



**HAL**  
open science

# Optimisation de la gestion des prairies de fauche dans le canton de Vaud (Suisse), dans un contexte de sécheresses estivales

Nadège Bossuyt

## ► To cite this version:

Nadège Bossuyt. Optimisation de la gestion des prairies de fauche dans le canton de Vaud (Suisse), dans un contexte de sécheresses estivales . Sciences agricoles. 2015. dumas-01243184

**HAL Id: dumas-01243184**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01243184>**

Submitted on 14 Dec 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AGROCAMPUS  
OUEST

CFR Angers

CFR Rennes



Année universitaire : 2014.- 2015

Spécialité :

Production Animale

Spécialisation (et option éventuelle) :

Ingénierie Zootechnique

### Mémoire de Fin d'Études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

# Optimisation de la gestion des prairies de fauche dans le canton de Vaud (Suisse), dans un contexte de sécheresses estivales

Par : Nadège BOSSUYT



**Soutenu à Rennes**

**le 17/09/2015**

**Devant le jury composé de :**

Président : Yannick Le Cozler

Rapporteur : Anne-Lise Jacquot

Maître de stage : Eric Mosimann

Enseignant référent : Catherine Disenhaus

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST*



## Remerciements

Je remercie Eric Mosimann pour son aide tout au long de la réalisation de mon stage de fin d'étude, pour sa disponibilité, ses nombreuses relectures et pour m'avoir aussi donné l'occasion de participer aux multiples et diverses activités du groupe des Systèmes pastoraux d'Agroscope Changins.

Un grand merci également à Claire Deléglise pour son aide précieuse au traitement des données et pour ses nombreux conseils avisés.

Un troisième, et non des moindres, merci à David Frund, pour ses multiples coups de mains terrain, ses réflexions partagées sur les prairies, l'agriculture et le sens de toute chose.

Merci à tous les autres herbivores fixes et de passage, Zoé, Marco, Luc, Christophe, Philippe, César, Amarante et Antoine pour les bons moments partagés. C't'équipe est formidable !

A tous les membres des équipes couverts végétaux et nutrition des plantes, aux intermittents de la salle de pause et du bureau des stagiaires, mes plus amicales et sincères salutations.

Je remercie également les professeurs du laboratoire de Production Animale d'Agrocampus-Ouest, et plus particulièrement Yannick Le Cozler, Catherine Disenhaus et Anne-Lise Jacquot, pour la formation dispensée à Rennes et pour m'avoir suivie et encouragée ces dernières années.



# Table des matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>1. CONTEXTE</b> .....	3
<b>1.1. Pourquoi et comment optimiser la gestion des prairies de fauche des élevages laitiers du canton de Vaud ?</b> .....	3
La Suisse, « pays d’herbages » et de production laitière.....	3
Vers une intensification de la production laitière suisse.....	3
Le canton de Vaud, un important producteur de lait dans une diversité de conditions pédoclimatiques.....	4
Développer un outil de gestion des prairies de fauche reflétant la diversité des communautés végétales, des systèmes de production et des conditions pédoclimatiques du canton de Vaud.....	4
<b>1.2. Pourquoi s’intéresser à l’optimum quantité-qualité et au lien entre la valeur agronomique du fourrage produit et les données météo comme la somme des températures ?</b> .....	5
Rendement et valeur nutritive des graminées fourragères : deux paramètres évoluant en sens inverse.....	5
La méthode actuelle d’évaluation, en fin de saison, de la valeur agronomique des prairies de fauche : suivi de la phénologie des principales espèces prairiales.....	6
Le suivi de la valeur agronomique des prairies au printemps par la somme des températures, un moyen d’anticiper la pousse de l’herbe en temps réel.....	6
<b>1.3. Pourquoi s’intéresser à l’effet des pratiques d’exploitation des prairies en premier cycle sur la valeur agronomique de l’herbe en deuxième cycle ?</b> .....	7
L’exploitation des ressources, une étape importante pour la réalisation du stock fourrager.....	7
Un manque de références sur la gestion conjointe des cycles d’exploitation successifs des prairies de fauche.....	7
<b>2. MATERIEL ET METHODE</b> .....	8
<b>2.1. Prairies, protocole et données récoltées</b> .....	8
Des parcelles représentatives de la diversité des prairies de fauche rencontrées dans le canton de Vaud.....	8
Un dispositif permettant d’échelonner les récoltes en 1 <sup>ère</sup> et 2 <sup>ème</sup> coupe.....	9
Un calendrier de récolte en adéquation avec la diversité des pratiques de gestion des prairies de fauche du canton de Vaud.....	9
Un protocole de récolte de données alliant relevés terrain et analyses en laboratoire.....	10
<b>2.2. Méthodes de traitement des données utilisées pour l’analyse des deux premiers cycles d’exploitation de l’herbe</b> .....	11
<b>2.2.1. Analyse du lien entre la somme des températures et l’exploitation de l’herbe en premier cycle</b> .....	11
<b>2.2.2. Vérification des choix de la saison 2014, par régressions linéaires et ANOVA</b> .....	11
<b>2.2.3. Classement des prairies par une ACP portant sur les évolutions de rendement et de valeur nutritive lors de la première pousse de printemps</b> .....	12



## Table des matières (suite)

2.3. Analyse de l'effet du premier cycle d'exploitation sur le second et conséquences pour la constitution des stocks fourragers annuels.....	12
2.3.1. Effet de la date de première coupe sur le deuxième cycle de pousse de l'herbe.....	12
2.3.2. Recherche d'un « optimum annuel » de gestion des prairies de fauche.....	12
<b>3. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>13</b>
3.1. Exploitation de l'herbe en 1 <sup>er</sup> cycle en lien avec la somme des températures.....	13
3.1.1. Vérification des effets zone thermique et type de prairie sur l'évolution du rendement en premier cycle.....	13
3.1.2. Classement des prairies par une ACP portant sur l'évolution de leur valeur agronomique lors de la première pousse au printemps.....	15
3.2. Effet du premier cycle d'exploitation sur le second et conséquences sur la valeur agronomique des deux premières coupes cumulées.....	18
3.2.1. Effet de la date de première exploitation sur la valeur agronomique de la repousse.....	18
3.2.2. Modes de gestion des deux premières coupes permettant d'optimiser la valeur agronomique du fourrage récolté.....	19
3.2.3. Pour aller plus loin : pistes complémentaires pour améliorer la valeur agronomique du fourrage récolté au printemps.....	20
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>21</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	





## Table des figures

Figure 1 : Place de l'élevage herbivore, de l'élevage bovin lait et de ses produits dans l'agriculture Suisse.....	3
Figure 2 : Extrait de la carte des niveaux thermiques de la Suisse entre le lac Léman et la vallée de Joux dans le canton de Vaud (Schreiber,1977).....	4
Figure 3 : Résultats de la première année du projet milClim pour élaborer un outil d'aide à la gestion des prairies de fauche dans le canton de Vaud (Dussouillez,2014 et Wirthner,2014).....	4
Figure 4 : Evolution du rendement et de la valeur nutritive des graminées fourragères au cours de la pousse de printemps en relation avec l'évolution de leur phénologie (Gillet,1980).....	5
Figure 5 : Synthèse de la fiche technique Agridea permettant d'évaluer la valeur nutritive du fourrage des prairies de fauche récolté au printemps 2013 (Jeangros et Deléglise, 2014 ;Daccord et al,2006).....	6
Figure 6 : Classement des prairies en fonction des pratiques d'exploitation (fréquence des utilisations et niveau de fertilisation)(Sinaj et al,2009).....	7
Figure 7 : Carte de répartition des douze prairies étudiées en 2015.....	8
Figure 8 : Calendrier de récolte des échantillons d'herbe en première et deuxième coupe.....	9
Figure 9 : Schéma du dispositif de récolte des échantillons d'herbe pour les analyses de la valeur agronomique du fourrage et photographie du dispositif sur le site de Moudon prairie permanente.....	9
Figure 10 : Protocole réalisé à chaque récolte pour suivre la valeur agronomique du fourrage.....	10
Figure 11 : Méthode permettant de vérifier les effets « zone thermique » et « type de prairie » sur l'évolution du rendement des prairies de fauche au printemps.....	11
Figure 12 : Evolution du rendement des 28 prairies étudiées en 2014 et 2015 en fonction de la somme des températures et intervalle de la valeur de SDT seuil.....	13
Figure 13 : ACP(graphique des individus)comprenant les prairies des deux années d'étude analysées selon les évolutions de leur rendement et de leur valeur nutritive au printemps et essai de regroupement pour les prairies permanentes.....	15
Figure 14 : ACP(graphique des individus) comprenant les prairies des deux années d'étude analysées selon les évolutions de leur rendement et de leur valeur nutritive au printemps et pistes de variables complémentaires expliquant les différences de rendement.....	16
Figure 15 : Effet de la date de première coupe sur le rendement en deuxième coupe, après cinq semaines de repousse et significativité des différences observées.....	18
Figure 16 : Effet de la date de première coupe sur la valeur nutritive en deuxième coupe, après cinq semaines de repousse et significativité des différences observées.....	18
Figure 17 : Effet de la date de première coupe sur la valeur agronomique des deux premières coupes cumulées, pour une repousse de cinq semaines et significativité des différences observées.....	19
Figure 18 : Effet du temps de repousse (quatre et six semaines) sur la valeur agronomique de la repousse (à gauche : rendement ; à droite : valeur nutritive) et significativité des différences observées.....	20
Figure 19 : Effet d'un déprimage sur la valeur agronomique de l'herbe récoltée en première coupe (à gauche : rendement ; à droite : valeur nutritive) et significativité des différences observées.....	20



