfin, les sécheresses rendent de plus en plus difficile la mise en place et le maintien de l'équilibre botanique des prairies temporaires.

Dans le contexte des sécheresses annoncées, les pistes d'adaptation élaborées dans des régions plus septentrionales revêtent un intérêt capital. La figure 1 illustre les diverses mesures d'ordres agronomique et zootechnique proposées au Sud de la France pour sécuriser les systèmes fourragers.

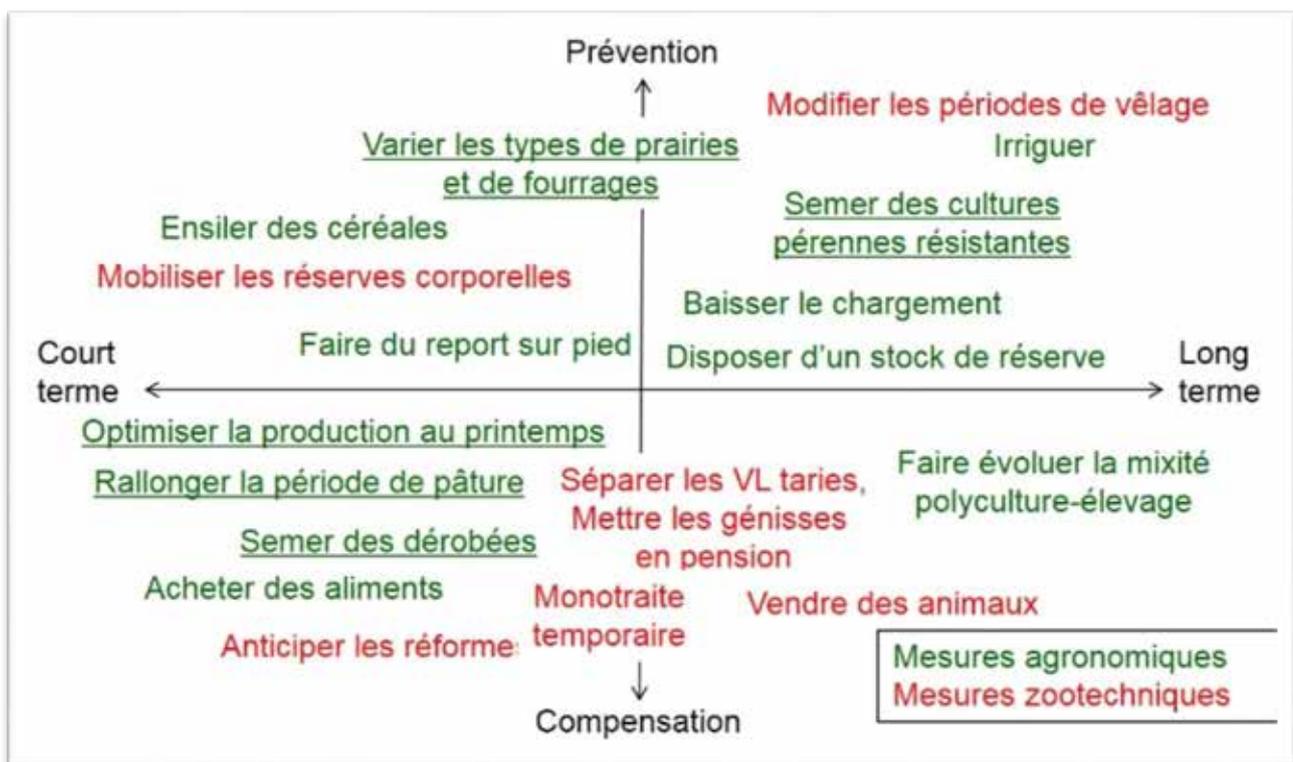


Figure 1. Mesures de sécurisation des systèmes d'élevage par rapport à la sécheresse, positionnées selon leur échéance (axe horizontal) et le degré d'anticipation (axe vertical). Les mesures d'ordre agronomique soulignées ont été expérimentées dans le projet. Les autres mesures ont été discutées lors des entretiens avec les éleveurs et lors d'un séminaire avec les partenaires du projet. Adaptation du schéma de Moreau et al. (2014).

## 3 Méthodes

### 3.1 Choix des surfaces expérimentales de prairies et de pâturages

L'altitude et les conditions de température ont été prises en compte pour échantillonner la zone d'étude (figure 2). Les deux formes de conservation des fourrages coexistent (systèmes ensilage et foin), quelle que soit l'altitude de la SAU, les prairies de fauche n'étant pas présentes en zone d'estivage.

Les exploitants impliqués dans le projet ont désigné les prairies contribuant le plus à l'affouragement de leur troupeau laitier, en pâturage comme en fauche. Il en est ressorti un choix de parcelles fertiles où l'intensité d'exploitation était plutôt élevée. Un indice de nutrition azotée (NI) a été attribué sur la base des analyses fournies par les exploitants, bien que certaines dataient de plus de 10 ans. Il est également apparu que les surfaces de fauche étaient, pour la plupart, des prairies temporaires semées pour une durée inférieure à trois ans. A l'inverse, les pâturages destinés aux vaches laitières étaient généralement des herbages permanents ou d'anciens semis âgés de plus de trois ans. Le choix s'est donc fait selon deux catégories d'âge : moins de trois ans et plus de trois ans / prairies permanentes.

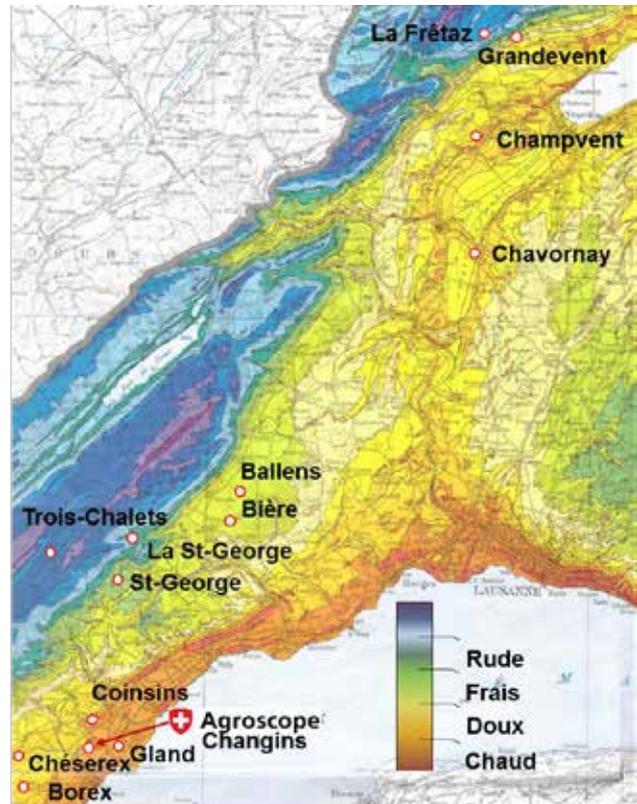


Figure 2. Localisation des sites expérimentaux sur la carte des niveaux thermiques (Schreiber et al., 1977).

Enfin, un secteur homogène et représentatif de la végétation d'environ 200 m<sup>2</sup> a été délimité pour placer les dispositifs de mesures spécifiques aux prairies de fauche (voir chapitre 3.2) et aux pâturages (voir chapitre 3.3). Une liste des espèces présentes et un relevé botanique ont été effectués de manière à caractériser la végétation de chaque surface expérimentale. Les proportions des groupes d'espèces (graminées, légumineuses et autres plantes) ont servi de critère pour classer les prairies et les pâturages (Daccord et al., 2006). La profondeur de sol a été mesurée avec une sonde dans chaque dispositif. Les rendements mesurés dans les dispositifs (prairies de fauche et pâturages), ainsi que les données météorologiques propres à chaque site ont servi au contrôle et à l'amélioration du modèle ModVege (Calanca et al., 2016).

### 3.2 Dispositifs de mesure des prairies de fauche

Les essais sur les prairies de fauche étaient constitués de petites parcelles exploitées selon diverses modalités et répétées 3 à 4 fois de manière randomisée. Les récoltes ont été effectuées avec une tondeuse à main (parcelles de 1m<sup>2</sup>, 4 répétitions, figure 3) en 2014 et en 2015, puis avec une motofaucheuse (parcelles de 10 m<sup>2</sup>, 3 répétitions, figure 4) en 2016. Elles ont été pesées et échantillonnées pour calculer le rendement en matière sèche (MS) et analyser la valeur nutritive. Avant les récoltes, le stade de développement et les proportions de graminées, légumineuses et autres plantes ont été appréciés visuellement pour permettre une détermination précise de la valeur nutritive (valeur calculée sur la base d'équation en fonction du stade et du type de prairie).



Figure 3. En 2014 et 2015, dispositif de mesure des prairies de fauche constitué de parcelles de 1m<sup>2</sup> récoltées avec une cisaille électrique



Figure 4. En 2016, dispositif de mesure des prairies de fauche constitué de parcelles de 10 m<sup>2</sup> récoltées avec une motofaucheuse.

L'exploitation des prairies de fauche en conditions sèches suscite des questions autour de la date de première coupe et de la gestion des repousses en été. Les dispositifs ont été différenciés de manière à préciser les deux facteurs d'influence suivants :

1. Indicateurs météo permettant d'optimiser la production au printemps.

Face au risque de sécheresse, deux stratégies sont appliquées au printemps par les agriculteurs. L'une se base sur une coupe tardive, début juin, pour sécuriser le rendement. L'autre vise une exploitation plus précoce, au début de l'épiaison du dactyle, soit à la mi-mai, pour favoriser la qualité du fourrage. L'évolution de la végétation au printemps dépend surtout des températures (Lemaire et Salette, 1984). Les dispositifs ont été équipés d'une sonde de mesure et les sommes de températures ont été calculées à partir des relevés moyens journaliers. Le cumul de ces moyennes a été réalisé à partir du 1<sup>er</sup> février. Toutes les moyennes inférieures à 0° ont été lissées à 0°C et celles supérieures à 18°C bloquées à 18°C. 16 prairies en 2014 et 12 prairies en 2015 ont été mesurées chaque semaine au cours de la première pousse, de mi-mars à mi-juin.

## 2. Mode d'utilisation permettant d'optimiser la production annuelle.

En été, est-il opportun de faucher de l'herbe sèche ou faut-il attendre qu'elle reverdisse ? Quel est le temps de repos indiqué pour maximiser le rendement annuel ? Des mesures ont été réalisées sur l'ensemble de la saison de végétation (de mi-mars à mi-octobre) afin de répondre à ces questions. Divers modes de gestion annuels ont été testés en 2015 (12 prairies) et en 2016 (6 prairies). Les variantes expérimentées concernaient les dates de première coupe et les temps de repousse en été.

### 3.3 Dispositif de mesure des pâturages

Comme pour les prairies de fauche, les essais sur les pâturages avaient pour but de rassembler des données sur la production des prairies en lien avec le risque climatique. En 2015 et 2016, dans trois lieux, une comparaison a été effectuée entre deux variantes d'approvisionnement en eau : témoin (conditions de pluviométrie du site) et sec (simulation d'une sécheresse sévère à l'aide de tunnels maraîchers durant 8 semaines en été) (figure 5). Les mesures de rendement ont servi au calibrage du modèle ModVege (Calanca et al, 2016). La modélisation de la croissance de l'herbe a été effectuée à partir des données météorologiques des divers sites.

Le protocole, dérivé de Corral et Fenlon (1977), consistait en deux parcelles de 10 m<sup>2</sup> récoltées alternativement toutes les deux semaines depuis le démarrage de la végétation jusqu'en fin de saison. Le rendement (kg MS/ha), le taux de croissance (kg MS/ha/jour) et la valeur nutritive de l'herbe ont été déterminés pour chacune des coupes. Des analyses botaniques ont été réalisées à la même fréquence, afin de suivre l'évolution de la végétation avec et sans sécheresse simulée.

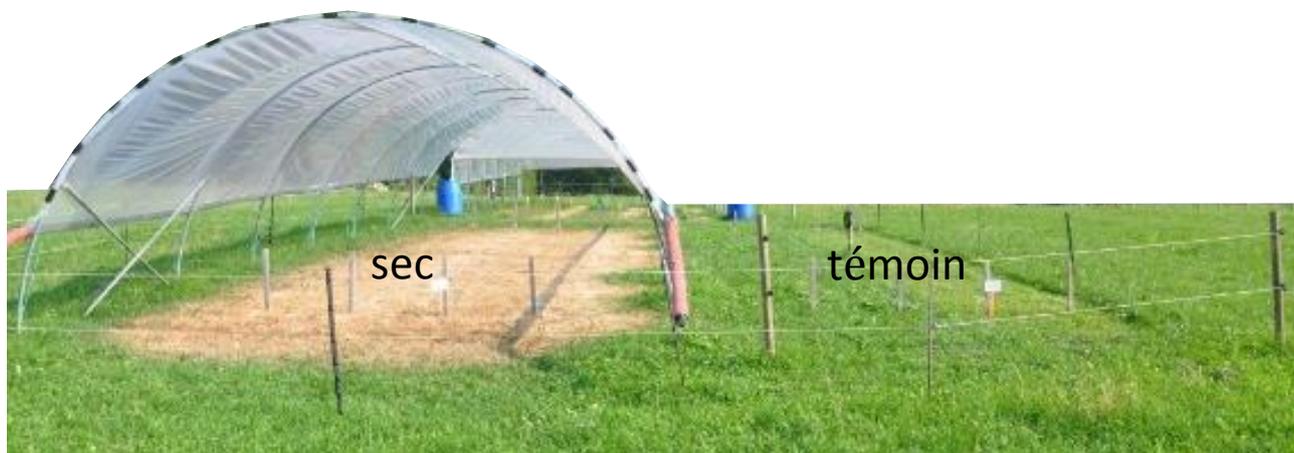


Figure 5. Dispositif de mesure de la croissance de l'herbe des pâturages avec (sec) et sans (témoin) simulation de sécheresse.

### 3.4 Cultures fourragères

Dans la région d'étude, les terres ouvertes et les cultures fourragères s'étendent de la plaine jusqu'à la limite des zones d'estivage, vers 1000 m d'altitude. Les questions posées dans le cadre du projet concernaient les perspectives de développer des cultures fourragères adaptées à la sécheresse. Pour y répondre, les essais consistaient en diverses variantes de cultures semées en bandes (sans répétitions) côte à côte par les agriculteurs eux-mêmes (figure 6). Ils ont porté sur les groupes d'espèces suivants :

- Cultures dérobées non-hivernantes (automne 2015) : cinq graminées annuelles (avoine, ray-grass d'Italie, avoine rude, moha et sorgho) en association avec le trèfle d'Alexandrie, en comparaison dans six lieux. Les récoltes ont été effectuées avec la motofaucheuse à plusieurs dates échelonnées.