## Table des tableaux

Tableau 1 : Exploitations laitières et production laitières en 2012/2013 en Suisse et dans le canton de Vaud en comparaison avec la moyenne française (OFAG,2014 et CNIEL,2015).....	3
Tableau 2 : Echelle utilisée en Suisse romande pour quantifier le développement phénologique des espèces prairiales et calculer le Stade Equivalent Dactyle d'une prairie (Jeangros et Amaudruz,2005).....	6
Tableau 3 : Liste des variables utilisées dans l'ACP pour regrouper les prairies étudiées suivant l'évolution de leur rendement et de leur valeur nutritive au cours de la première pousse au printemps.....	12
Tableau 4 : Résultats des ANOVA (ddl, F-value,P-value) testant les effets du type de prairie et de la zone thermique sur les pentes des droites de régression du rendement en fonction de la date et de la somme des températures pour les deux années d'étude et chaque année séparément.....	14



## Liste des abréviations

OFAG : Office Fédéral de l'AGriculture

MS : Matière Sèche

PLVH : Production de Lait et de Viande basée sur les Herbages

SAU : Surface Agricole Utile

AOP: Appellation d'Origine Protégée

OGM: Organisme Génétiquement Modifié

PP: Prairie Permanente

PT: Prairie Temporaire

SED: Stade Equivalent Dactyle

CB: Cellulose Brute

MAT: Matière Azotée Totale

dMO: digestibilité de la Matière Organique

NEL: énergie nette pour la production laitière ( $UFL = NEL/6.7$ )

NEV: énergie nette pour la production de viande ( $UFV = NEV/7.3$ )

PAIA: protéines alimentaires absorbables dans l'intestin

PAIN: protéines alimentaires absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de la matière azotée dégradée dans la panse

PAIE: protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de l'énergie disponible dans la panse

PPL NEL: Potentiel de Production Laitière selon les NEL

PPL PAIE: Potentiel de Production Laitière selon les PAIE

SDT: Somme Des Températures

ANOVA: Analysis Of VAriance

ACP: Analyse en Composantes Principales



## INTRODUCTION

En Suisse comme en Europe, les prévisions climatiques à l'horizon 2050 sont une augmentation des températures saisonnières moyennes et une diminution des précipitations estivales. Les changements attendus comportent également des périodes de sécheresse plus fréquentes, plus intenses et plus longues (CH2011, 2011). Cette problématique est déjà présente en Suisse, notamment dans le Canton de Vaud où la sécheresse estivale de l'année 2003 a fortement réduit la ressource fourragère des exploitations laitières en plaine comme en montagne, avec des conséquences sur plusieurs années. Par exemple, dans la région du pied du Jura, la forte diminution de la croissance de l'herbe au cours de l'été 2003 s'est accompagnée d'une perte d'environ 40% du rendement annuel des pâturages (Mosimann et al., 2012). Ce sont aussi d'autres considérations qui font de l'autonomie fourragère une question d'actualité en Suisse. Les herbages occupent une part importante du territoire suisse (30%) mais surtout de la surface agricole utile (74%). Après les céréales, les prairies temporaires, 130'000 ha, occupent le deuxième rang dans les terres assolées (OFS, 2015a). De plus, la réputation de la Suisse comme « pays d'herbages » (OFS, 2015a) est mise en avant dans de nombreux produits laitiers comme les fromages d'Appellation d'Origine Protégée (AOP). En termes de politique agricole, l'accent est également mis sur la vocation herbagère de la Suisse depuis l'entrée en vigueur de la politique agricole 2014-2017. Une nouvelle prime, la Production de Lait et de Viande basée sur les Herbages (PLVH), mettant l'accent sur l'utilisation de l'herbe pour l'alimentation des bovins, a alors été introduite. **Mais comment maintenir/augmenter la part d'herbe dans la ration des bovins dans les conditions climatiques présentes et à venir ?** Plusieurs pistes sont étudiées dans le projet MilClim porté par Agroscope (centre de recherche agronomique suisse) dans le cadre du programme pilote de la Confédération, *Adaptation aux changements climatiques*, soutenu, pour son volet concernant l'agriculture, par l'Office Fédéral de l'AGriculture (OFAG).

Le projet MilClim est centré sur un réseau d'exploitations laitières du canton de Vaud et s'échelonne sur une période de trois ans, de 2014 à 2016. Il s'attache à décrire les effets d'une sécheresse sur les herbages, mais aussi à proposer des solutions pour optimiser et maximiser la part d'herbe dans l'alimentation des troupeaux. Dans cette optique, la croissance de l'herbe des prairies de fauche, comme des pâturages, est étudiée pour diverses conditions d'altitude, de manière à préciser les effets du climat. Des essais de mélanges graminées-légumineuses et de cultures dérobées plus résistants à la sécheresse sont également entrepris dans ce projet.

Notre travail s'inscrit dans la partie du projet MilClim consacrée aux prairies de fauche. L'accent est mis dans un premier temps sur leur production au printemps, lors du premier cycle d'exploitation. A cette période l'importante ressource fourragère peut constituer 50 à 60% du rendement annuel en Matière Sèche (MS)(Jeangros et al., 1994). Il s'avère fondamental d'en optimiser la gestion afin de récolter du fourrage de qualité en quantité, pour la période hivernale, voire même estivale en cas de sécheresse. La valeur agronomique (rendement et valeur nutritive) d'une prairie en premier cycle est dépendante d'une multitude de facteurs, dont les facteurs climatiques (De Montard, 1981). Dans diverses régions françaises, la relation entre la somme des températures et le rendement des herbages est utilisée pour raisonner le moment opportun de récolte en premier cycle d'exploitation (Theau and Zerourou, 2008).



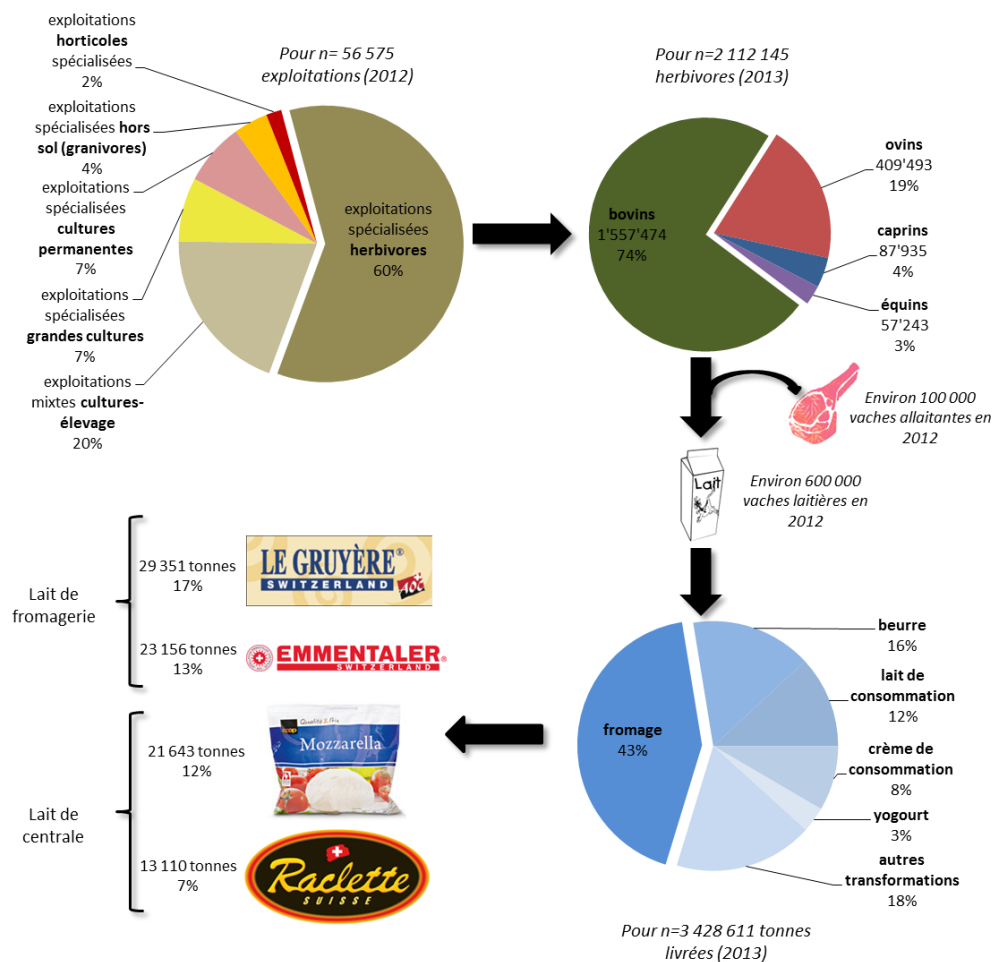


Le présent travail vise à approfondir les relations entre la valeur agronomique (rendement et valeur nutritive) du fourrage en première pousse et les conditions climatiques, en particulier les températures au printemps. Il s'agira, *in fine*, d'évaluer la possibilité d'utiliser ces données climatiques pour déterminer une, ou plusieurs, période(s) de récolte optimale des prairies de fauche et ainsi améliorer les systèmes actuels de prédiction de la valeur agronomique du fourrage au printemps. Ainsi, la question suivante se pose :

**Comment utiliser la somme des températures pour prédire la valeur agronomique des prairies de fauche au cours du premier cycle d'exploitation ?**

Dans un second temps, ce travail est étendu au deuxième cycle d'exploitation de l'herbe. En effet, une deuxième fauche est envisageable au printemps. Optimiser la gestion des prairies de fauche au printemps, avant une éventuelle sécheresse estivale, passe donc par l'optimisation conjointe des deux premières coupes. La production des repousses est influencée par des paramètres climatiques mais également par des choix de gestion, tels que la date de première coupe et l'intervalle entre coupes (Jeangros, 1993), (Jeangros and Scehovic, 1996). D'où cette seconde question posée :

**Quelle(s) gestion(s) des deux premiers cycles d'exploitation de l'herbe au printemps permet une conduite optimale des prairies de fauche ?**



**Tableau 1: Exploitations laitières et production laitière en 2012/2013 en Suisse et dans le canton de Vaud en comparaison avec la moyenne française (OFAG,2014 et CNIEL,2015)**

Année laitière 2012/2013	Suisse				Canton de Vaud				France total
	total	Évolution 2000/2012-2013 (%)	plaine	montagne	total	Évolution 2000/2012-2013 (%)	plaine	montagne	
Nombre d'exploitations commercialisant du lait	24 103	-36.7	13 370	10 733	1 169	-42.4	828	341	70 000
Taille moyenne des exploitations (ha)	24	+26.7	26	22	38	+24.3			88
Nombre moyen de VL par exploitation	23	+29.2	26	18	27	+27.9			52
Quantité moyenne commercialisée par exploitation (kg de lait)	135 440	+65.8	167 775	95 161	170 118	+51	155 658	43 210	330 000
Lait commercialisé par vache (kg/VL/an)	5 990	+19.9	6 437	5 198	6 300	+51			6 800

# 1. Contexte

## 1.1. Pourquoi et comment optimiser la gestion des prairies de fauche des élevages laitiers du canton de Vaud ?

*La Suisse, « pays d'herbages » et de production laitière*

Plus d'un tiers de la surface totale de la Suisse est occupée par l'agriculture. En effet, la Surface Agricole Utile (SAU) occupe 24%, et les alpages 12% du territoire Suisse. Les surfaces herbagères constituent l'écrasante majorité de la SAU (71% de la SAU) (OFS, 2015a) et sont valorisées par des productions animales, notamment par l'élevage herbivore, comme le reflète l'orientation technico-économique des exploitations suisses (Figure 1, en haut à gauche). L'élevage bovin compte la majorité des effectifs d'herbivores avec une forte dominance de l'élevage bovin laitier (figure 1, en haut à droite)(OFS, 2015b). Le lait de vache produit en Suisse est majoritairement transformé en fromage (figure 1, en bas à droite). Deux types de lait, donnant lieu à deux grilles de rémunération, sont communément distingués : le lait non-ensilage (lait de fromagerie) et le lait avec ensilage (lait de centrale). Le gruyère d'Appellation d'Origine Protégée (AOP) et l'Emmentaler AOP constituent les deux principales variétés de fromage fabriquées à partir de lait de fromagerie. Ils comptabilisent à eux deux presque 30% de la production fromagère suisse. Viennent ensuite la mozzarella et le raclette suisse, tous deux fabriqués en majorité à partir de lait de centrale (figure 1, en bas à gauche)(FPSL, 2013). Ainsi, deux modes d'exploitation des prairies de fauche se distinguent suivant les débouchés du lait produit : les systèmes ensilage et les systèmes foin-regain. (Agridea, 2011)

*Vers une intensification de la production laitière suisse*

La production laitière suisse suit les mêmes tendances de développement qu'à l'échelle européenne. Le nombre d'exploitations laitières est en constante diminution depuis 20 ans, alors que la taille des troupeaux et le niveau laitier moyen augmentent (tableau 1)(OFAG, 2014). La surface des exploitations ne s'accroît pas proportionnellement au nombre d'animaux entraînant une augmentation du chargement en bétail. L'intensification de la production laitière s'accompagne d'un recours accru aux concentrés : la quantité de concentrés dans la ration des vaches laitières a plus que doublé en 20 ans passant en moyenne de 300 kg en 1990 à 800kg en 2012 (Reidey and Ineichen, 2015). Cette augmentation de la part des concentrés suscite de nombreuses questions surtout dans le contexte actuel de fluctuation du prix des matières premières, de prise de conscience de l'impact environnemental de certains modes d'élevage ou encore de méfiance des consommateurs envers les produits contenant des Organismes Génétiquement Modifiés (OGM). Si en Suisse les exploitations laitières s'approvisionnent localement en matière de fourrages (selon Cutullic et al. (2012), dans le canton de Vaud, en moyenne 99% des fourrages proviennent de moins de 50km de l'exploitation) il n'en est pas de même des composés protéiques de la ration, dont l'origine, essentiellement brésilienne, est lointaine. L'herbe exploitée au bon stade est une bonne source de protéines qui permet de limiter cette dépendance. Ainsi, en plus de sécuriser les systèmes laitiers en cas de sécheresse estivale, l'optimisation de la gestion des prairies de fauche s'inscrit aussi dans une logique de réduction de la dépendance protéique des exploitations laitières.

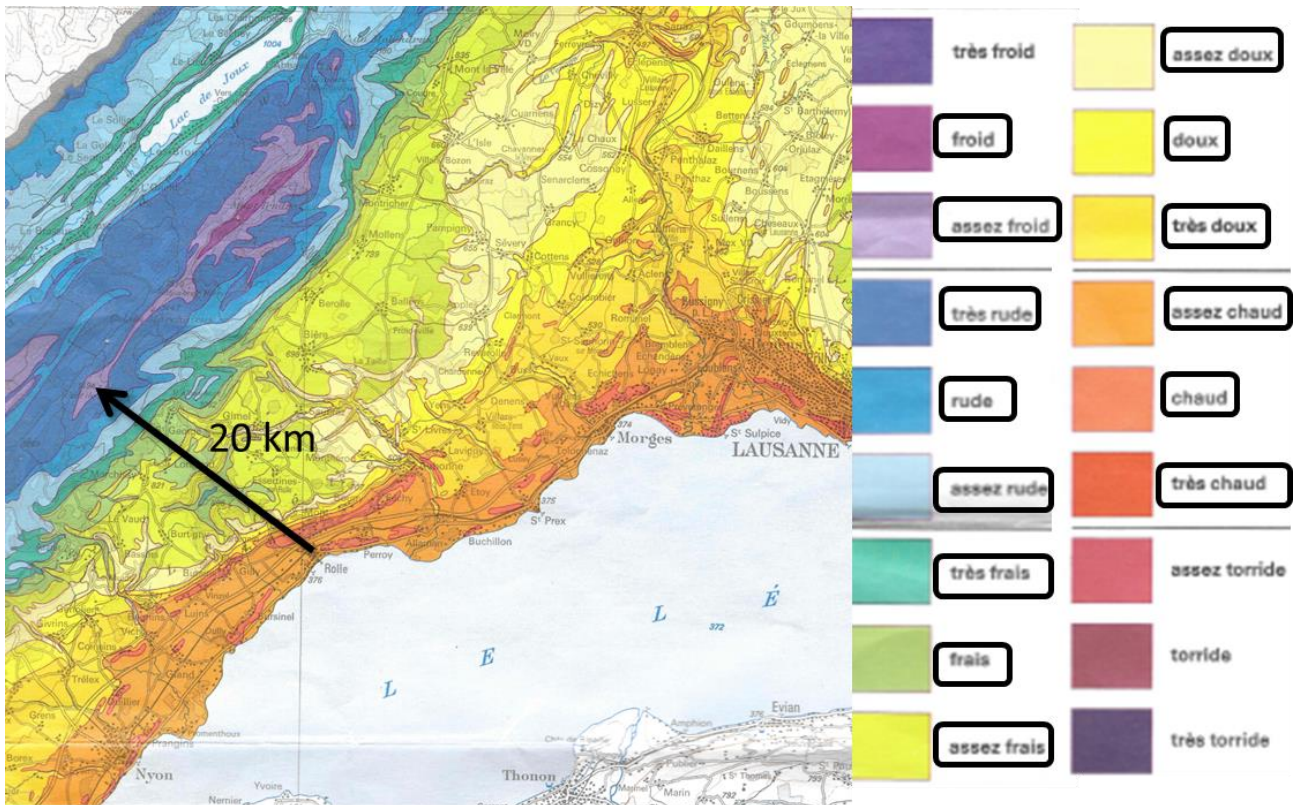


Figure 2: Extrait de la carte des niveaux thermiques de la Suisse entre le lac Léman et la vallée de Joux dans le canton de Vaud (Schreiber, 1977). La légende énumère les 18 niveaux thermiques rencontrés en Suisse, les encadrés noirs représentent ceux rencontrés dans le canton de Vaud.