- Mélanges de trois ans adaptés à la sécheresse (2014-2016) : quatre variantes de mélanges avec luzerne ou avec esparcette en comparaison dans deux lieux. Des notations visuelles ont été réalisées durant les trois années.



Figure 6. Comparaison de cultures dérobées semées en bandes contigües

D'autres actions ont été réalisées en 2016 dans la région d'étude. Elles portaient sur la culture du sorgho et sur la production de protéines avec des légumineuses fourragères. Les résultats partiels de ces essais seront également discutés dans le chapitre 4.4.

### 3.5 Enquêtes auprès des producteurs

Des enquêtes en élevage ont été conduites de manière à évaluer les impacts de la sécheresse de 2015 sur le fonctionnement des systèmes fourragers. Il convenait d'analyser le niveau d'approvisionnement en fourrage dans la région d'étude et les solutions mises en œuvre pour le sécuriser.

Les enquêtes et les entretiens réalisés consistaient à :

- Recueillir des avis d'éleveurs sur le changement climatique
- Relever les solutions d'adaptation employées lors de la sécheresse estivale de 2015
- Calculer les bilans fourragers d'exploitations laitières en 2014 (humide) et en 2015 (sec)
- Quantifier l'impact de la sécheresse estivale de 2015 sur l'autonomie fourragère d'exploitations laitières.

Les six exploitations enquêtées représentaient quatre types majeurs de systèmes identifiés au préalable dans la zone d'étude. Elles étaient réparties comme décrit dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des systèmes fourragers des exploitations ayant participé à l'enquête.

systeme	description	nombre
<b>- non-ensilage</b>		
<b>foin-pâture sans alpage</b>	Pendant la saison, le troupeau n'est jamais en pâture intégrale et les quantités de fourrage à crèche varient selon la pousse de l'herbe.	3
<b>foin-pâture avec alpage</b>	Avant et après alpage, le troupeau n'est jamais en pâture intégrale et les quantités de fourrage à crèche varient selon la pousse de l'herbe. À l'alpage, l'herbe pâturée constitue généralement la totalité de la ration.	1
<b>tout herbe sans alpage</b>	Le système est fait pour que l'herbe pâturée puisse constituer la totalité de la ration au printemps. Pour le reste de l'année, la part d'herbe pâturée dans la ration dépend des conditions climatiques propres à chaque année.	1
<b>- ensilage</b>		
<b>maïs- herbe pâturée</b>	L'herbe pâturée constitue une faible part de la ration pendant toute la saison de pâturage. Du maïs ensilage est affouragé toute l'année.	1

Les entretiens d'une durée de deux heures environ ont consisté à compléter un document Excel couvrant les années 2014 et 2015. Les avis des éleveurs et les solutions d'adaptations mises en œuvre en 2015, lors de la sécheresse ont été recueillis dans ce cadre. Les feuilles de calcul comportaient trois onglets décrits dans la figure 7.

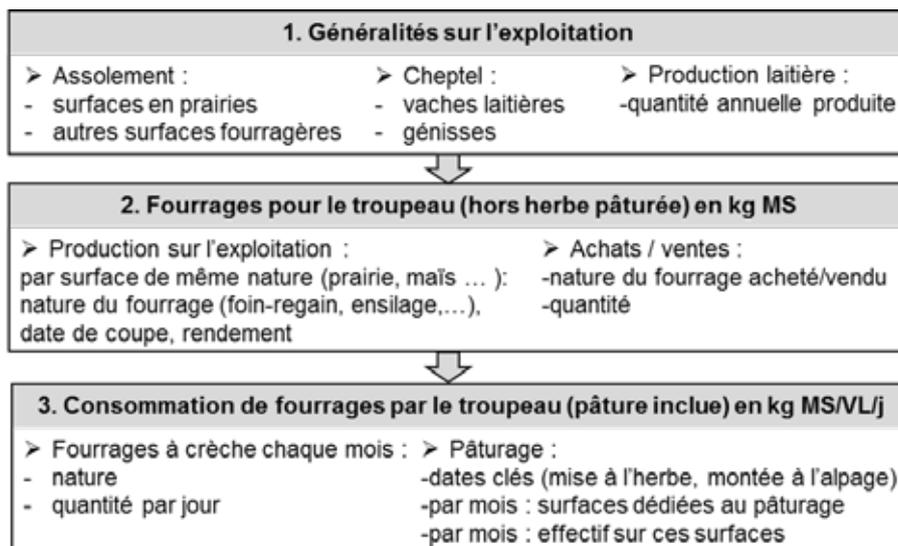


Figure 7. Informations récoltées au cours des entretiens pour quantifier l'impact de la sécheresse estivale de 2015 sur l'autonomie fourragère des exploitations

## 4 Résultats et conséquences pratiques

### 4.1 Caractéristiques de la zone d'étude

#### Climat

La figure 8 présente les relevés mensuels des températures moyennes et des précipitations totales durant le projet, pour trois stations de mesure Agrométéo situées dans la région d'étude. Les altitudes et zones thermiques des trois lieux sont : Changins (C), 430 m, assez chaud ; Burtigny (B), 730 m, frais et Amburnex (A), 1300 m, très rude. Avec l'élévation, on constate que les précipitations sont plus abondantes et les températures plus faibles. Les moyennes annuelles 2014-16 étaient : (C) 1050 mm, 11.6 °C ; (B) 1160 mm, 10.2 °C; (A) 1710 mm, 5.5 °C. Les différences de températures entre Changins et Burtigny sont faibles et révèlent les inversions thermiques caractéristiques du Bassin lémanique.

Les trois années du projet ont été très contrastées (figure 8), aussi bien au printemps (figure 9), période très déterminante pour la production fourragère annuelle, qu'en été et à l'automne. La sortie d'hiver et le printemps 2014 étaient extrêmement chauds et l'été très humide. La sortie d'hiver en 2015 s'est déroulée dans des conditions très douces, suivie d'une période pluvieuse, puis d'un été caniculaire et d'un début d'automne frais. En 2016, les températures étaient normales au printemps, mais les précipitations abondantes. Août et septembre ont été très chauds et secs.

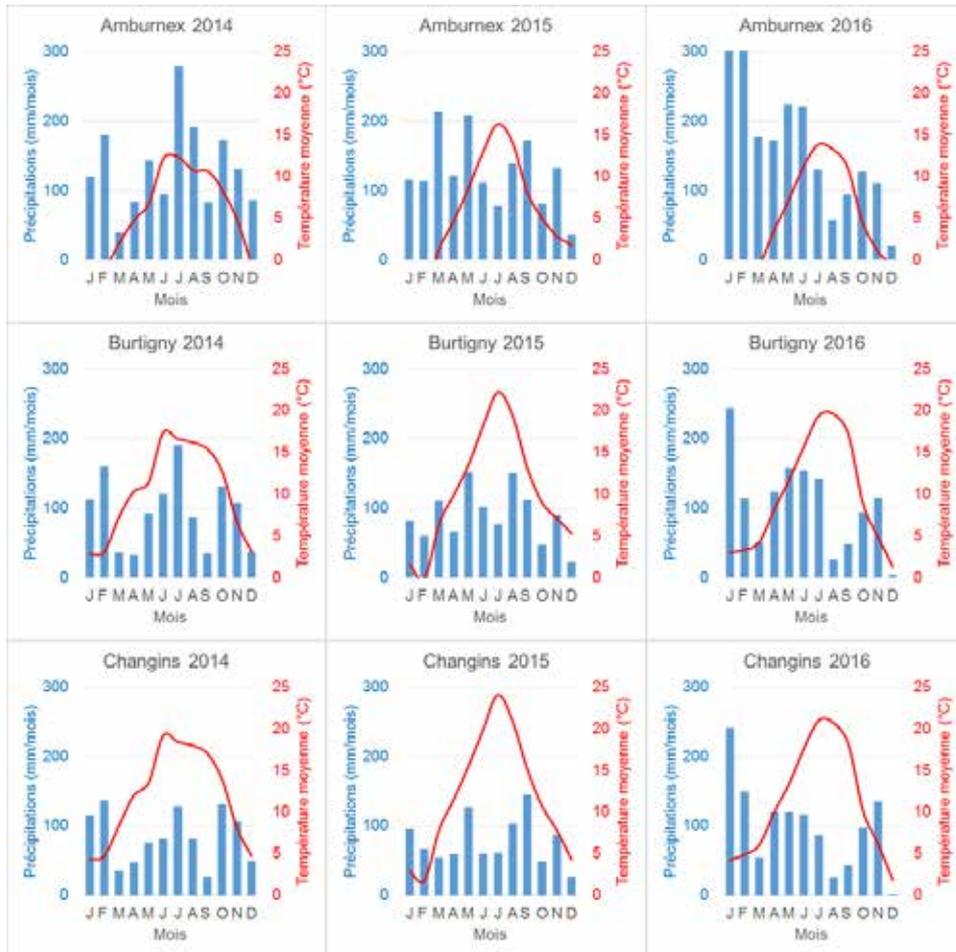


Figure 8. Diagrammes climatiques 2014-2016 de trois stations Agrométéo (Changins, Burtigny, Les Amburnex) situées dans le périmètre d'étude du projet

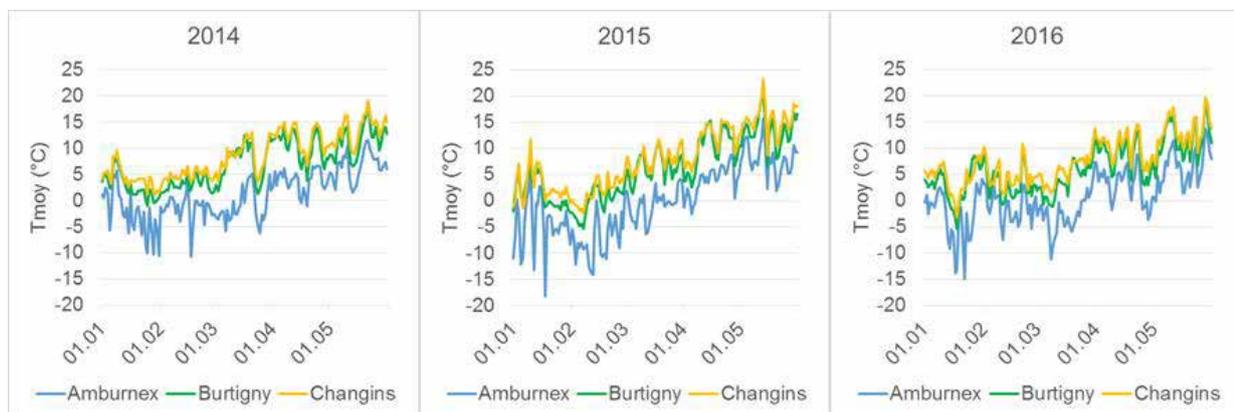


Figure 9. Evolution des températures moyennes journalières des trois stations Agrométéo (Changins, Burtigny, Les Amburnex) de début janvier à début juin.

### Végétation

Comme mentionné au chapitre 2.1, les types d’herbage ont été distingués selon leur âge et leur composition botanique. En été 2015 et 2016, la sécheresse rendait difficile l’appréciation des types botaniques (figure 10), en raison de la présence de plantes mortes (litière). En cours d’année, la végétation pouvait évoluer d’une catégorie à l’autre, généralement de G à E ou de G à L.



Figure 10. La végétation touchée par la sécheresse était plus difficile à caractériser.

## 4.2 Gestion des prairies de fauche

### Indicateurs permettant d’optimiser la production au printemps.

Les figures 11 et 12 illustrent l’évolution de la phénologie du dactyle et de la production au cours de la première pousse d’une prairie permanente (a) et d’une prairie temporaire (b) proches l’une de l’autre en zone thermique douce. Cet exemple est représentatif des tendances observées pour l’ensemble des autres surfaces expérimentales. Ainsi, 2014 était plus précoce de cinq jours que 2015 (figure 11). Les températures très clémentes du début d’année 2014 (chapitre 4.1) ont en effet favorisé un développement rapide des prairies en sortie d’hiver.

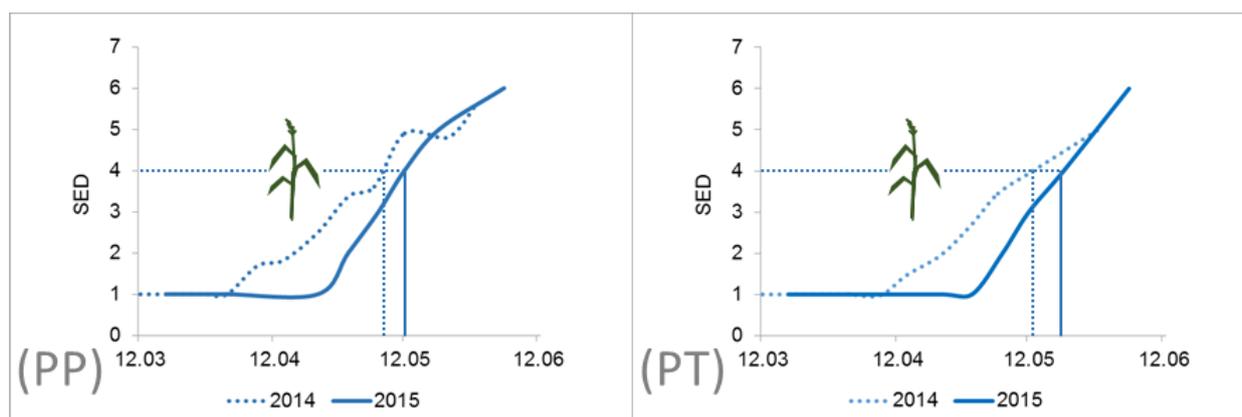


Figure 11. Evolution de la phénologie (Stade Equivalent Dactyle, SED) d’une prairie permanente (PP) et d’une prairie temporaire (PT) lors de la première pousse, en zone douce. Les traits bleu verticaux correspondent à la date d’obtention du SED 4 (pleine épiaison) pour les années 2014 (pointillés) et 2015 (plein).

La teneur en énergie du fourrage est le paramètre utilisé ici pour représenter la valeur nutritive. Par rapport aux protéines, elle est le plus souvent un facteur limitant dans l’alimentation hivernale des vaches laitières. L’effet antagoniste entre la teneur en énergie et le rendement du fourrage est une première règle fondamentale qui a été validée dans ces essais (figure 12). Il souligne l’importance de récolter le fourrage avant que la valeur nutritive ne se dégrade. Il est généralement admis qu’au-delà du stade équivalent dactyle de pleine épiaison (SED=4) (figure 11), les teneurs en nutriments du fourrage baissent fortement. Dans cet exemple, et plus largement dans l’ensemble des surfaces

expérimentales, la valeur nutritive avait déjà entamé sa diminution avant l'obtention du stade 4. Au moment de la floraison du dactyle, la teneur en énergie de la prairie permanente était supérieure à celle de la prairie temporaire (lignes verticales bleues, figure 12). Cette différence s'explique par leurs types botaniques. Ici, la prairie permanente avait plus de 50% de graminées (types Er, puis Gr) et la temporaire avait plus de 50% de légumineuses (type L). En revanche, la baisse de la teneur en énergie est intervenue deux à trois jours plus tard pour la prairie temporaire. De plus, elle a atteint des rendements plus élevés que la prairie permanente. La sélection des variétés de plantes fourragères a permis d'obtenir de telles prairies productives et souples d'utilisation.