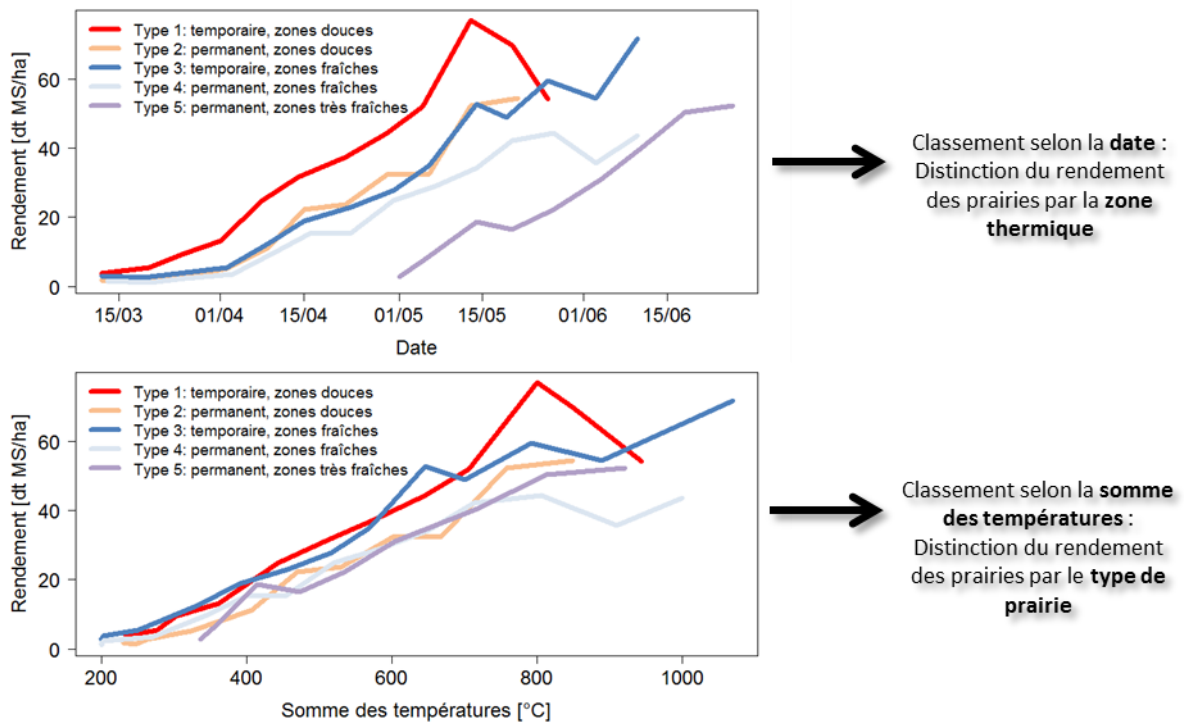


Figure 3: Résultats de la première année du projet milClim pour élaborer un outil d'aide à la gestion des prairies de fauche dans le canton de Vaud (Dussouillez, 2014 et Wirthner, 2014).

### *Le canton de Vaud, un important producteur de lait dans une diversité de conditions pédoclimatiques*

Cette description de l'élevage laitier en Suisse et des problématiques associées s'applique à l'échelle du canton de Vaud. Six pourcents de la production laitière nationale est réalisée dans le canton de Vaud ce qui en fait le 7<sup>ème</sup> (sur 26 cantons) plus grand producteur de lait (OFAG, 2014). Les exploitations laitières du canton de Vaud ont tendance à être plus grandes que la moyenne nationale et à produire davantage de lait. Elles se sont aussi agrandies et intensifiées au cours des dix dernières années (tableau 1) justifiant l'importance accordée à la gestion des surfaces herbagères (OFAG, 2014). La part de surfaces herbagères dans la SAU du canton est néanmoins bien plus faible que la moyenne nationale (44% de surfaces herbagères contre 74% au national) du fait de l'importance du vignoble et des zones de plaine favorables à la production de céréales panifiables (Agridea, 2011). Ceci augmente la concurrence sur les surfaces, autre raison justifiant de la nécessité de tirer le meilleur parti de l'herbe. Côté production laitière, le canton appartient à la zone géographique de trois AOP fromagères (Gruyère, Vacherin-Mont d'Or et Etivaz). Environ la moitié du lait du canton est produit sans ensilage et entre dans la fabrication de ces trois fromages AOP, avec une prédominance pour la production de Gruyère. L'autre moitié est produit avec ensilage et livré aux centrales laitières pour être transformé en beurre, poudre de lait, crème... (Agridea, 2011). Optimiser la gestion des prairies de fauche à l'échelle du canton nécessite donc de prendre en compte les deux systèmes de production : ensilage et foin-regain. S'ajoutent à cela la grande diversité de conditions pédoclimatiques constatée à l'échelle du canton. La carte des niveaux thermiques de la Suisse montre en effet que le canton de Vaud compte quatorze des dix-huit zones thermiques identifiées en Suisse (figure 2) (Schreiber, 1977). Cette cartographie des zones thermiques a été élaborée, non pas par la mesure des températures dans différents lieux puis extrapolation, mais sur la base de relevés phénologiques effectués pendant cinq ans, de 1969 à 1973. Le développement phénologique de diverses espèces de plantes facilement reconnaissables (cerisier, noisetier, pissenlit, marguerite...) a été observé pour établir avec précision les limites des diverses zones thermiques identifiées.

### *Développer un outil de gestion des prairies de fauche reflétant la diversité des communautés végétales, des systèmes de production et des conditions pédoclimatiques du canton de Vaud*

La gestion des prairies de fauche, qu'elles soient permanentes ou temporaires, repose sur la connaissance des espèces les composant et de leur développement. Mais de multiples associations sont possibles, surtout dans les prairies permanentes. Une méthode d'aide à la gestion basée sur une liste exhaustive des espèces présentes nécessite du temps et de bonnes connaissances en botanique, en plus d'être peu généralisable. C'est pourquoi les travaux actuels de construction d'outils de gestion des prairies permanentes s'efforcent d'établir des typologies de prairies par regroupement d'espèces de graminées possédant des caractéristiques communes (teneur en MS, surface spécifique foliaire, date de floraison...) : c'est la notion de type fonctionnel (Ansquer et al., 2004 ; Cruz et al., 2010). Des références de gestion des prairies (fertilisation, date de mise à l'herbe, date de fauche...) peuvent ensuite être établies par types fonctionnels. Le travail réalisé en première année du projet MilClim, dans l'objectif d'élaborer un outil d'aide à la gestion des prairies de fauche au printemps, a envisagé le recours aux types fonctionnels. Mais il a abouti à une séparation des prairies selon leur

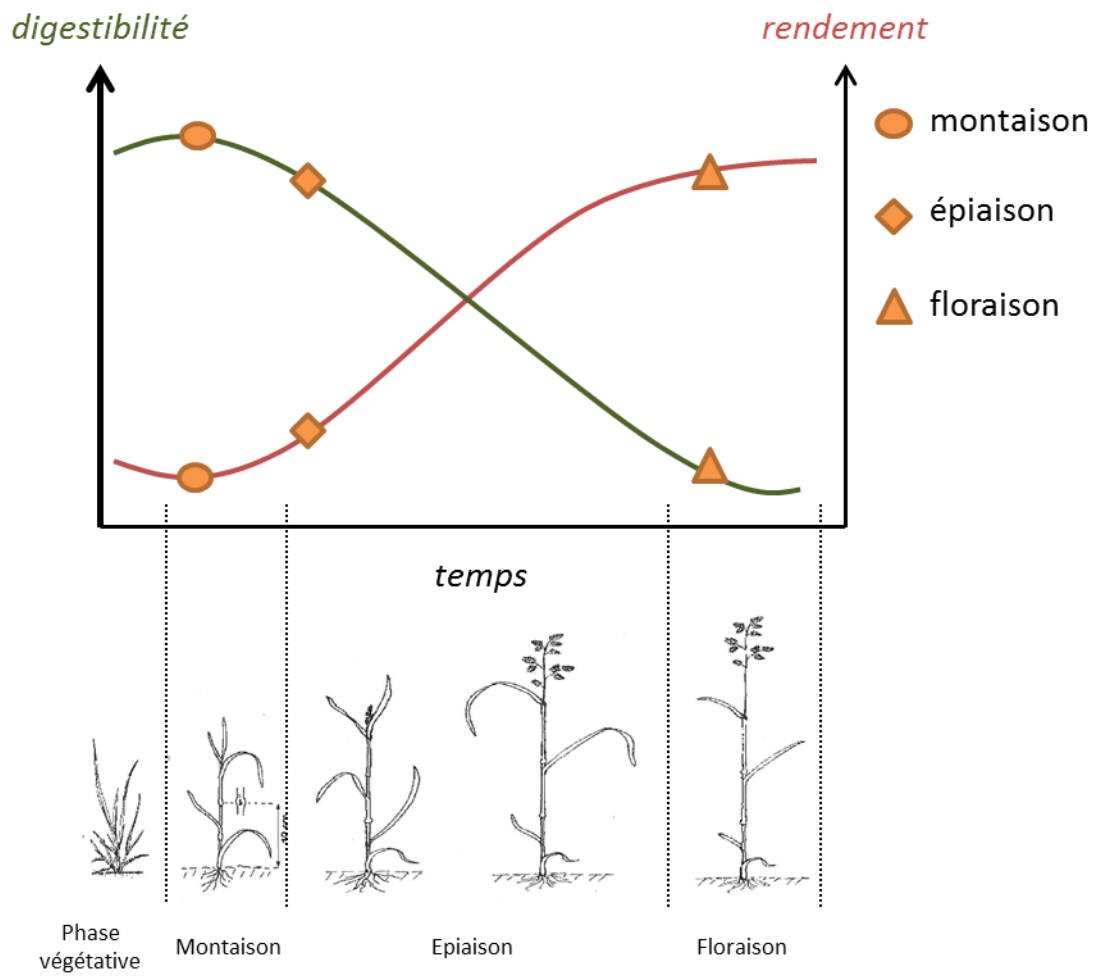


Figure 4 : Evolution du rendement et de la valeur nutritive des graminées fourragères au cours de la pousse de printemps en relation avec l'évolution de leur phénologie (Gillet,1980)

caractère permanent ou temporaire et leur appartenance à une zone thermique (figure 3 ; (Dussouillez, 2014 ; Wirthner, 2014)). A noter qu'une prairie permanente a été définie, dans le réseau d'exploitation suivi, comme une prairie naturelle ou semée de plus de dix ans. Les prairies temporaires sont, quant à elles, des prairies semées de moins de trois ans. Une hypothèse sous-jacente est que le critère zone thermique est suffisant pour regrouper des prairies permanentes et temporaires de niveaux de production homogènes. Ces deux critères sont, de plus, bien connus des éleveurs vaudois et, donc, adéquats pour mettre au point un outil de gestion des prairies de fauche dont ils seraient les principaux utilisateurs. Le type de prairie et la zone thermique servent alors de base à la réflexion menée dans notre travail. Il s'agira de vérifier leur validité pour la saison 2015. Sont-ils suffisants pour intégrer la diversité des prairies de fauche du canton de Vaud ? La comparaison des données des deux années pourra également permettre d'amorcer une réflexion sur des repères d'exploitation des prairies de fauche en fonction du système de production laitière (période d'ensilage optimale pour les systèmes basés sur l'ensilage, période de première fauche optimale pour les systèmes de foin-regain...).

## **1.2. Pourquoi s'intéresser à l'optimum quantité-qualité et au lien entre la valeur agronomique du fourrage produit et les données météo comme la somme des températures ?**

*Rendement et valeur nutritive des graminées fourragères : deux paramètres évoluant en sens inverse*

La pousse de l'herbe au printemps peut-être décomposée en trois périodes successives : un démarrage lent, suivi d'une forte croissance, puis d'un ralentissement, voire même d'un arrêt (figure 4). Ces phases sont fortement liées à l'évolution de la phénologie des graminées (figure 4)(Gillet, 1980). En sortie d'hiver, les graminées sont en phase végétative : les feuilles constituent la quasi-totalité du rendement. Des talles secondaires sont émises, c'est le tallage, mais elles demeurent petites et au ras du sol, ce qui a peu d'influence sur le rendement. Puis l'allongement des talles reproductrices lors de la phase de montaison conduit à une augmentation rapide du rendement. Les feuilles disparaissent progressivement et la biomasse est alors essentiellement constituée des tiges et des quelques feuilles qui subsistent. Pendant cette phase, l'épis monte dans la gaine. Lors de l'épiaison la croissance se poursuit, puis s'interrompt dès la floraison, et le rendement maximal est atteint.

La valeur nutritive, quant à elle, varie en sens inverse. En début de saison, le couvert essentiellement constitué de jeunes feuilles est très digestible. Puis, à mesure que la proportion de tiges, et donc de fibres (cellulose, ligno-cellulose, lignine), augmente, la valeur nutritive diminue, en particulier dès le stade épiaison. Pour obtenir un fourrage de qualité, il ne faudrait donc pas dépasser ce stade (Gillet, 1980).

Ainsi, les optima de rendement et de valeur nutritive ne peuvent être atteints simultanément, d'où la recherche d'une période de récolte autorisant un compromis entre ces deux paramètres. Cette question est d'autant plus complexe que les prairies temporaires et permanentes étudiées présentent une grande diversité d'espèces. En effet, le rythme de développement des graminées varie en fonction de l'espèce mais également de la variété, de sorte que sur une prairie multi-espèces les stades phénologiques ne sont jamais atteints simultanément (P. Carrère et al., 2010)



Tableau 2: Echelle utilisée en Suisse romande pour quantifier le développement phénologique des espèces prairiales et calculer le Stade Equivalent Dactyle d'une prairie (Jeangros et Amaudruz, 2005)

stade	graminées	dicotylédones
1	Tallage-montaison	Rosette (3 feuilles chez la majorité des plantes)
2	Montaison (50% des plantes)	Boutons floraux (50 % des plantes)
3	Début épiaison (quelques épis visibles)	Montaison des boutons (50% des fleurs)
4	Pleine épiaison (50% de plantes avec épis)	Début floraison (10% des plantes fleurissent)
5	Fin épiaison (90% de plantes avec épis)	Pleine floraison (50% des plantes fleurissent)
6	Pleine floraison (50% des plantes fleurissent)	Fin floraison (flétrissement)
7	Fructification (50% des plantes ont des fruits)	Fructification (50% des plantes)
8	Dispersion des graines	Dispersion des graines

Stades moyens des prairies permanentes dans les différentes zones thermiques\* en 2013

Date coupe Année 2013	Rude	Assez rude	Très frais	Frais	Assez frais	Assez doux	Doux	Très doux	Chaud, assez chaud
6-8 avril									1.5
9-11 avril								1.5	1.5
12-14 avril								1.5	1.5
15-17 avril							1.5	1.5	1.5
18-20 avril						1.5	1.5	2.0	2.0
21-23 avril				1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0
24-26 avril		1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5
27-29 avril	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5
30-2 mai	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	3.0	3.0



### Foin et regain

Stade	MSI <sup>1</sup> kg MS	PPL <sup>2</sup> , selon				Teneur par kg MS										dMO %
		NEL kg	PAIE kg	PAIN kg		NEL MJ	NEV MJ	PAIE g	PAIN g	MA g	CB g	PAR g	LC g	SU g	MO g	
<b>G : riche en graminées (autres que ray-grass)</b>																
1	18	20	27	33	5.8	5.9	99	115	180	238	441	266	83	902	73	
2	18	19	25	28	5.7	5.7	95	102	159	248	463	278	86	905	71	
3	17	17	23	23	5.5	5.4	90	89	140	261	488	294	87	908	70	
4	17	15	20	18	5.3	5.2	84	78	123	278	514	312	86	911	67	
5	16	12	16	12	4.9	4.7	76	64	101	315	578	346	83	918	62	
6	15	9	13	8	4.4	4.1	68	53	85	351	630	380	78	925	57	
7	14	5	8	3	3.8	3.4	58	40	65	393	686	420	71	931	50	

Figure 5 : Synthèse de la fiche technique Agridea permettant d'évaluer la valeur nutritive du fourrage des prairies de fauche récolté au printemps 2013 (Jeangros et Deléglise, 2014 ; Daccord et al, 2006). Les encadrés rouges prennent l'exemple d'un foin fauché entre le 27 et le 29 avril 2013 sur une prairie riche en graminées (autres que ray-grass)

La détermination, uniquement par observation phénologique, de la période optimale de récolte d'une prairie multi-espèces s'avère donc complexe et difficilement prédictible en cours de saison. C'est pourtant la méthode qui est employée à ce jour en Suisse romande.

*La méthode actuelle d'évaluation, en fin de saison, de la valeur agronomique des prairies de fauche : suivi de la phénologie des principales espèces prairiales*

Chaque printemps, depuis 20 ans, un suivi de l'évolution phénologique des plantes prairiales est réalisé sur environ 80 prairies permanentes réparties dans les différentes zones thermiques de Suisse romande. Les observateurs notent le développement phénologique de cinq espèces de graminées et cinq espèces de dicotylédones qu'ils notent selon une échelle de 1 à 8 (tableau 2). Un stade moyen est ensuite calculé par date et zone thermique en utilisant le dactyle comme espèce de référence, selon la méthode rapportée par Jeangros et Amaudruz (tableau 2) (Jeangros and Amaudruz, 2005). Des relations linéaires ont été établies de façon à convertir les stades des différentes espèces en un stade équivalent dactyle moyen pour la prairie considérée à une date donnée (annexe 1). Les dates d'obtention des différents stades en fonction des zones thermiques sont publiées dans le mémento agricole (figure 5) (Jeangros and Deléglise, 2014). L'éleveur peut ainsi connaître le stade de développement auquel était sa prairie selon la date de la fauche. Une fiche technique publiée par l'Association pour le Développement de la Culture Fourragère (ADCF) lui permet ensuite d'avoir accès à la valeur nutritive du fourrage récolté en fonction du mode de conservation (fourrage vert, ensilage, foin-regain), du type de prairie (riche en graminées, équilibrée, riche en légumineuses) et du stade moyen lors de la récolte (figure 5)(Daccord et al., 2006). Cette méthode ne peut être utilisée qu'en fin de saison pour réaliser un état des lieux des stocks fourragers. Elle ne constitue donc pas une aide à la décision, en cours de saison face à l'irrégularité de la pousse de l'herbe dans les conditions climatiques de l'année en cours.