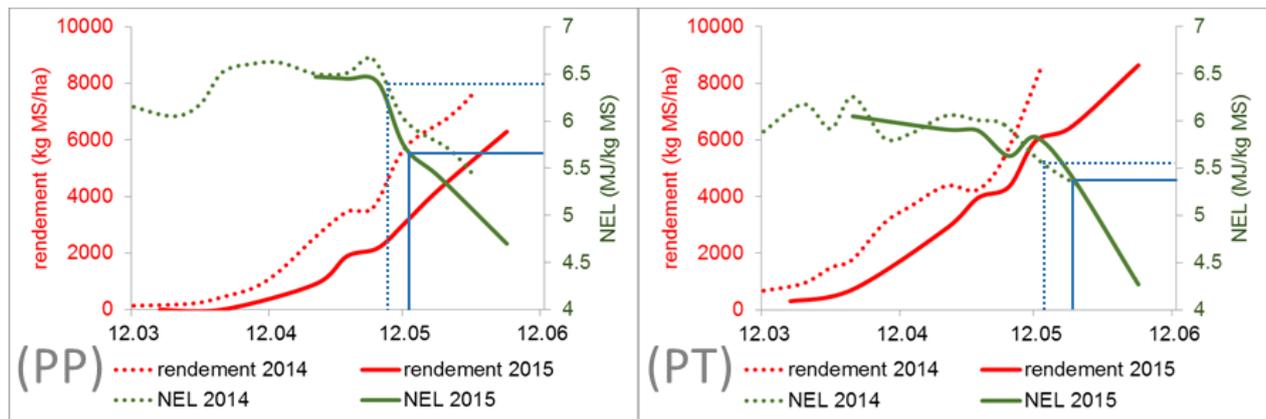


Figure 12. Evolution du rendement et de la teneur en énergie nette pour la lactation (NEL) d'une prairie permanente (PP) et d'une prairie temporaire (PT), lors de la première pousse, en zone douce. Les barres verticales correspondent au SED 4 (2014 en pointillé, 2015 en plein) (figure 11).

Les mesures de rendement réalisées simultanément dans la région pilote et dans d'autres sites du Canton de Vaud au cours des premières pousses en 2014, 2015 et 2016 sont utilisées ci-après. Les 317 valeurs réunies ont servi à tester leur relation avec la somme des températures. La figure 13 rend compte de la grande variabilité de production des prairies de fauche rencontrée durant les trois années. Les valeurs de rendement ont été ordonnées selon le jour de l'année (figure 13 a), coefficient de la régression linéaire des 317 valeurs  $R^2=0.68$ , la mesure la plus précoce ayant été réalisée au jour 71 = 12 mars, la plus tardive au jour 175 = 24 juin. Les mesures réalisées en 2016 n'ont démarré qu'à partir du 3 mai (jour 124). La figure 13 b laisse entrevoir que le rendement serait un peu mieux corrélé à la somme des températures qu'au jour de l'année (coefficient  $R^2=0.78$ ).

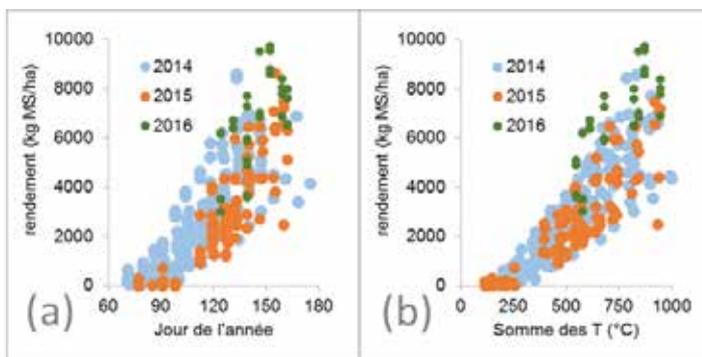


Figure 13. Production de MS des prairies de fauche en 2014 (n = 180), 2015 (n= 106) et 2016 (n=31) lors de la première pousse, classées selon le jour de l'année (a) et la somme des températures (b)

La comparaison de ces deux modes de mise en relation du rendement a également été effectuée en intégrant l'âge des prairies (figure 14) et la zone thermique (figure 15). Dans le premier cas, la ségrégation entre les prairies temporaires de moins de trois ans et celles plus âgées, ou permanentes, est valable quelle que soit le facteur pris en compte. Dans le second cas, il ressort clairement que la prise en considération de la somme des températures permet de s'affranchir de la zone thermique, puisque les droites de régression des deux catégories doux et frais se chevauchent. Bien que les lois de réponse de la production de biomasse aux températures soient ainsi confirmées, la gamme de variation observée laisse sceptique quant à leur utilisation pratique. Plusieurs hypothèses sont émises. La précision des mesures peut être altérée par les conditions

de récoltes. La fertilisation, en particulier le niveau de nutrition azotée est l'un des principaux déterminants du rendement. Afin de s'en assurer, les données d'une prairie permanente peu intensive et d'une autre exploitée en bio (fertilisation à base de purin) ont été examinées (figure 16), sans montrer une tendance claire. Seules les valeurs mesurées en 2015 sur la prairie bio s'écartent fortement des autres, la surface expérimentale n'ayant pas été fertilisée auparavant.

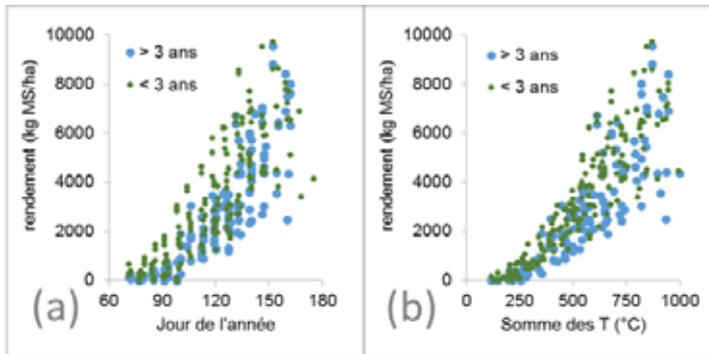


Figure 14. Production de MS des prairies de fauche lors de la première pousse, selon deux catégories d'âge, classées selon le jour de l'année (a) et la somme des températures (b)

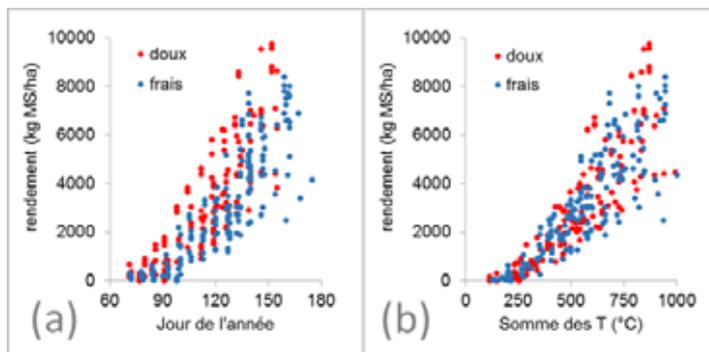


Figure 15. Production de MS des prairies de fauche lors de la première pousse, selon deux catégories de zones thermiques, classées selon le jour de l'année (a) et la somme des températures (b)

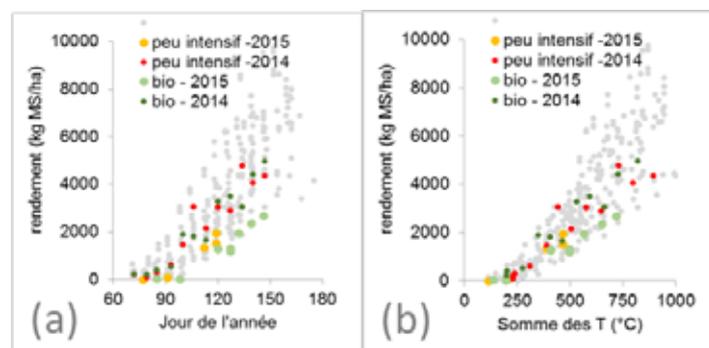


Figure 16. Production de MS des prairies de fauche lors de la première pousse classées selon le jour de l'année (a) et la somme des températures (b). Mise en évidence des surfaces sans fertilisation minérale.

Cette étude décrit la diversité de production des prairies rencontrées au sein du réseau. Elle ne permet pas d'identifier de manière précise les facteurs explicatifs de la variation de production. Les paramètres botaniques, pédologiques ou de la fertilisation n'ont pas été abordés de manière suffisamment approfondie. En revanche, la discussion autour des outils d'aide à la décision basés sur les températures est introduite. Les références développées en France utilisent une autre classification de prairie basée sur le niveau de nutrition azotée et le type fonctionnel (forme et précocité) des graminées. Appliquons ces références aux deux prairies des figures 11 et 12. En typologie française, elles correspondent à un type fonctionnel AB, c'est-à-dire qu'il s'agit de prairies productives avec de bonnes graminées. La figure 17 situe les repères d'exploitation clés utilisés en France pour un tel type de prairie en fonction de la somme des températures. La fertilisation organique ou minérale azotée a lieu avant le démarrage de la végétation situé à 200°C (Zapata, 2014). Un déprimage des prairies entre 300°C et 400°C consiste à pâturer l'herbe avant la montaison des graminées pour ralentir la pousse et échelonner les récoltes des diverses parcelles d'une exploitation en mai-juin. Pour les mêmes raisons, l'étêtage, par pâturage des graminées en début d'épiaison avec des jeunes bovins, s'effectue à partir de 600°C. Les stades du dactyle

correspondraient alors à SED 1 à 2 pour le déprimage et SED 3 à 4 pour l'étêtage (figures 17 et 18). Pour les récoltes fauchées, les repères de somme des températures sont de 700°C pour l'ensilage précoce, au-delà de 900°C pour le fanage.

Pour conclure, les repères de début de saison concernant la fertilisation, le déprimage et l'étêtage paraissent cohérents pour les deux prairies prises en exemple. En revanche, les repères d'exploitation en ensilage et en fauche sont trop tardifs. En effet, le stade de fauche recommandé (SED 4) est atteint autour de 800°C et non au-delà de 900°C. Ces repères d'exploitation ne peuvent donc être employés tels quels dans le contexte suisse. De plus amples investigations sont nécessaires et la somme des températures ne peut être utilisée à l'heure actuelle qu'à titre indicatif pour renseigner sur la précocité de la saison en comparaison à des années antérieures. Pour le reste, elle doit encore être accompagnée d'observations renseignant sur l'état d'avancement phénologique des prairies au cours de la saison.

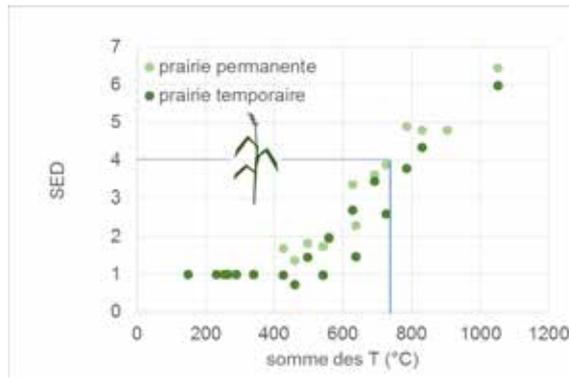
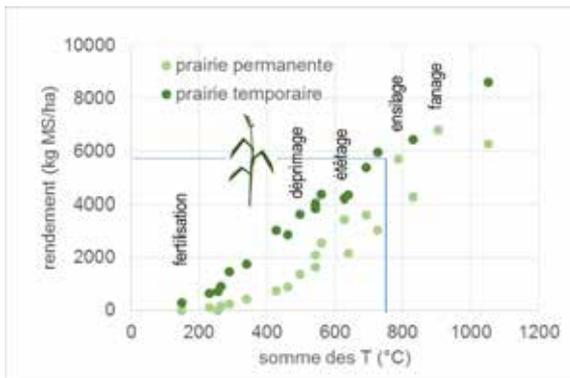
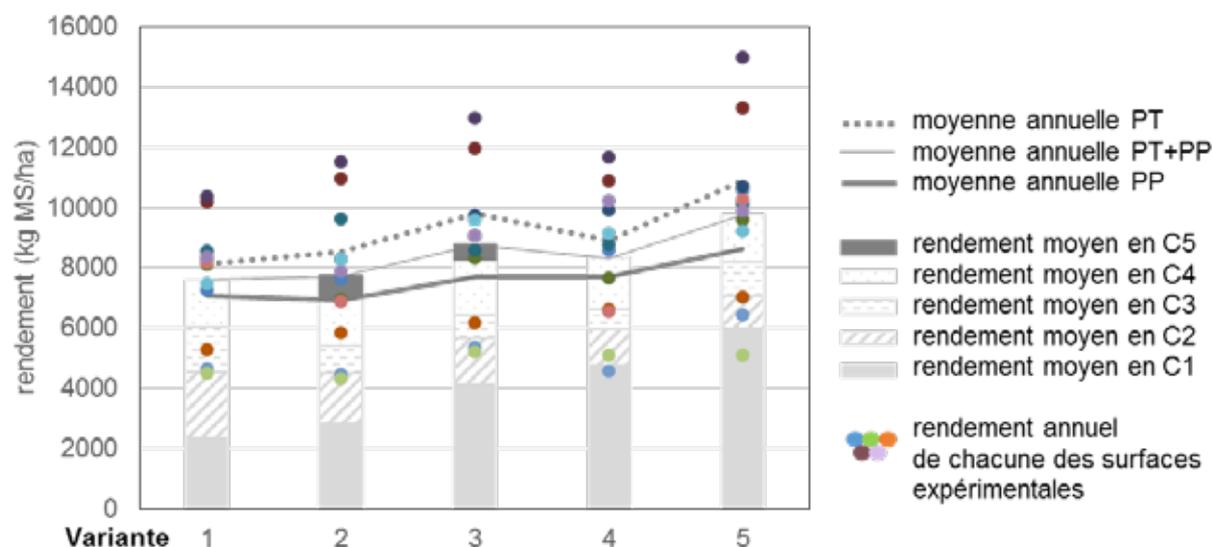


Figure 17 (gauche). Repères d'exploitation et évolution du rendement d'une prairie permanente et d'une prairie temporaire, en fonction de la somme des températures, lors de la première pousse, en zone douce.