*Le suivi de la valeur agronomique des prairies au printemps par la somme des températures, un moyen d'anticiper la pousse de l'herbe en temps réel*

L'accumulation de biomasse au printemps est sous influence de divers facteurs dont des paramètres climatiques tels que le rayonnement, la température, la pluviométrie. Pour décrire l'évolution de la valeur agronomique des prairies au printemps, De Montard (1981) recommande d'utiliser la somme des températures en plaine et de privilégier le rayonnement pour les sites de montagne. En plaine, le démarrage de la croissance en sortie d'hiver s'effectue lentement avec des jours qui s'adoucissent progressivement, tandis qu'en montagne les températures demeurent plus longtemps au-dessous du seuil de croissance, d'environ 6°C pour les graminées (Hopkins, 2000). Ainsi, en plaine, le rayonnement semble avoir peu d'effet sur la croissance en début de printemps (Lemaire et al., 1984), car l'augmentation de la surface foliaire capable d'intercepter ce rayonnement s'effectue progressivement. Par la suite, quand la croissance est maximale, il pourrait avoir plus d'influence et compléter la somme des températures pour rendre compte des rendements observés. Dans la pratique, c'est la somme des températures qui est utilisé comme unique facteur dans bon nombre de modèles et études portant sur le rendement et la valeur nutritive de l'herbe au printemps (Jouven et al., 2006) ; (Michaud et al., 2012). Un lien entre la phénologie des espèces prairiales et la somme des températures a également été démontré.

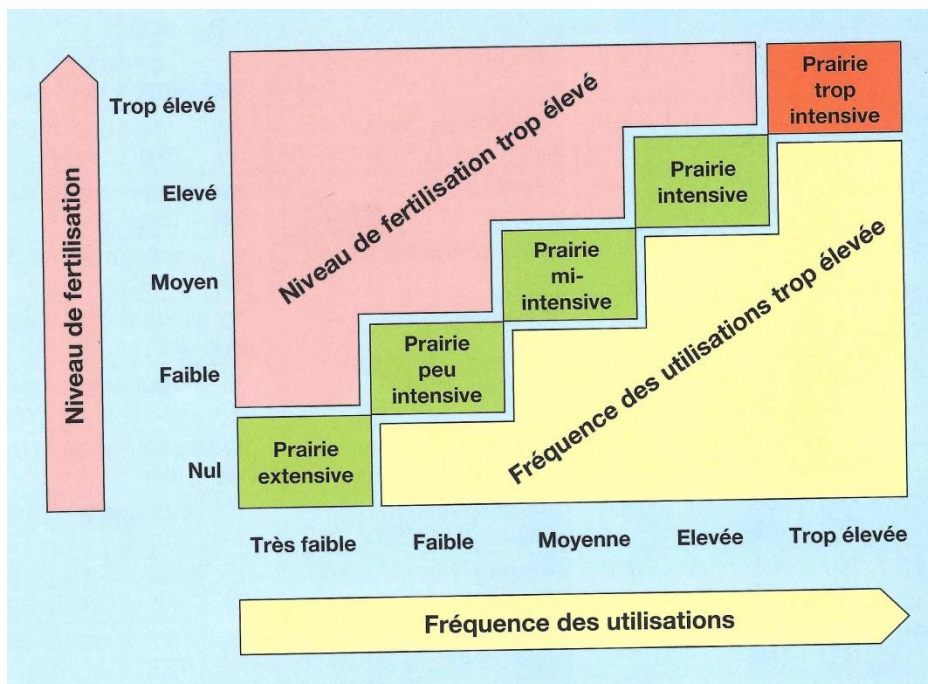


Figure 6 : Classement des prairies en fonction des pratiques d'exploitation (fréquence des utilisations et niveau de fertilisation)(Sinaj et al., 2009)

Notamment, pour une même variété, la somme des températures moyennes journalières entre le début de végétation et la réalisation du stade pleine épiaison est constante quelles que soient les conditions climatiques considérées (Niqueux and Arnaud, 1981). Plus simple à évaluer que le rayonnement, la somme des températures au printemps est donc de plus en plus employée pour prédire l'évolution des prairies et fournir des repères concernant leur exploitation.

En Suisse, les études menées dans ce sens n'ont pas encore fourni de résultats concluants. En effet, cette méthode a été testée à partir de données de phénologie enregistrées de manière journalière entre 1995 et 2004 pour deux sites situés en plaine et en montagne (Jeangros and Amaudruz, 2005). Pour ces deux stations il a fallu en moyenne 550°CJ pour atteindre le stade pleine épiaison du dactyle (moyenne sur toutes les années en base 0°C avec une date de départ fixée au premier mars) mais avec une forte variabilité interannuelle (environ 100°CJ d'écart entre les valeurs minimales et maximales). La difficulté de définir avec précision la date de début de végétation a alors été évoquée comme explication de la variabilité constatée. Bien qu'imprécise cette méthode permet d'objectiver les notations phénologiques, fortement dépendantes de l'appréciation des différents observateurs. C'est pourquoi la possibilité d'utiliser la somme des températures comme un outil d'aide à la gestion des prairies de fauche au printemps en Suisse est réévaluée dans le présent travail. Il s'agira d'utiliser simultanément le rendement, la valeur nutritive et la phénologie en lien avec la somme des températures au printemps pour accompagner les éleveurs dans la gestion de leurs prairies de fauche.

### **1.3. Pourquoi s'intéresser à l'effet des pratiques d'exploitation des prairies en premier cycle sur la valeur agronomique de l'herbe en deuxième cycle ?**

*L'exploitation des repousses, une étape importante pour la réalisation du stock fourrager*

En Suisse, les pratiques d'exploitation des prairies (fréquence d'utilisation et niveau de fertilisation) classent les prairies en prairies extensives, peu intensives, mi-intensives et intensives (figure 6 ; Sinaj et al., 2009). En général, les prairies intensives sont fauchées 4 à 6 fois par an, les prairies peu intensives et mi-intensives, 2 à 3 fois par an tandis que les prairies extensives ne sont fauchées qu'une à deux fois par an (Sahli et al., 1996). Les stocks fourragers sont donc également constitués par l'exploitation des repousses après la première coupe de printemps. La contribution des repousses au rendement annuel est variable mais non négligeable quelle que soit la fréquence d'exploitation considérée. Dans un essai réalisé pendant plusieurs années sur deux prairies permanentes en Suisse il a été estimé que la part du rendement annuel en matière sèche provenant des repousses s'élevait à environ 30%, 50% et 70% pour des fréquences de coupe respectivement de deux, trois et quatre (Jeangros and Scephovic, 1996).

*Un manque de références sur la gestion conjointe des cycles d'exploitation successifs des prairies de fauche*

L'effet de la fréquence de coupe sur le rendement et la valeur nutritive des prairies permanentes et temporaires est un paramètre ayant déjà fait l'objet de plusieurs expérimentations en Suisse. La meilleure valeur agronomique est atteinte pour des fréquences de quatre à cinq coupes (Jeangros and Scephovic, 1996 ; Mosimann, 2006). Mais dans l'ensemble peu d'études sont menées spécifiquement sur l'effet de la date de première exploitation sur la valeur agronomique des repousses.

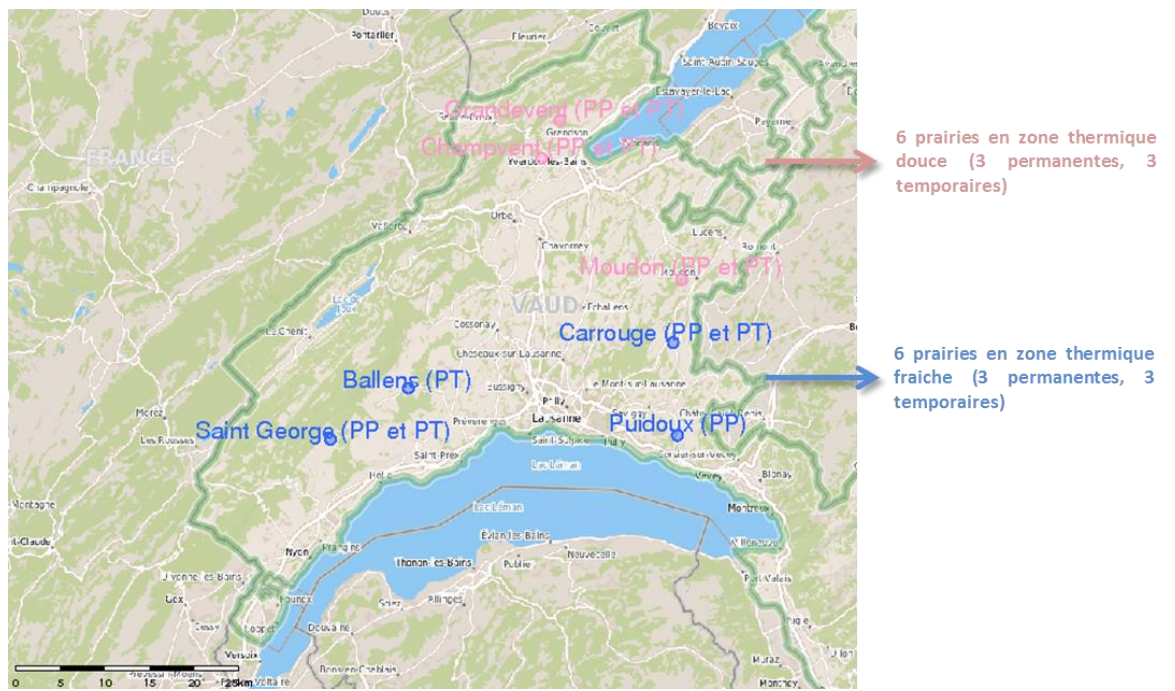


Figure 7 : Carte de répartition des douze prairies étudiées en 2015.  
 Les limites du canton de Vaud sont représentées par un trait vert plein