Figure 18 (droite). Evolution des stades équivalent dactyle (SED) d'une prairie permanente et d'une prairie temporaire, en fonction de la somme des températures, lors de la première pousse, en zone douce.

### Mode d'utilisation permettant d'optimiser la production annuelle

Les cinq variantes d'utilisation expérimentées en 2015 consistaient à tester l'influence de la date de la première coupe sur le rendement (figure 19) et le potentiel de production de lait (figure 20) du fourrage récolté annuellement. La grande disparité de production des 12 prairies (points de couleurs) ne laisse pas apparaître de différences significatives entre les cinq variantes. En revanche, deux variantes avaient tendance à être les meilleures, quel que soit le type de prairie. La première correspondait à une date de première coupe au stade SED 4, soit aux environs du 12 mai en zone douce (variante 3) et la deuxième à une fauche plus tardive (variante 5). Ce résultat correspond bien aux deux logiques de gestion des prairies de fauche rencontrées dans la région. Elles consistent à privilégier la qualité ou la quantité de fourrage, selon l'état des stocks et le risque de sécheresse. La figure 19 révèle cependant que le rendement annuel n'a que peu augmenté avec un report de la première coupe à une date tardive. Avec la variante 3, plus précoce, une coupe supplémentaire a permis de compenser la plus faible production de la première coupe. Par ailleurs, dans cette même variante, la valeur nutritive du fourrage (en moyenne annuelle) devrait être améliorée, bien que cela ne soit pas reflété dans la figure 20. Le calcul du lait permis par les NEL (énergie) est en effet réalisé en pondérant la valeur NEL du fourrage à chaque coupe par le rendement de la coupe, ce qui donne un fort poids au rendement. Il est important de mentionner que ces mesures sont réalisées sans pertes de récolte, alors qu'il est attendu qu'elles augmentent avec des coupes tardives. Pour ces raisons, le meilleur mode de gestion pour concilier quantité et qualité annuels du fourrage serait représenté par la variante 3, soit une première coupe mi-mai au stade de développement optimal (SED 3 à 4).

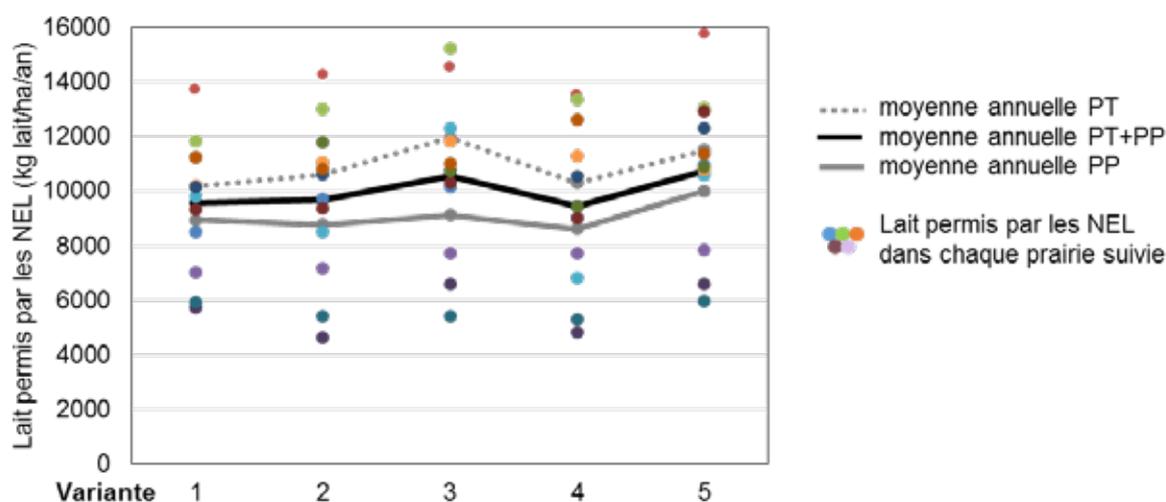


**Date de 1<sup>ère</sup> coupe**

- ZT douce	29/04	06/05	12/05	19/05	03/06
- ZT fraîche	07/05	13/05	19/05	26/05	10/06

Figure 19. Rendement annuel et par coupe selon la date de première coupe (2015)

Légende : PT : prairies temporaires (< 3 ans) ; PP : prairies permanentes ou âgées de plus de trois ans ; C1, C2, ..., C5 : 1<sup>ère</sup> coupe, 2<sup>ème</sup> coupe, ... ; ZT : zone thermique.



**Date de 1<sup>ère</sup> coupe**

- ZT douce	29/04	06/05	12/05	19/05	03/06
- ZT fraîche	07/05	13/05	19/05	26/05	10/06

Figure 20. Potentiel de production de lait permis par les teneurs en énergie et les rendements à l'année selon la date de première coupe (2015). Voir légende figure 19.

Les figures 19 et 20 permettent également d'évaluer la pertinence de faucher ou non durant la période de sécheresse survenue en 2015. La comparaison est faite entre la fauche du regain en été (variante 2) et après le retour des pluies (variante 1). Les résultats de production sont similaires dans les deux cas. Il ressort donc que la coupe supplémentaire réalisée en été n'a pas eu d'influence sur le résultat annuel. Les conclusions pèsent donc en faveur de la variante 1, qui consistait à attendre le retour des pluies pour faucher. Plusieurs éleveurs justifient la pratique d'un regain estival, même en période de sécheresse, comme un moyen de « nettoyer » les prairies,

pour obtenir une repousse, au retour des pluies, plus homogène et réduire les déchets dans la crèche en hiver.

### 4.3 Gestion des pâturages et des alpages

Le pâturage est la rencontre de la vache et de l'herbe (Voisin, 1957). Sa gestion consiste à assurer l'équilibre entre la quantité d'herbe produite et celle consommée par l'animal. Il s'agit donc en tous temps d'adapter la surface mise à disposition du troupeau selon sa production. Les mesures effectuées depuis 2000 dans l'Ouest de la Suisse (Mosimann, 2005) servent à différencier les calculs de surface selon le contexte (altitude, climat, sol) (fiche ADCF 9.4.1). Elles ont été mises en valeur dans le cadre de cette étude et sont actuellement disponibles sur Internet<sup>3</sup>. Ces références sont utiles pour raisonner le chargement, mais manquent de précision pour les adeptes d'une part maximale de pâturage dans l'alimentation des vaches. Compte tenu de la très grande variation observée (figure 21), il faut chaque année compléter ces références par des mesures de croissance réalisées dans et hors de la région d'étude.

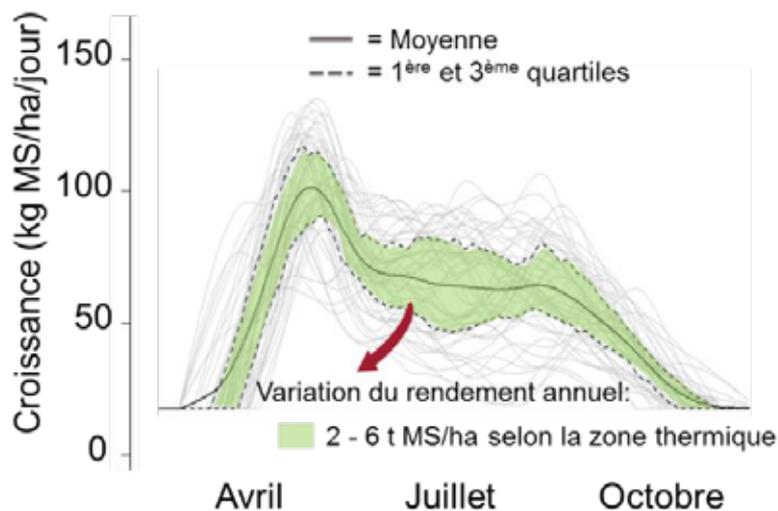


Figure 21. Série de mesures de croissance de l'herbe réalisées de 2000 à 2015 dans la zone thermique douce sur des pâturages situés dans l'Ouest de la Suisse

Les effets du stress hydrique demeurant un facteur d'incertitude, les essais mis en place dans le cadre du projet ont été conduits avec et sans simulation de sécheresse. Les variantes 'asséché' sous tunnel (figure 5) n'ont reçu aucun apport d'eau du 24 juin à mi-août, soit pendant 8 semaines, correspondant à une sécheresse extrême pour la région. Les variantes 'témoin' correspondaient au dispositif de suivi habituel c'est-à-dire qu'elles ont été conduites dans les conditions naturelles, avec des sécheresses de juin à mi-août en 2015, et de mi-août à fin-septembre en 2016. Les courbes 'témoin' dans la figure 22 illustrent l'impact de ces événements sur la croissance de l'herbe, avec une baisse marquée de production aux deux périodes. En septembre 2015, les conditions plutôt humides ont stimulé la pousse de l'herbe sur les deux pâturages à 600 et 950 m d'altitude. Ce regain de croissance automnal n'est pas constaté dans les zones d'estivage (1300 m) car la végétation avait déjà cessé de croître à cette période. En 2016, la sécheresse est intervenue plus tard durant tout le mois de septembre et la production des pâturages est donc tombée à un niveau très faible en fin de saison. Les mêmes observations peuvent être faites sur les variantes 'asséché', dans lesquelles l'effet dépressif de la sécheresse était amplifié (figure 22). Le tableau 2 laisse entrevoir des similitudes de production dans les zones de SAU (600 et 950 m) et une nette différenciation pour la zone d'estivage (1300 m).

<sup>3</sup> <https://croissancepaturages.shinyapps.io/croissance/>

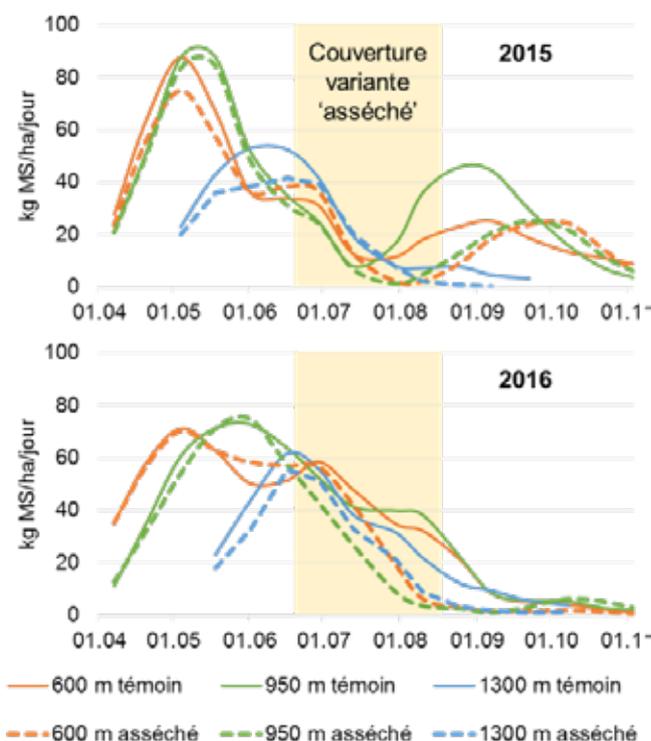


Tableau 2. Rendement annuel (kg MS/ha/année) des trois pâturages selon les deux variantes (témoin) et (asséché)

altitude	année	témoin	asséché
600 m	2015	6991	6254
	2016	7839	6866
	moyenne	7415	6560
950 m	2015	7735	6148
	2016	7424	5688
	moyenne	7580	5918
1300 m	2015	3509	2713
	2016	4119	3012
	moyenne	3814	2863

Figure 22. Croissance journalière de l'herbe (kg MS/ha/jour) des trois pâturages selon les deux variantes (témoin) et (asséché)

Les effets de la sécheresse simulée (« asséché ») devraient être différenciés selon l'altitude. Des essais permettant une meilleure comparaison sont en cours dans les trois mêmes sites, dans le cadre du projet GrassAlt. Finger et al. (2013) ont observé dans les alpes en Suisse, que l'impact négatif de la sécheresse était plus marqué en plaine et qu'il pouvait même être positif en zone préalpine généralement bien arrosée. Les mêmes auteurs déduisaient que les pertes économiques lors d'une sécheresse seraient plus faibles dans les sites moins intensifs de montagne avec des paiements directs plus élevés. Enfin, il convient de relever la croissance compensatrice observée peu après la sécheresse en 2015. En effet, les précipitations importantes survenues dès mi-août ont stimulé la minéralisation dans le sol et la formation des parties vertes des plantes. Cette très forte capacité de résilience des herbages (figure 23) permet de réduire l'impact de la sécheresse sur leur rendement annuel. Dans les trois lieux, ce phénomène est bien illustré par les relevés botaniques effectués régulièrement en cours de saison (figure 24). On observe d'une part, que les graminées diminuaient rapidement dès le début de la sécheresse, en lien avec l'augmentation de la litière (plantes mortes). D'autre part, la composition botanique était peu affectée en fin de saison, en accord avec les résultats de Meisser et al (2013).



Figure 23. Pâturage situé à 1000 m, au moment de la sécheresse le 14 juillet 2015 (gauche) et peu après le retour des pluies, le 26 août 2015 (droite).