Pourtant, la première coupe a des conséquences diverses sur le couvert en fonction de son stade de développement. Chez les graminées fourragères, la repousse varie si l'apex est préservé ou non. Ainsi, on appelle « déprimage » une exploitation de l'herbe en début de montaison préservant les apex et « étêtage » une exploitation plus tardive enlevant les apex. Lors d'un déprimage la talle coupée poursuit son développement, l'épi monte progressivement dans la tige, l'épiaison a lieu à la même date qu'initialement. En revanche, les tiges s'allongent moins et le rapport feuille/tige est supérieur. Le rendement de la coupe suivant un déprimage est donc diminué et sa qualité améliorée. Lors d'un étêtage la talle qui est en train de s'allonger est stoppée dans sa croissance. La croissance des talles végétatives est initiée et de nouvelles talles sont créées à partir des bourgeons situés à la base de la plante. La croissance des talles végétatives présentes au moment de l'étêtage est bien plus rapide que la croissance de nouvelles talles à partir des bourgeons de la base de la plante. La vitesse de repousse et le rendement de cette repousse sont donc dépendants de la présence de talles végétatives lors de l'étêtage. Le nombre de talles végétatives diminue de la montaison à la floraison quand survient la « crise du tallage ». A cette période, la forte compétition entre talles pour l'accès aux éléments nutritifs favorise les talles en montaison et inhibe, voire supprime, les talles encore végétatives (Gillet, 1980). Par conséquent, lorsque l'étêtage a lieu tardivement, le nombre de talles végétatives subsistantes est réduit. La repousse est ralentie et le rendement de la deuxième pousse est diminué. Ces mécanismes physiologiques caractéristiques des graminées fourragères demandent à être vérifiés pour les principaux types de prairies étudiés. Notamment, il est prévu dans ce travail d'analyser l'effet du déprimage et de différentes dates d'étêtage sur la valeur agronomique des prairies de fauche au printemps, lors des deux premiers cycles d'exploitation.

## **2. Matériel et méthode**

### **2.1. Prairies, protocole et données récoltées**

*Des parcelles représentatives de la diversité des prairies de fauche rencontrées dans le canton de Vaud*

Le dispositif « prairie de fauche » a été déployé en 2015 sur douze prairies, réparties dans huit exploitations laitières localisées dans diverses zones du canton de Vaud de manière à représenter la diversité du territoire (figure 7). Les résultats de l'année précédente ont orienté le choix des prairies selon une répartition entre zones thermiques et types de prairies (permanente i.e. agée de plus de dix ans ou temporaire, i.e. agée de moins de trois ans). Trois prairies permanentes et trois prairies temporaires ont été sélectionnées dans chacune des zones thermiques douce et fraîche/assez fraîche. Les prairies de la zone thermique douce étaient localisées à Champvent, Grandevent et Moudon. Celles de la zone thermique fraîche à Puidoux, Carrouge et Saint-George pour les prairies permanentes et à Ballens, Carrouge et Saint-George pour les prairies temporaires. Les prairies ont été choisies, à dire d'exploitant, comme contribuant fortement à l'alimentation des vaches laitières. A la sortie de l'hiver, le dispositif expérimental a été mis en place sur ces prairies, de façon à ce qu'il soit représentatif de l'ensemble de la prairie (limitation des effets de bord, évitement des zones de trous éventuelles).



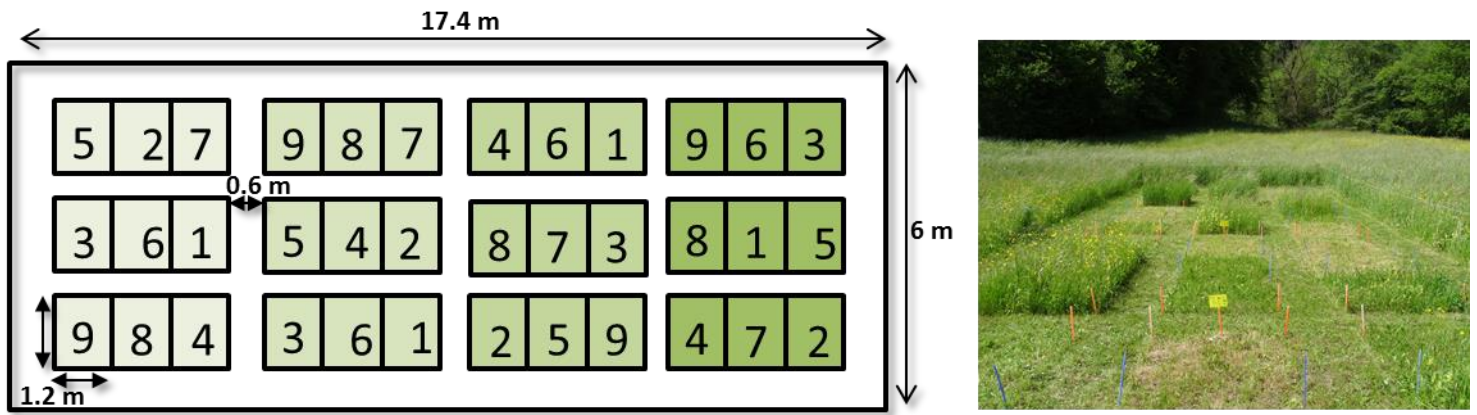


Figure 8 : Schéma du dispositif de récolte des échantillons d'herbe pour les analyses de la valeur agronomique du fourrage et photographie du dispositif sur le site de Moudon prairie permanente

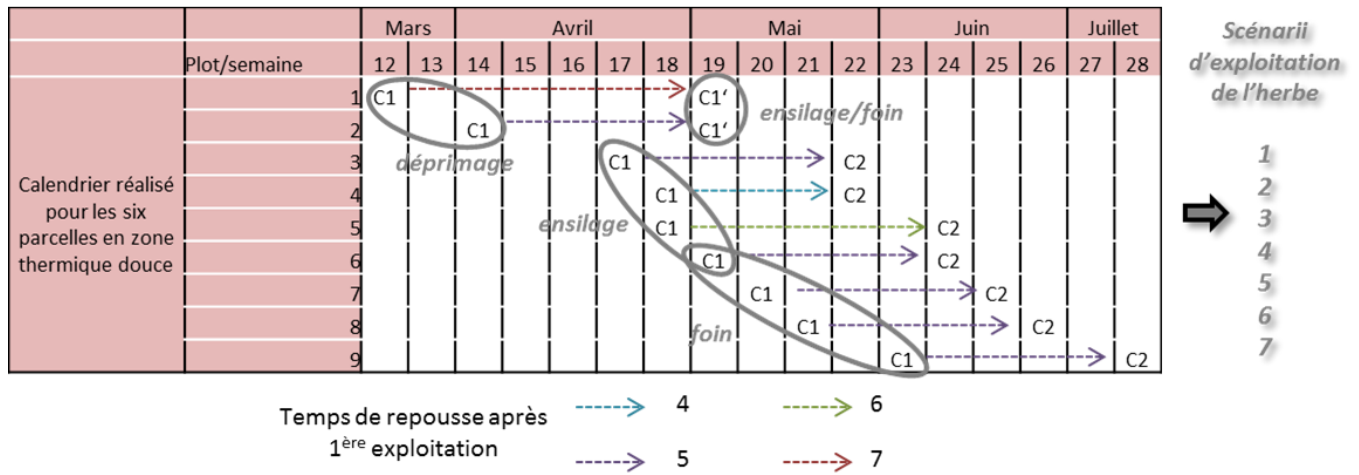


Figure 9 : Calendrier de récolte des échantillons d'herbe en première et deuxième coupe

Un dispositif similaire a été déployé en 2014 sur seize prairies, dont six en commun avec la saison 2015 (les prairies permanentes à Champvent, Moudon, Puidoux et Carrouge et les prairies temporaires à Champvent et Moudon). En 2014, les prairies en zone thermique douce étaient au nombre de sept (deux permanentes et cinq temporaires) et les prairies en zone thermique fraîche au nombre de neuf (quatre permanentes et cinq temporaires). En 2014, seul le premier cycle a été analysé, alors qu'en 2015, le protocole a été étendu aux cycles suivants (quatre coupes ont été prévues au total). Notre rapport prend donc en compte les données de 2014 et 2015 pour l'analyse du premier cycle, et les données de 2015 uniquement pour l'analyse du second cycle.