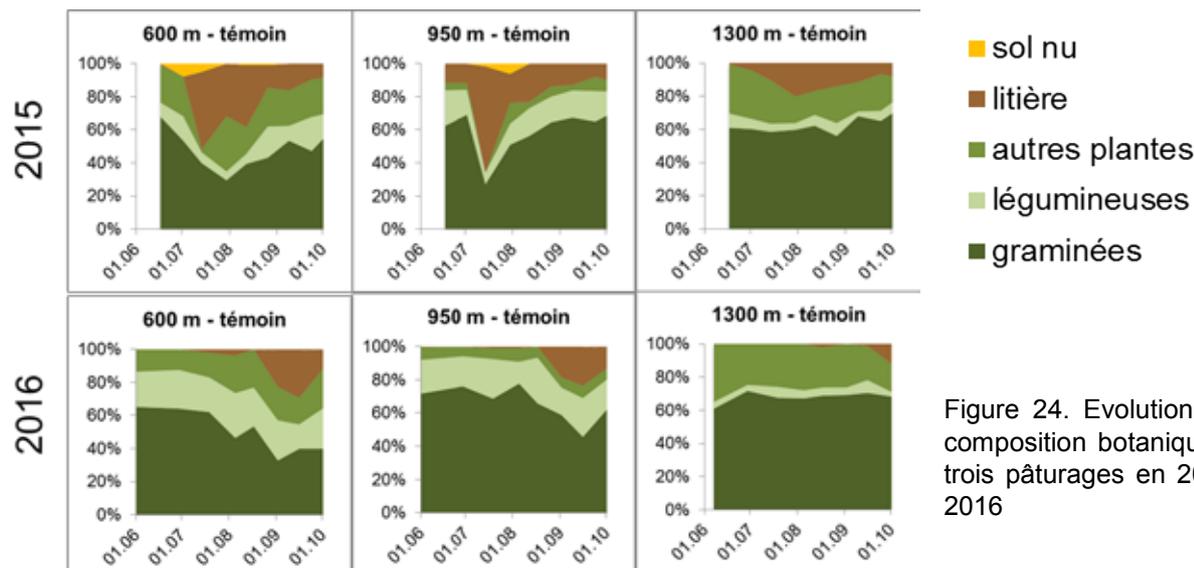


Figure 24. Evolution de la composition botanique des trois pâturages en 2015 et 2016

La dynamique de la production d’herbe (figure 22) décrite à travers ces exemples montre une pointe très prononcée en début de saison. Les dates de début et de fin du pic de croissance sont variables d’une année à l’autre. En 2015, la végétation a démarré simultanément de 600 m à 950 m, alors qu’elle était décalée en 2016. La chute de croissance a été initiée début juin en 2015 et un mois plus tard en 2016, en lien avec les niveaux des précipitations. En conséquence, 60 à 75% de la production des pâturages est réalisée au terme du pic de croissance. Il importe dès lors de valoriser l’herbe en la consommant au fur et à mesure qu’elle pousse. Les résultats des mesures de croissance de l’herbe étaient publiés dans la rubrique ‘Météo des prés’ du journal Agri, de manière à calculer les besoins en surface et les coûts de production de la ration (figure 25). L’évaluation économique de la part d’herbe dans la ration des vaches laitières a un impact important sur la motivation des éleveurs dans leur démarche d’optimisation.

	Production	Ø 26 kg lait/jour ou 8000 kg/lactation							
	Ingestion	Ø 18,2 kg MS/jour							
	Zone thermique	Douce (plaine)				Fraîche (colline)			
	Croissance de l’herbe*	60 kg MS/ha/j 15-22 avril		80 kg MS/ha/j 22-29 avril		40 kg MS/ha/j 15-22 avril		50 kg MS/ha/j 22-29 avril	
	Chargement du pâturage	5 vaches/ha		5 vaches/ha		5 vaches/ha		5 vaches/ha	
	Part de la pâture dans la ration	66%		88%		44%		55%	
	Affouragement	Ensilage	Non-ensilage	Ensilage	Non-ensilage	Ensilage	Non-ensilage	Ensilage	Non-ensilage
	Ensilage herbe (35% MS)	2 kg	-	-	-	13 kg	-	7 kg	-
	Maïs ensilage (32% MS)	18 kg	-	7 kg	-	18 kg	-	18 kg	-
	Foin et/ou Regain	-	7 kg	-	2,5 kg	-	11 kg	-	9 kg
	Coût de la ration de base par kilo de lait**	14,3 ct/kg	14,3 ct/kg	11,9 ct/kg	11,9 ct/kg	16,4 ct/kg	16,6 ct/kg	15,4 ct/kg	15,5 ct/kg

Figure 25 : Tableau de calcul du chargement du pâturage et du coût de la ration pour la période du 15 au 29 avril 2016, publié dans la rubrique Météo des prés du journal Agri (Peguiron, 2016)

Ces informations ne permettent pas de s'affranchir de la variation importante de la pousse de l'herbe. Celle-ci est alors mieux appréhendée par des mesures régulières de hauteur d'herbe dans les pâturages. A cet effet, des suivis ont été réalisés au cours du printemps 2016 dans quatre exploitations du réseau Progrès-herbe. Des mesures de hauteur de l'herbe (avec un herbomètre) dans les parcs ont été faites toutes les deux semaines (figure 26). Le bilan de la ressource fourragère disponible ainsi établi, servait de base pour décider de pâturer ou de faucher les parcelles.



Figure 26. Mesures de hauteur de l'herbe dans les pâturages au printemps.

#### 4.4 Utilisation du modèle ModVege et perspectives

Les données de croissance de l'herbe recueillies depuis 2000 en Suisse ont également permis d'évaluer le modèle agro-climatique ModVege (Calanca et al., 2016). Notamment, les valeurs de rendement des surfaces expérimentales du projet ont été comparées à celles calculées à l'aide du modèle ModVege. Des exemples ont été choisis ici pour illustrer les résultats obtenus pour les prairies de fauche (figure 27) et les pâturages (figure 28).

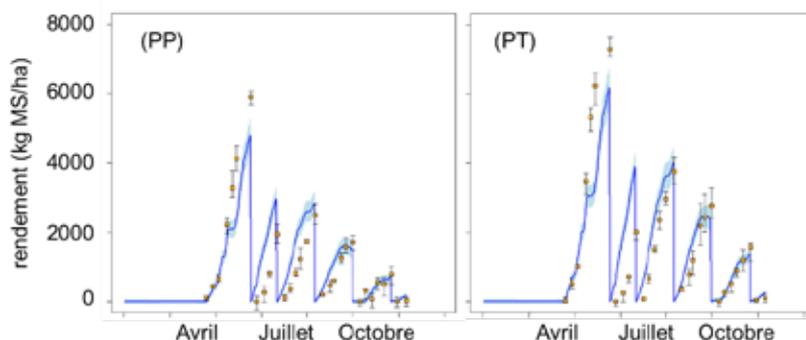


Figure 27. Rendement de deux prairies situées en zone fraîche (700 m), fauchées cinq fois en 2016. PP = prairie permanente ; PT = prairie temporaire. Les points représentent les valeurs calculées à partir de mesures de hauteur de l'herbe et les rendements mesurés au moment des récoltes. La ligne bleue représente les valeurs et l'intervalle d'erreur calculés avec le modèle.

Bien que des écarts entre valeurs mesurées et calculées demeurent, les résultats obtenus avec le modèle sont très satisfaisants. Une amélioration sensible a notamment été obtenue dans la prise en compte d'événements tels que la sécheresse. Dès lors, son application est intégrée dans une nouvelle prestation d'assurance 'sécheresse' pour les herbages, proposées par Suisse-Grêle (figure 29). Il est également prévu d'étendre son utilisation sous la forme d'un service de prévision de la pousse de l'herbe à partir des données des stations météo. Dans ce cas, la gestion des pâturages pourrait être encore plus anticipative et efficiente.

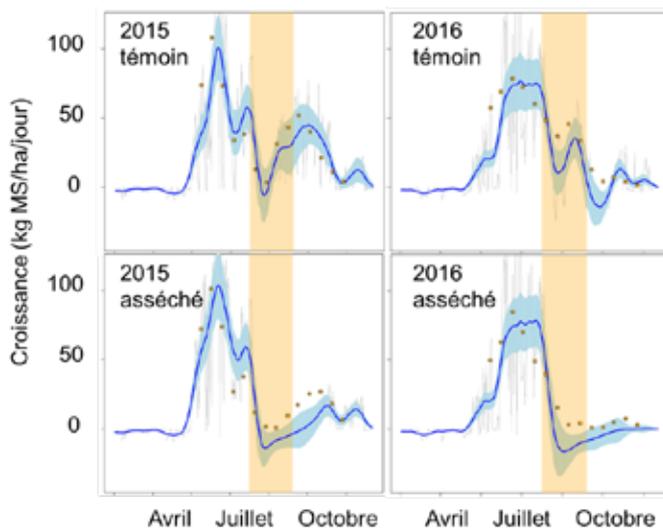


Figure 28. Croissance journalière de l'herbe du pâturage situé en zone fraîche (950 m), en 2015 et 2016, sans (témoin) et avec (asséché) exclusion des pluies durant deux mois (zone orange). Les points représentent les valeurs mesurées au moment des récoltes. La ligne bleue représente les valeurs et l'intervalle d'erreur calculés avec le modèle.

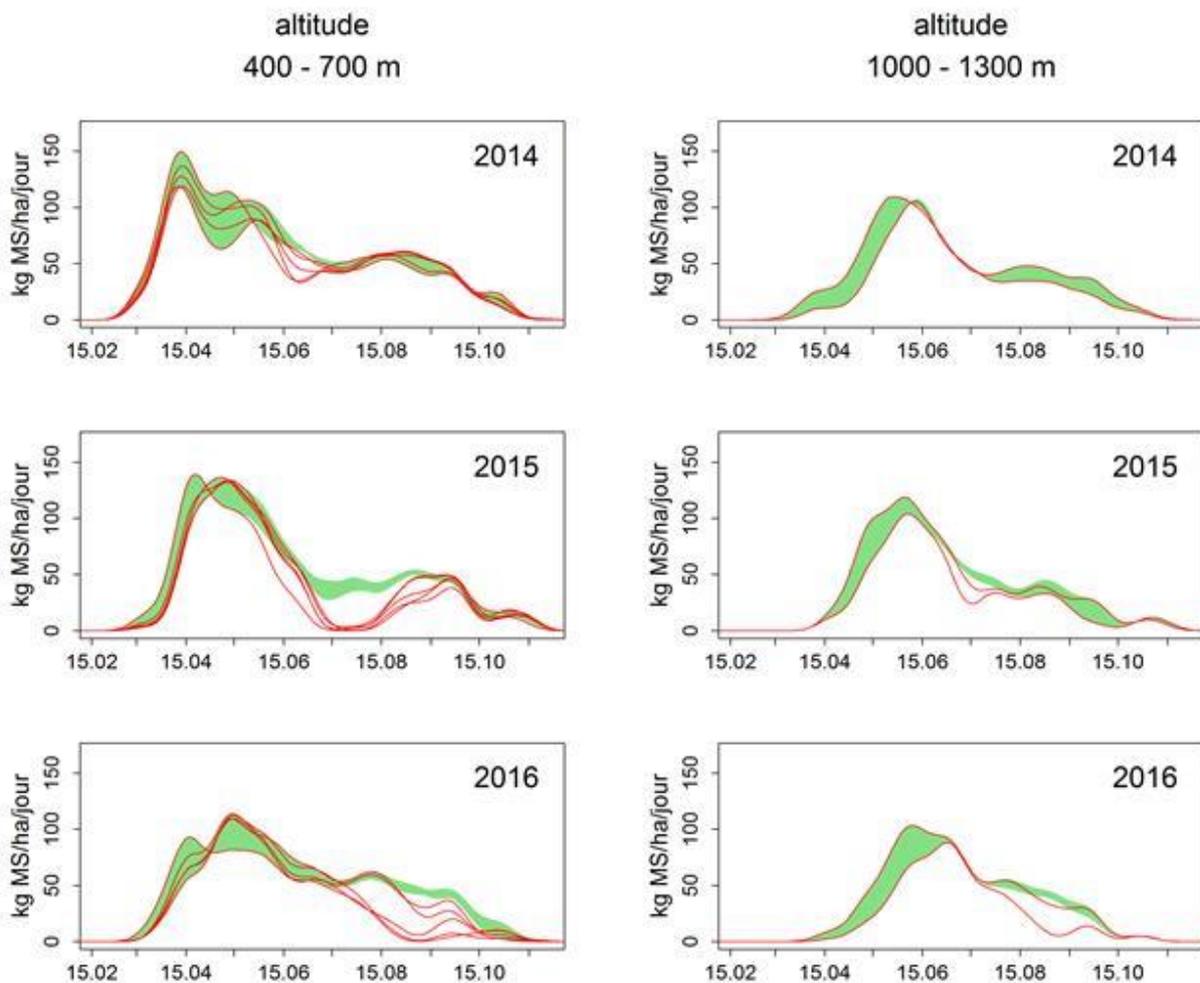


Figure 29. Exemples de simulations de la croissance de l'herbe pour les stations MétéoSuisse de Bière, Changins, Delémont, Fahy, Payerne (400-700 m, sur la gauche) et de la Chaux-de-Fonds et la Frêtaz (1000-1300 m, sur la droite). Deux simulations par station : une avec réserve hydrique fixe au maximum (croissance potentielle = bande verte), l'autre en laissant varier la teneur en eau du sol (lignes rouges).

## 4.5 Choix des cultures fourragères

Avec près de 120'000 hectares, les prairies temporaires représentent une part très importantes du fourrage produit en Suisse. Les mélanges standard (Mst) proposés par Agroscope et bénéficiant du label de qualité ADCF sont largement utilisés pour ensemercer ces surfaces (Suter et al., 2017). Plusieurs formules sont adaptées aux conditions sèches. Les plus utilisées dans la zone d'étude contiennent du dactyle (Mst 230, 330, 430 et 431), de la fétuque élevée (Mst 462), de la luzerne (Mst 323) ou du trèfle violet (Mst 301). La dernière révision des mélanges standards introduit deux nouvelles formules intéressantes en zone sèche, avec de l'esparcette pour la fauche (Mst 326) ou du trèfle violet pour la pâture (Mst 362). Le développement du nouveau mélange avec esparcette (figure 30) a en partie été réalisé dans le cadre du projet, sous la forme d'essais en bandes. De même l'utilisation de lotier corniculé est en cours d'évaluation (figure 31).



Figure 30 (gauche). Nouveau mélange à base d'esparcette et de graminées, convenant pour une durée de trois ans en zone sèche.

Figure 31 (droite). Le lotier (couleur jaune à gauche et à droite de l'image) s'est très bien maintenu dans les mélanges lors de la sécheresse en été 2015.

Selon Hofer et al. (2016), au moment d'une sécheresse, les légumineuses sont plus résistantes que les graminées, mais elles cessent également de croître au bout d'un certain temps. En revanche, les graminées sont plus résilientes. D'autre part, les associations de graminées et de légumineuses produisent davantage que la meilleure des monocultures, même en présence d'un stress hydrique sévère. Ces résultats confortent donc les praticiens dans l'utilisation des mélanges d'espèces. Un constat commun aux diverses actions entreprises dans le projet concerne le fort potentiel de production en début et en fin de saison. L'utilisation des cultures fourragères annuelles et des dérobées pourrait donc davantage se développer. Les essais d'association du trèfle d'Alexandrie avec diverses graminées annuelles réalisée en automne 2015 ont permis de tirer quelques enseignements. Le sorgho, le moha et l'avoine rude sont des graminées résistantes à la sécheresse. En revanche, bien que leur production était satisfaisante (figure 32), leur appétence au pâturage (figure 33) était inférieure à celle des deux mélanges standards actuellement utilisés dans la région d'étude : Mst 101 à base d'avoine commune, de vesce et de pois (APP) et Mst 106 à base de trèfle d'Alexandrie et de ray-grass d'Italie.

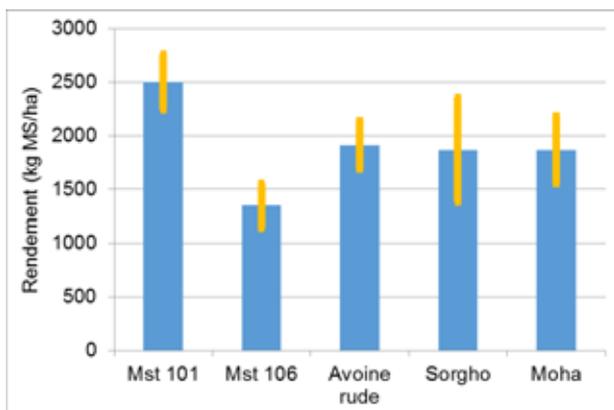


Figure 32 (gauche). Rendement de cinq cultures dérobées, moyenne de six lieux le 29.09.2015.

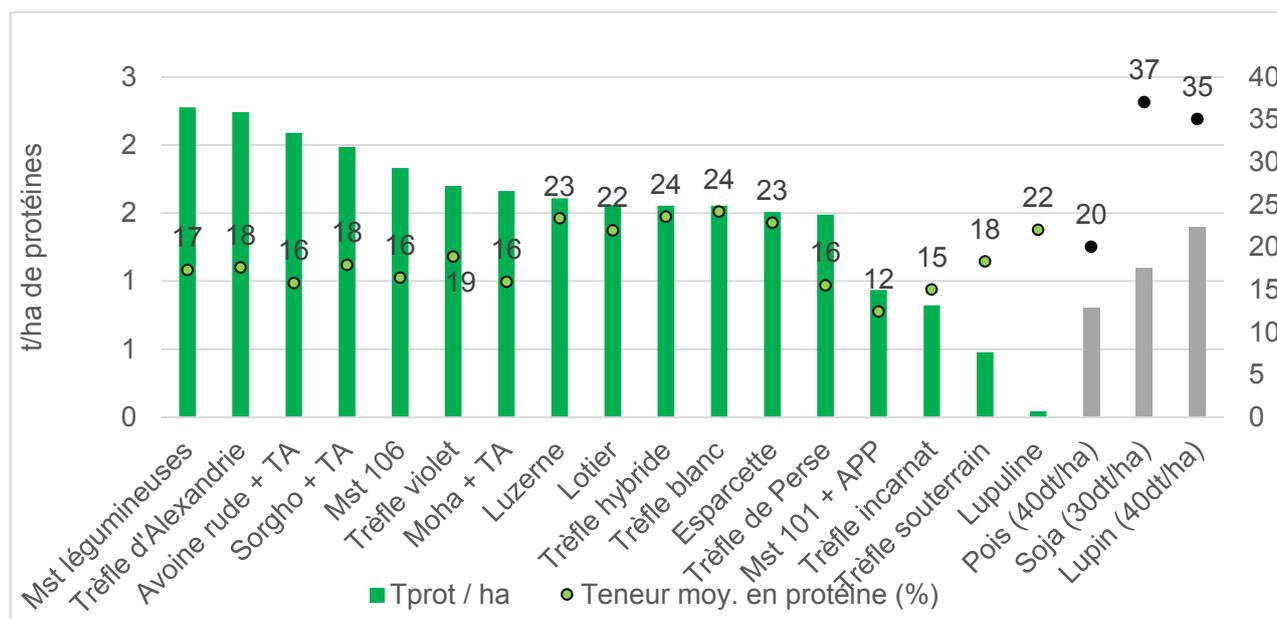
Figure 33 (droite). Essai de cultures dérobées pâturé en automne. A gauche, l'association Moha-trèfle d'Alexandrie a généré de nombreux refus, alors qu'à droite, le Mst 106 avec ray-grass Westerwold était beaucoup mieux consommé par les vaches.

Le sorgho est une graminée en C4 thermophile et très tolérante à la chaleur. En revanche, elle exige une température minimale de 12 °C à la levée. Dans les essais de cultures dérobées semées après moisson en 2015, les plantes de sorgho se sont rapidement développées, mettant à profit les bonnes conditions climatiques après la sécheresse. Par la suite, à mesure que les températures baissaient et en présence de pluies généreuses, elles ont rapidement jauni, puis bruni (image). Un deuxième essai a été semé simultanément avec le maïs à Changins, au printemps 2016. Six variétés de sorgho ont été comparées avec deux densités de semis et deux régimes de coupe (figure 34). La fraîcheur du printemps, puis la sécheresse de fin d'été ont fortement pénalisé le développement des plantes (image).



Figure 34. Récolte du sorgho multicoupe, le 3 août 2016, et monocoupe, le 9 septembre, à Changins

Une collection d'espèces de légumineuses fourragères a été semée le 11 avril 2016 à Biolley-Orjulaz, au Pied du Jura. Le fourrage a été récolté trois fois, pesé et analysé par ProConseil. Les parcelles ont été présentées à un public nombreux d'agriculteurs, dans le cadre de la journée d'information du 1<sup>er</sup> juin 2016. Bien que basés sur une seule année et sans répétition des mesures, les résultats sont présentés dans la figure 35. Ils mettent en lumière le très grand potentiel des légumineuses fourragères comme source de protéines indigènes. Une filière pourrait se mettre en place en partenariat avec le séchoir d'Orbe, dans la zone d'étude. L'intérêt est bien présent chez les éleveurs en zone de non ensilage. En effet, la récolte des jeunes prairies temporaires, souvent riches en trèfle violet, est très difficile à conditionner en sec. Enfin, les nombreux atouts de la luzerne devraient convaincre les agriculteurs sans bétail d'intégrer cette culture dans la rotation.



Figures 35. Production de protéines et teneur en protéines des légumineuses fourragères (données ProConseil, F. Meyer, 2016)

#### 4.6 Impact de la sécheresse sur le bilan fourrager

Les impacts de la sécheresse de 2015 sur l'autonomie fourragère sont illustrés à partir de deux exemples dans ce qui suit. Il s'agit de deux exploitations laitières en non-ensilage situées en zone thermique fraîche (tableau 4). Pour évaluer les effets d'une sécheresse estivale sur les récoltes de fourrages, les deux années 2014 (humide) et 2015 (sèche) sont mises en comparaison. Le tableau 5 résume les travaux de récolte réalisés et les rendements obtenus sur les surfaces fourragères lors de ces deux années. Les valeurs de rendement ont été obtenues sur la base de l'estimation des agriculteurs et des mesures effectuées sur les surfaces expérimentales (chapitres 4.2 et 4.3).

Tableau 4. Caractéristiques du troupeau et des surfaces fourragères destinées à son alimentation (vaches laitières uniquement) dans les deux exploitations.

	Exploitation sans alpage	Exploitation avec alpage
<b>Cheptel</b> (vaches laitières uniquement)		
Effectif (nombre de VL)	60	50
Production laitière annuelle (kg lait/an)	500 000	460 000
Production moyenne par VL (kg lait/VL/an)	8 300	9 200
<b>Surfaces fourragères</b> destinées aux vaches laitières		
Prairies (ha)	31.2	36
-dont pâturages	10.8 (base)+5.5 (extension)	12 (avant et après alpage)
Mais en vert (ha)	3	2
Prairies hors SAU de l'exploitation (ha)	9	-
Alpage (ha)	-	55.6
Chargement en plaine (VL/ha SFP)	1.4	1.3

Tableau 5. Date et rendement des récoltes de fourrages conservés pour les vaches laitières en 2014 et 2015 dans les deux exploitations. Dans l'exploitation avec alpage, pour les dates de fauche, les prairies pâturées avant et après alpage (en bleu) sont différenciées des prairies temporaires de fauche (en noir).

Nature du fourrage	Dates de récolte		Rendement (kg MS/ha)		Différence de rendement (2014-2015 en %)
	2014	2015	2014	2015	
<b>Exploitation sans alpage</b>					
Foin	6.06	30.05 au 15.06	6600	5280	-20%
Regain 1	23.07	01.07 au 15.07	4500	1060	-77%
Regain 2	10.09	7.09	1850	1320	-29%
	<b>Rendement annuel moyen des prairies de fauche</b>		<b>12950</b>	<b>7660</b>	<b>-43%</b>
Maïs en vert	15.08-15.10	15.08-15.10	16000	16000	0%
<b>Exploitation avec alpage</b>					
Foin	01.06 et <b>15.07</b>	20.05 et <b>01.07</b>	3250	2750	-15%
Regain 1	15.07 et <b>30.08</b>	01.07 et <b>15.08</b>	1750	1000	-43%
Regain 2	30.08	30.08	1500	1500	0%
Regain 3	-	30.09		1500	
dont bouchons d'herbe	30.09	30.09	1500	2000	0%
	<b>Rendement annuel moyen des prairies de fauche</b>		<b>6500</b>	<b>6750</b>	<b>-14%</b>
Maïs en vert	15.08-15.10	15.08-15.10	16000	18000	13%

#### Exploitation sans alpage

Selon les observations phénologiques faites en Suisse romande (Amaudruz et al., 2014, 2015) et sur les sites expérimentaux proches de ces deux exploitations, la date optimale pour la première coupe se situait le 13 mai en 2014 et le 22 mai en 2015. Or, pour chacune des années, elle n'a été réalisée au plus tôt que début juin. Questionné sur ce point, l'agriculteur sans alpage a fait le constat suivant : « Le foin, c'est ce qui garantit le fourrage. Et ce n'est pas le mois de mai qui le fera ! ». En 2015, la sécheresse s'est ressentie sur toutes les coupes, en particulier sur le premier regain. Elle a aussi engendré un ajustement des surfaces entre fauche et pâturage. En 2015, la surface d'extension a été utilisée plus vite en pâturage : le 1<sup>er</sup> regain a donc seulement concerné 23.9 ha (contre 29.4ha en 2014). Avec ces différences de rendement et de gestion des surfaces, 43% de foin-regain a été récolté en moins en 2015 par rapport à 2014. Ce manque conséquent de fourrage conservé pour la période hivernale a été comblé par l'achat de luzerne déshydratée.

#### Exploitation avec alpage

Dans l'exploitation avec alpage, bien que la première coupe ait été plus précoce en 2015, le premier regain a aussi été très impacté par la sécheresse. De plus, les surfaces fauchées ont été amoindries par la descente anticipée d'une partie du bétail de l'alpage : alors que d'ordinaire 35ha sont fauchés en premier regain, seuls 27.5ha l'ont été en 2015. A l'automne, l'agriculteur a tiré parti des bonnes conditions de pousse de l'herbe en fauchant toutes les prairies temporaires, (regain 3), en regain pour 16.5 ha et en bouchons d'herbe pour 3.5ha. D'ordinaire seules les plus productives (8 ha en 2014) reçoivent une quatrième coupe, dont la biomasse est acheminée au séchoir à Orbe. Ces ajustements ont permis de limiter la baisse de rendement de l'ensemble foin-regain-bouchons d'herbe à 14%. Le manque de fourrage conservé a ici été comblé par l'achat de bouchons d'herbe et un regain d'automne provenant de 8 ha supplémentaires hors SAU.

Les deux éleveurs ont souligné la bonne qualité des fourrages récoltés en 2015 et distribués dès la fin du pâturage : moins de chute de production laitière lors de la transition, moins de refus dans la crèche, limitation des concentrés. « Le rapport fourrage-lait est excellent », selon l'un. « On a rarement distribué aussi peu de concentrés », selon l'autre. Ils évoquent la météo favorisant la qualité des regains et les conditions de récolte. La fauche précoce a été évoquée par l'exploitant concerné, également surpris par la bonne fibrosité de la ration (équilibrée avec des bouchons paille-pulpe de betterave).

La sécheresse estivale de 2015 a également eu un impact sur l'alimentation des vaches laitières et la gestion du pâturage des deux exploitations.

### Exploitation sans alpage

Plusieurs ajustements sont notables entre 2014 et 2015 (figure 36). En 2015, la mise à l'herbe a été de 15 jours plus tardive, occasionnant un besoin supplémentaire de foin (+ 130 kg MS/VL au printemps). 90 kg MS/VL supplémentaires ont été nécessaires en été, la pâture ayant été totalement interrompue pendant 15 jours. A l'automne, de l'herbe en vert a été affouragée pour limiter l'utilisation de foin (-70 kg MS/VL). Enfin, de la luzerne déshydratée complète la ration hivernale. Ainsi, sur l'ensemble de la saison de pâturage (début mars-fin novembre), 160 kg MS/VL de foin supplémentaire ont été nécessaires en 2015. Une meilleure gestion de la pâture printanière serait une mesure à envisager pour limiter les besoins annuels en fourrages conservés, d'autant plus que la consommation d'herbe pâturée était inférieure au potentiel de croissance. L'affouragement d'herbe en vert à l'automne reste une bonne solution de secours.

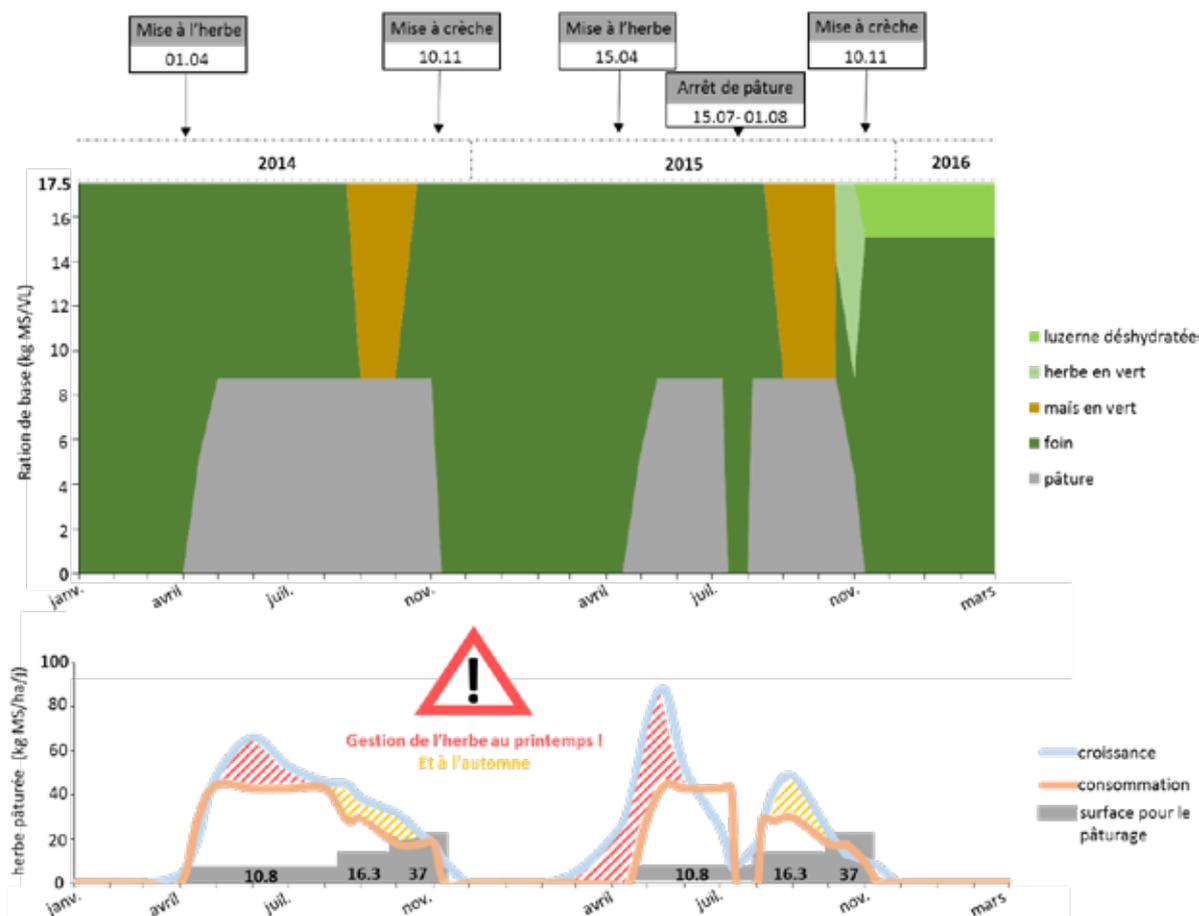


Figure 36. Profil fourrager et gestion de la pâture en 2014 et 2015 dans l'exploitation sans alpage

### Exploitation avec alpage

Dans cette exploitation, la ration a également été adaptée en 2015 par rapport à 2014, surtout concernant la gestion des pâturages (figure 37). Contrairement à l'exemple précédent, la mise à l'herbe a été plus précoce en 2015 et a permis de réduire la consommation de foin (-180 kg MS/VL au printemps). De juillet à août 2015, 190 kg MS/VL de foin supplémentaire ont été consommés à l'alpage, tout en maintenant une part d'herbe pâturée importante. L'alpage est demeuré un espace refuge moyennant un stock de sécurité. Début septembre, la descente anticipée d'une partie du troupeau a mis à profit les bonnes conditions de croissance de l'herbe en plaine. En automne, la consommation supplémentaire de foin en 2015 s'est alors limitée à 20 kg MS/VL.

Ainsi, sur l'ensemble de la saison de pâturage (début mars-fin novembre), 30 kg MS/VL de foin supplémentaires ont été nécessaires en 2015. Dans cette exploitation, une gestion optimisée du pâturage au printemps et à l'automne est aussi considérée comme une mesure de sécurisation du système en année sèche.

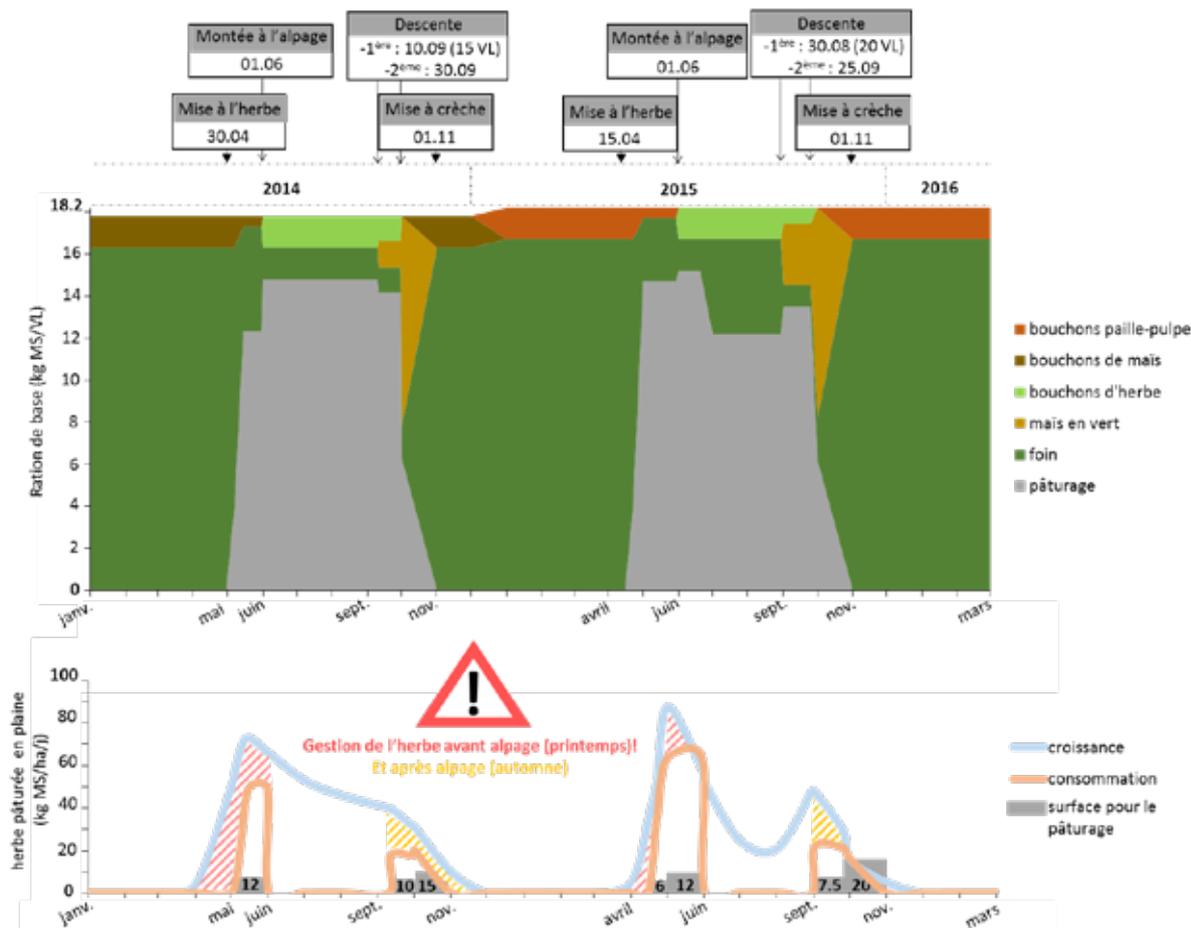


Figure 37. Ration de base et gestion de la pâture en 2014 et 2015 dans l'exploitation avec alpage

### Conclusions valables en zone de non ensilage

Lors d'une sécheresse estivale, comme en 2015, il faut s'attendre à une forte diminution de production de fourrages conservés, surtout sur les premiers regains. Cette baisse de rendement peut être limitée par un dernier regain plus productif en automne. La bonne gestion des pâturages au printemps et en automne est capitale. En plaine comme à l'alpage, il faut prévoir un stock de fourrage de réserve. Ce stock peut en partie provenir des « économies » réalisées dans le cas d'une pâture gérée à l'optimum. La sécurité apportée par le maïs en vert, fourrage très apprécié pour sa capacité à maintenir une production laitière élevée sans avoir recours au stock hivernal, ne doit pas venir occulter la gestion de la pâture automnale.

Dans la région d'étude, le chargement en bétail des exploitations correspond le plus souvent au potentiel fourrager réalisé lors d'années « normales ». Avec une recrudescence des épisodes de sécheresse, un déséquilibre entre l'offre et la demande en fourrage s'établit et conduit à une surcharge en bétail et, donc, à une perte d'autonomie fourragère. En 2015, par exemple, le chargement dépassait d'environ 20% le niveau optimal.

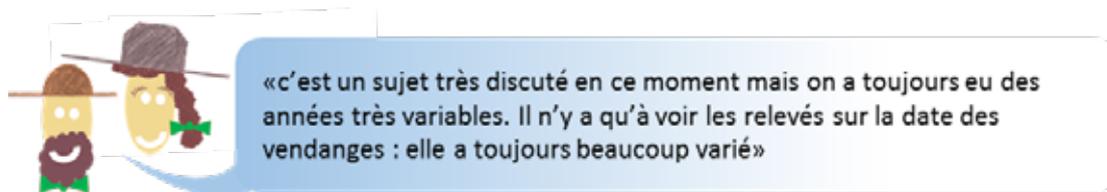
## 5 Synthèse

### 5.1 Perception du changement climatique par les éleveurs

Alors que le réchauffement est désormais bien établi au niveau mondial, les avis sur la réalité du changement climatique sont encore très partagés dans l'ensemble de la société. Et pour cause, il est estimé que les émissions actuelles n'auront un effet sur le climat que dans une cinquantaine d'années. Par conséquent, comme l'écrit F. Gemenne (2013), « il y a environ deux générations d'intervalle entre toute action sur le changement climatique et la manifestation de ses conséquences. Cette différence d'échelle de temps est particulièrement démotivante pour l'action publique ».

Dans le milieu agricole, les mêmes constats peuvent être effectués : les avis divergent et semblent dépendre, entre autre, de l'exposition actuelle des territoires aux contraintes du climat. En effet, en France, les éleveurs de zones déjà sèches du massif des Alpes se sont révélés bien plus convaincus de l'existence d'un changement climatique que ceux du massif du Jura, territoire demeurant plus humide (Sérès, 2010). Ces grandes disparités de perception se retrouvent également dans le pied du Jura vaudois, zone présentant aussi des territoires différemment exposés aux événements climatiques. Faute d'un échantillon aussi conséquent que celui de l'étude citée précédemment, nous n'avons pas cherché à mettre en lien les perceptions avec l'exposition des élevages au climat. Il s'agissait simplement de relever les avis sur la question.

Ainsi, pour certains, les événements extrêmes de la dernière décennie ne sont pas la manifestation d'un changement à plus long terme mais demeurent de simples aléas comme il en a toujours existé.



Pour d'autres, les sécheresses estivales sont des phénomènes connus avec des conséquences observables, notamment sur la production des prairies, et inquiétantes pour l'avenir d'une production laitière à base d'herbe.

«On est dans une région avec un creux de croissance de l'herbe en été, c'est connu»  
«Des années comme celle là [2015] vont devenir plus fréquentes, il faut qu'on s'y prépare»

Tous s'accordent cependant à dire, qu'une succession d'années sèches serait bien plus préjudiciable que le phénomène actuel, d'années sèches ponctuelles.

«Une année comme 2015, de temps en temps, ça va. En plus, 2014 a été une bonne année. Mais si on devait avoir plusieurs années sèches de suite, ça deviendrait problématique»

### 5.2 Conséquences de la sécheresse de 2015 sur les pratiques

Bien que chacun ait son propre avis sur la réalité du changement climatique, l'année 2015, marquée par deux mois de sécheresse estivale de mi-juin à mi-août, a nécessité une adaptation des pratiques fourragères dans bon nombre d'élevages. Les enquêtes ont permis de relever ces adaptations (tableau 6).

Tableau 6. Liste des solutions d'adaptation (agronomiques et zootechniques) employées par les éleveurs lors de la sécheresse de 2015 classées selon deux critères : mesures de prévention ou de compensation et de court terme/long terme

Solutions d'ordre agronomique  
Solutions d'ordre zootechnique

	court terme	long terme
en prévention	-affouragement de maïs en vert à l'automne	-agrandissement de la SAU fourragère : prairies de fauche chez des voisins céréaliers -réflexions sur l'intérêt de développer une production de luzerne déshydratée locale (séchoir à Orbe) -réflexions sur une réduction de la taille du troupeau -réflexions sur des races de vaches mieux adaptées au pâturage
	-prairies temporaires mieux adaptées à la sécheresse : recours à des mélanges contenant de la luzerne	
en compensation	-achat de fourrages conservés : foin et luzerne déshydratée -semis de dérobées non-hivernantes et hivernantes -prolongement du pâturage automnal -utilisation de surfaces marginales (marais) -récolte d'herbe en vert (moins appréciée par les éleveurs) -vente de vaches laitières et abandon de la partie engraissement	

Les solutions « d'urgence » face à la réalité de la sécheresse ont dû largement être employées en 2015. L'achat de fourrages a été la solution la plus utilisée avec un accent sur la luzerne déshydratée. Les solutions pour limiter l'utilisation des fourrages conservés destinés à la période hivernale ont également fortement été mobilisées (mise à profit de toutes les surfaces fourragères possibles pour le pâturage ou l'affouragement en vert, prolongement du pâturage à l'automne). Néanmoins, les réflexions se tournent largement vers une sécurisation des systèmes à plus long terme : des exploitations sont parvenues à agrandir durablement leur surface fourragère, les mélanges pour prairies temporaires plus résistants à la sécheresse sont de plus en plus employés et le maïs en vert pour l'affouragement automnal est une sécurité relevée et appréciée chez tous.

### 5.3 Quelles stratégies privilégier face au risque climatique ?

L'adaptation au changement climatique est une question encore délicate dans la région du pied du Jura Vaudois. En effet, le changement ne s'y manifeste encore pas aussi radicalement que dans d'autres régions européennes (en comparaison notamment au sud-ouest de la France et à la vallée du Rhône) ce qui n'oblige pas les éleveurs à adopter des mesures de sécurisation sur la base d'une vision à long terme. Les réflexions se font progressivement, au fil de la succession des années climatiques, parfois avec des transformations plus profondes suite à des années sèches qui sont mises en attente lorsque des années plus favorables surviennent. Pour cette raison, la classification entre mesures de compensation/prévention à court/long terme est une approche pertinente car elle permet de hiérarchiser les mesures d'adaptation en séparant les plus immédiates (court terme) de celles auxquelles l'élevage laitier doit se préparer (long terme). Les mesures répertoriées au point précédent, issues directement de la pratique, ont ainsi été enrichies par d'autres mesures de sécurisation discutées par d'autres professionnels

## 5.4 Mise en pratique des stratégies d'adaptation

### Optimiser le présent

**Varié les types de prairies.** Face à la sécheresse, une gestion différenciée des prairies permet de répartir les risques, mais elle gagne en complexité.

Les prairies temporaires composées d'espèces tolérantes au stress hydrique ont des exigences particulières.

- Les mélanges riches en légumineuses (luzerne, trèfle violet, esparcette) d'une durée de 1 à 3 ans dans la rotation des cultures sont un atout important. En revanche, le sol (profondeur, pH, perméabilité) et le mode d'exploitation (fertilisation P et K, gestion des adventives, fréquence et technique de récolte, mode de conservation) sont des facteurs essentiels à la réussite de leur culture.
- Les mélanges avec fétuque élevée doivent être utilisés (pâturage/fauche) tôt et fréquemment au printemps. Ils valorisent bien les lisiers et purin épandus en sortie d'hiver.

L'équilibre botanique des prairies de fauche permanentes intensives peut se rompre rapidement en présence de la sécheresse. Gilgen et Feller (2014) ont démontré l'augmentation de la force de concurrence de *Rumex obtusifolius* dans les prairies soumises à un stress hydrique. Sur les surfaces concernées, les coupes plus précoces, au stade épiaison du dactyle, sont à privilégier. Elles améliorent la densité de la végétation.

**Récolter au bon moment au printemps.** L'essentiel de la production se réalise durant la première moitié de la saison. Du démarrage de la végétation jusqu'à sa récolte, les variations des conditions climatiques pourraient être de plus en plus importantes. Ce changement a des conséquences sur la croissance de l'herbe et sur la réalisation des travaux de récolte des prairies de fauche. Dans ce contexte, la somme des températures est un repère d'exploitation mieux adapté qu'une date fixe. Des valeurs de référence seront complémentaires au système actuel d'observation des stades phénologiques.

**Privilégier le pâturage au printemps.** L'action de l'animal sur la végétation est bénéfique si elle est bien orchestrée. Dans une démarche d'optimisation fourragère, c'est l'herbe qui dicte la gestion du troupeau et non le contraire. Du démarrage au pic de croissance de l'herbe, les enjeux du pâturage sont particulièrement importants. Le déprimage et l'étêtage exercés par les animaux sur les graminées ont un effet de frein sur la pousse de l'herbe. La pâture précoce est une mesure utile à un bon échelonnement des parcs dans la rotation et des récoltes de fourrage. Cette période, située avant la somme des températures de 600°C, doit être gérée en pâturant rapidement l'ensemble des surfaces accessibles. Elle est suivie par le pic de croissance de l'herbe qui exige une attention maximale. Pour maintenir l'herbe pâturée à son meilleur potentiel, des mesures de hauteur d'herbe sont indispensables. Le calcul du chargement optimal est amélioré par la connaissance du taux de croissance de l'herbe en temps réel. C'est l'un des enjeux de cette étude.

**Ménager l'herbe en présence de sécheresse.** Les herbages sont constitués de plantes dont le degré de sensibilité au manque d'eau et à la chaleur est variable. Les jeunes prairies semées riches en légumineuses sont plus résistantes que les autres types d'herbages généralement riches en graminées, pour autant que la sécheresse ne soit pas trop sévère. Elles peuvent être intégrées dans la planification du pâturage comme surfaces d'extension (réserve sur pied) en été. Lors d'une sécheresse, comme celle de 2015, il est recommandé de ne plus faucher dès que les plantes flétrissent et jaunissent et d'attendre le retour des pluies. De même, le prélèvement par les animaux doit être limité. Le surpâturage est une cause de dégradation botanique et de désertification dans les régions arides.

**Varié l'offre fourragère.** La coexistence de l'élevage et des grandes cultures dans la région d'étude permet d'envisager le développement des cultures fourragères. La luzerne trouve des conditions optimales de sol et de climat au Pied du Jura. Son intégration dans la rotation des exploitations sans bétail est un potentiel à développer. Elle complète parfaitement les assolements et les rations à base de maïs plante entière. Le maïs est présent dans toutes la zone d'étude jusqu'à 900 m

d'altitude. Il est un pivot de la ration fourragère hivernale pour le lait industriel (maïs ensilage) et un levier de sécurité en fin d'été pour le lait de fromagerie (maïs vert). Une extension des surfaces cultivées en maïs est problématique, en raison des impacts environnementaux et du consentement des consommateurs plutôt négatifs. D'autres cultures fourragères annuelles se développent dans les régions plus sèches. Les mélanges de céréales et de protéagineux (méteils), ainsi que les légumineuses méditerranéennes associées au maïs, au sorgho ou à d'autres graminées thermophiles devraient trouver leur place dans la région d'étude.

### Développer le futur

**Adapter le chargement au potentiel de la surface fourragère.** Comme le montrent les résultats de cette étude, il existe encore un potentiel à mieux valoriser la pousse de l'herbe en cours de saison. La succession des dernières années sèches a cependant conduit à une pénurie chronique de fourrage qui remet en question le niveau de chargement des exploitations d'élevage. Des solutions doivent être mises en œuvre pour sécuriser les stocks de fourrage (surfaces) ou en réduire la consommation (troupeau). Dans ces démarches qui s'inscrivent dans le long terme, les éleveurs ont besoin d'une vision claire des orientations de la production laitière.

**Mieux tirer parti des complémentarités.** Par extension aux observations faites au niveau des communautés végétales, la diversité des conditions naturelles et des productions agricoles de la région est un atout face au changement climatique. Une réflexion plus large doit être engagée sur la gestion collective des ressources inhérentes aux systèmes d'élevage. Elle concerne la ressource en eau, lorsqu'il s'agit d'abreuver les troupeaux ou d'irriguer les cultures. L'approvisionnement en protéines est un autre sujet d'actualité, en lien avec le développement du séchoir à Orbe. Le rôle des zones d'estivage comme espace refuge pour la production laitière est également à considérer. Enfin, les échanges entre voisins (contrats d'élevage ou de culture) sont des leviers d'action accessibles à chacun.

**Rendre attractive et professionnelle la gestion de l'herbe.** Bien qu'il soit difficile de réduire la gestion des herbages à des règles de conduite aussi simple que celles d'une monoculture, leur complexité est un obstacle qui doit être levé. Produire du lait avec de l'herbe sera toujours possible en Suisse dans 50 ans. En revanche, des importations massives de fourrage ne sont pas une solution au changement climatique. L'équilibre entre les besoins du troupeau et le potentiel fourrager de l'exploitation engendre les meilleurs profits. Pour y parvenir, des outils d'aide à l'exploitation herbagère doivent être développés.

## **5.5 Mise en place d'un observatoire de l'herbe**

Les conditions météorologiques et leur prévision servent de base de décision pour les récoltes des cultures. Durant toute l'année, la gestion des prairies de fauche doit intégrer plusieurs coupes et celle des pâturages la présence répétée des animaux. Les températures et les précipitations sont l'accélérateur et les freins de la croissance de l'herbe. La modélisation de ces mécanismes permet une bonne approximation du potentiel de production des prairies et des pâturages intensifs. Testé dans la région d'étude, il est prévu d'implémenter le modèle de simulation de croissance de l'herbe dans le réseau des stations météo. Cette démarche pourra être expérimentée prochainement dans le cadre du projet Obs'herbe porté par Agroscope et soutenu par l'ADCF. Un observatoire de l'herbe sera mis en place dans diverses régions de Suisse, dès le printemps 2017. Par la suite, le dispositif fournira des informations régionalisées et actuelles sur les valeurs agronomiques des prairies et de pâturages. Le développement des outils d'aide à la décision sera poursuivi dans le cadre du prochain programme d'activité 2018-21 d'Agroscope.

## 6 Conclusion et perspectives

Le climat a changé et continuera de le faire à l'avenir. Au cours des trois années du projet, la région du pied du Jura vaudois a subi deux sécheresses, dont l'une, en été 2015, qui a provoqué des pertes de rendement annuel de l'ordre de 20 à 40% sur les surfaces herbagères. Dès lors, les producteurs de lait, mais également les autres éleveurs, doivent faire face à des pénuries de fourrage. Dans le contexte actuel où les prix du lait ou de la viande parviennent à peine à couvrir les frais de production, des alternatives à l'achat et aux importations de fourrage doivent être développées. La gestion des herbages présente encore une marge de progrès dans la majeure partie des exploitations. Les résultats de cette étude montrent notamment que la valorisation de l'herbe au printemps peut être améliorée. Une approche économique du coût de l'alimentation est utile à sensibiliser les praticiens au potentiel que représente la pâture. Comparativement à un affouragement à la crèche, cela peut représenter une économie de 5 à 10 ct par litre de lait produit. Il s'agit donc de former les conseillers et les praticiens dans cette voie. D'autre part, une amélioration des prédictions de croissance de l'herbe est indispensable pour que le pâturage gagne en importance. D'autres pistes d'adaptation sont proposées au terme du projet. A l'échelle de la région, la mise en réseau des producteurs, à travers des groupes d'intérêt ou des bourses d'échange de fourrage, est une perspective à prendre en compte. Enfin, l'évaluation du potentiel naturel de la région indique clairement que le niveau de chargement en bétail est généralement trop élevé. Le nombre et le type des animaux devraient être réévalués dans de nombreux cas. Cependant, une collaboration avec les exploitations de grandes cultures peut aussi contribuer à rétablir le bon équilibre entre l'offre et la demande en fourrages. Ainsi, une extension des prairies temporaires, riches en légumineuses, est une solution au maintien d'une agriculture durable. En conclusion, l'adaptation de la production fourragère au changement climatique est multifactorielle. Elle repose à la fois sur le développement de nouvelles références (modèle agro-climatique, espèces adaptées à la sécheresse) utiles à une valorisation optimisée des herbages et sur la mutualisation des ressources au sein de la région.

### Références

- Amaudruz M., Vuffray Z., Deléglise C., Jeangros B. & Meisser M., 2016. Valeur des fourrages-Stades de développement des prairies. Fiche technique ADCF-Agridea 2.7.3.1, 2 pages.
- Amiaud B. et Carrère P. 2012. La multifonctionnalité de la prairie pour la fourniture de services écosystémiques. *Fourrages* 211, 229-238.
- Baumgartner H. 2016. La Suisse est un pays d'herbages. *Environnement* 3, 8-11.
- Bosshard A. 2016. Das Naturwiesland der Schweiz und Mitteleuropas. Mit besonderer Berücksichtigung der Fromentalwiesen und des standortgemässen Futterbaus. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Haupt. 265 pages.
- Bossuyt N. 2015. Optimisation de la gestion des prairies de fauche dans le canton de Vaud, dans un contexte de sécheresses estivales. Travail de Master AgroCampus Ouest, 59 pages.
- Calanca P., Deléglise C., Martin R., Carrère P. et Mosimann E. 2016. Testing the ability of a simple grassland model to simulate the seasonal effects of drought on herbage growth. *Field Crops Research*. 187, 12-23.
- Corrall A.J. et Fenlon J.S. 1977. A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *Journal of agricultural sciences* 91, 61-67.
- Cuttulic E. 2013. Rapport sur la situation du lait dans le Canton de Vaud. Rapport Prolait.
- Daccord R., Wyss U., Jeangros B. et Meisser M. 2006. Estimation de la valeur nutritive du fourrage des prairies. Fiche technique ADCF 2.7.1, 3ème édition, 4 pages.
- Deléglise C., Meisser M., Spiegelberger T., Mosimann E., Jeangros B. et Buttler A. 2015. Drought-induced shifts in plants traits, yields and nutritive value under realistic grazing and mowing managements in a mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 213, 94-104.
- Dussouillez C. 2014. Caractérisation agro-écologique des herbages d'une filière laitière. Travail de Master EPFL, 78 pages.
- Finger R., Gilgern AK., Prechsl U.E., Buchmann N. 2013. An economic assessment of drought effects on three grassland systems in Switzerland. *Regional Environmental Change* 13, 365-374
- Fuhrer J., Jasper K. 2009. Bewässerungsbedürftigkeit von Acker- und Grasland im heutigen Klima. *Agrarforschung*. 16, (10), 396-401.
- Gemenne F. 2013. Impacts géopolitiques du changement climatique. L'agriculture au cœur des enjeux. *Fourrages* 214, 87-90.,

- Gilgen A.K. et Feller U. 2014. Effects of drought and subsequent rewatering on *Rumex obtusifolius* leaves of different ages: reversible and irreversible damages. *Journal of Plant Interactions* 9, Issue 1.
- Hofstetter P., Frey H., Petermann R., Gut W., Herzog L. et Kunz P. 2011. Comparaison de systèmes de production laitière à Hohenrain. Garde à l'étable vs garde au pâturage - alimentation, performances et efficacité. *Recherche agronomique Suisse* 2(9), 402-411.
- Huyghe C., Bournoville R., Couteaudier Y., et al. 2005. Prairies et cultures fourragères en France : entre logiques de production et enjeux environnementaux. Versailles : Inra Editions. 202 pages.
- Lelièvre F., Sala S., Ruget F., Volaire F. (2011). Evolution climatique du Sud de la France 1950-2009, Projet CLIMFOUREL PSDR-3, Régions L-R, M-P, R-A. Série Les Focus PSDR3.
- Lemaire G., Salette J. 1984. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. II. - Etude de la variabilité entre géotypes. *Agronomie* 4(5), 431-436.
- Lemaire G. 2007. Les sécheresses passées et à venir : quels impacts et quelles adaptations pour les systèmes fourragers ? *Fourrages* 190, 163-180.
- Meisser M., Deléglise C., Mosimann E., Signarbieux C., Mills R., Schlegel P., Buttler A. et Jeangros B. 2013. Effets d'une sécheresse estivale sévère sur une prairie permanente de montagne du Jura. *Recherche Agronomique Suisse* 4(11+12), 476-483.
- Moreau J.C., Beauchamp J.-J. et Frappat B. 2014. Rénover le conseil autour de la prairie : les propositions du projet PraiCoS. *Fourrages* 219, 235-245.
- Mosimann E. 2005. Caractéristiques des pâturages pour vaches laitières dans l'ouest de la Suisse. *Revue suisse d'agriculture*. 37, (3), 99-106.
- Mosimann E., Meisser M., Deléglise C. et Jeangros B. 2012. Potentiel fourrager des pâturages du Jura. *Recherche Agronomique Suisse* 3(11+12), 516-523
- Mosimann E., Deléglise C., Demenga M., Frund D., Sinaj S., Charles R. 2013. Disponibilité en eau et production fourragère en zone de grandes cultures. *Recherche Agronomique Suisse* 4(11+12), 468-475
- Schreiber K. F., Kuhn N., Hug C., Häberli R. & Schreiber C., 1977. Niveaux thermiques de la Suisse. Département Fédéral de Justice et Police, Bern, CH.
- Sérès C., 2010. L'agriculture face au changement climatique en zone de montagne : évolutions climatiques, perception des éleveurs et stratégies d'adaptation des systèmes fourragers. *Fourrages* 204, 297-306.
- Suter D., Rosenberg E., Mosimann E., Frick R. 2017. Mélanges standard pour la production fourragère : Révision 2017-2020. *Recherche Agronomique Suisse*. 8, (1), 1-16.
- Thomet P., Rätzer H. et Durgjai B. 2002. Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. *AgrarForschung* 9(9), 404-409.
- Voisin A. 1957. Productivité de l'herbe. Editions Flammarion, Paris, 467 pages.
- Vuffray Z. 2015. Etude du développement phénologique de plantes prairiales. Travail de Master EPFL, 40 pages.
- Vuffray Z., Deléglise C., Amaudruz M., Jeangros B., Mosimann E. et Meisser M. 2016. Développement phénologique des prairies de fauche – 21 ans d'observations. *Recherche Agronomique Suisse* 7(7+08), 322-329.
- Wirthner J. 2014. Rendement et valeur nutritive des prairies de fauche au printemps. Travail de Master EPFL, 50 pages.
- Zapata J., 2014. Lait's go. Spécial pâturage. FIDOCL conseil élevage, 3.