#### *Un dispositif permettant d'échelonner les récoltes en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> coupe*

Le dispositif en « rectangle latin » occupait une surface de 17m x 6m subdivisée en quatre répétitions et neuf procédés correspondant aux modalités de récolte (figure 8). Les procédés consistaient en des carrés de 1.2m x 1.2m, séparés par des allées de 0.6m de large entretenues régulièrement à la tondeuse. Les récoltes ont été échelonnées suivant un calendrier précis (voir ci-dessous). Les carrés portant le même numéro, et donc correspondant aux quatre répétitions d'un même procédé, ont été fauchés simultanément. Ces numéros ont été attribués au hasard mais en veillant à ne pas les disposer dans une même zone ou sur une même ligne, afin de limiter les biais liés à l'hétérogénéité des parcelles.

#### *Un calendrier de récolte en adéquation avec la diversité des pratiques de gestion des prairies de fauche du canton de Vaud*

La première coupe (notée C1 et C1' sur la figure 9) s'est échelonnée de mi-mars à début juin pour les six prairies en zones thermiques douce/assez douce. Ce calendrier a été décalé d'une semaine pour les six prairies, plus tardives, en zones thermiques fraîche/assez fraîche. Les coupes ont été réalisées toutes les deux à trois semaines autour du départ en végétation, puis chaque semaine durant la phase de pleine croissance de l'herbe. Ce suivi régulier de la pousse de l'herbe a permis de caractériser l'évolution de la valeur agronomique des prairies de fauche durant le premier cycle de végétation. Le dispositif a été maintenu jusqu'en octobre pour l'analyse des cycles d'exploitation suivants. Pour des raisons de calendrier, le présent travail se limite au deuxième cycle d'exploitation de l'herbe (noté C2 sur la figure 9). La deuxième coupe a été échelonnée de fin mai à mi-juillet pour les prairies en zones thermiques douce/assez douce et de début juin à fin juillet pour les prairies en zones thermiques fraîche/assez fraîche. Sept scénarii d'exploitation de l'herbe, combinant les coupes une et deux, ont ainsi pu être retenus pour la rédaction de ce rapport. La date de première coupe représentait le principal facteur de variation. En effet, cinq scénarii (scénarii 1, 4, 5, 6 et 7) comportaient des dates de première coupe variables avec un temps de repousse égal, fixé à cinq semaines, un intervalle communément évoqué dans la littérature et rencontré dans la pratique. Deux autres scénarii (scénarii 2 et 3) intégraient des temps de repousses variables. Une dernière variante intégrait un déprimage plus ou moins précoce (comparaison de la première coupe, C1', des plots 1 et 2 avec la première coupe, C1, du plot 6).

Le choix des sept scénarii et des deux dates de déprimage (figure 9) visait à représenter, aussi largement que possible, les pratiques d'exploitation des prairies de fauche rencontrées dans le canton de Vaud.





# PROTOCOLE

# DONNEES RECOLTEES

## 1. Température

Sondes WatchDog et Watermark à 2m au dessus du sol (orientation fixe au Nord)

Mesure de température toutes les heures depuis le 1<sup>er</sup> février

Somme des températures en base 0 depuis le 1<sup>er</sup> février → °C J

## 2. Pluviométrie

Pluviomètre

Mesure des précipitations entre relevés successifs

Pluviométrie cumulée entre relevés → mm d'eau

## 3. Stade Equivalent Dactyle

Observateur aguerri

Relevé du stade phénologique de 5 graminées et 5 dicotylédones prédéfinies

Stade Equivalent Dactyle → SED

## 4. Hauteur d'herbe avant et après coupe

Double décimètre Carrés de 0.5x1 m

5 mesures par carrés (4 sur les bords et une au centre) avant et après récolte sur chacune des répétitions.

Densité → kg MS/ha/cm

## 5. Récolte

Cisailles, glacières frigorifiques., carrés de 0.5 x 1m.

Récolte séparée de l'herbe dans les 4 répétitions à une hauteur de coupe de 6 cm

Rendement → kg MS/ha

Azote (30 UN/ha) sur chacun des plots récoltés

## 6. Quantité d'herbe récoltée

Balance

Mesure au dixième de gramme de la quantité d'herbe récoltée par répétition

Valeur nutritive →

- Digestibilité (%)
- MAT(g/kgMS)
- Cendres (g/kgMS)
- NEL (MJ/kgMS)
- NEV (MJ/kgMS)
- PAIE(g/kgMS)
- PAIN(g/kgMS)
- PAIA (g/kgMS)

Mélange des échantillons récoltés

➡ PPL NEL ; PPL PAIE ; PPL PAIN (kg lait/jour)

1 échantillon

2 échantillons

## 7. Teneur en matière sèche

Étuve (12h à 60°C puis 6h à 100°C)

Mesure du poids de l'échantillon avant et après séchage

## 7. Valeur nutritive

Étuve (12h à 60°C) Laboratoire d'analyse Agrilogie

Envoi des échantillons au laboratoire pour analyse



Figure 10: Protocole réalisé à chaque récolte pour suivre la valeur agronomique du fourrage

Le dispositif intégrait des variantes pour les divers systèmes de production rencontrés dans le canton. Ainsi, la coupe C1 des plots 1 et 2 était assimilable à un déprimage, la coupe C1 des plots 3 à 6 correspondait à un ensilage plus ou moins précoce, et la coupe C1 des plots 6 à 9, à un foin plus ou moins précoce

*Un protocole de récolte de données alliant relevés terrain et analyses en laboratoire*

La figure 10, illustre le déroulement et la nature des mesures effectuées dans les dispositifs expérimentaux.

**Données climatiques. La pluviométrie cumulée**, correspondant au cumul des précipitations durant l'intervalle entre deux récoltes, a été relevée au moyen d'un pluviomètre. **La température de l'air** à deux mètres a été enregistrée toutes les heures par des sondes WatchDog et Watermark. La somme des températures a été calculée selon la méthode utilisée à l'INRA de Toulouse (Theau and Zerourou, 2008). La date de départ du calcul de la somme des températures a été fixée au 1<sup>er</sup> février en base 0. La température moyenne journalière correspondait à la moyenne des températures minimales et maximales de chaque jour. Les températures moyennes journalières ont ensuite été sommées pour obtenir la somme des températures. Si la moyenne journalière était négative, elle a été limitée à 0°C, si elle dépassait 18°C, elle a été plafonnée à 18°C. Des corrections ont par ailleurs été nécessaires à Champvent, Grandevent, Ballens et Saint George où les sondes Watermark ont été utilisées. Ces sondes n'enregistraient pas les valeurs négatives ce qui aurait surestimé les sommes de températures, surtout jusqu'à mi-mars où les températures la nuit étaient souvent négatives. Dans ce cas, les données ont été remplacées par celles des stations des réseaux Météosuisse et Agrométéo proches des parcelles d'essai (annexe 2). De même en 2014, les sondes de température n'ayant été installées que mi-mars, une estimation des données manquantes a été effectuée par zone thermique, à partir des stations Agrométéo et Météosuisse.

**Phénologie.** Pendant toute la durée de la première pousse, le **stade équivalent dactyle** des parcelles au moment de la coupe a été relevé selon la méthode évoquée précédemment (tableau 2 ; paragraphe 1.2).

**Récoltes au champ.** La **hauteur de l'herbe** a été mesurée au centimètre avant et après la coupe au moyen d'un double décimètre. La **biomasse prélevée** sur une surface de 0.5 à 1m<sup>2</sup>, suivant la quantité d'herbe disponible, a été fauchée à l'aide d'une tondeuse à main, puis mise en sac et transportée dans une glacière jusqu'au laboratoire. Le reste du carré non fauché a été égalisé pour obtenir des conditions de repousse homogènes. Pour finir, une dose de 30 kgN/ha, d'azote sous forme de nitrate d'ammoniaque 27.5%, a été épandue après chaque fauche.

**Echantillonnage au laboratoire.** Les biomasses prélevées ont été pesées séparément. Puis, les quatre répétitions de chaque procédé ont été mélangées et hachées pour réaliser trois échantillons. Un échantillon de 200g a été séché à l'étuve 12 h à 60°C, et 6h à 100°C, puis à nouveau pesé pour déterminer le taux de matière sèche de l'herbe récoltée et ainsi déterminer le **rendement en matière sèche** de chaque répétition d'un même procédé. Deux autres échantillons contenant 200 à 300g d'herbe ont été séchés à l'étuve pendant 12h à 60°C, puis mis en sachet. L'un a été envoyé directement au laboratoire Agrilogie, pour analyse, l'autre a été gardé en réserve. Pour l'analyse de la **valeur nutritive** des échantillons, il a été nécessaire de connaître leur composition botanique.

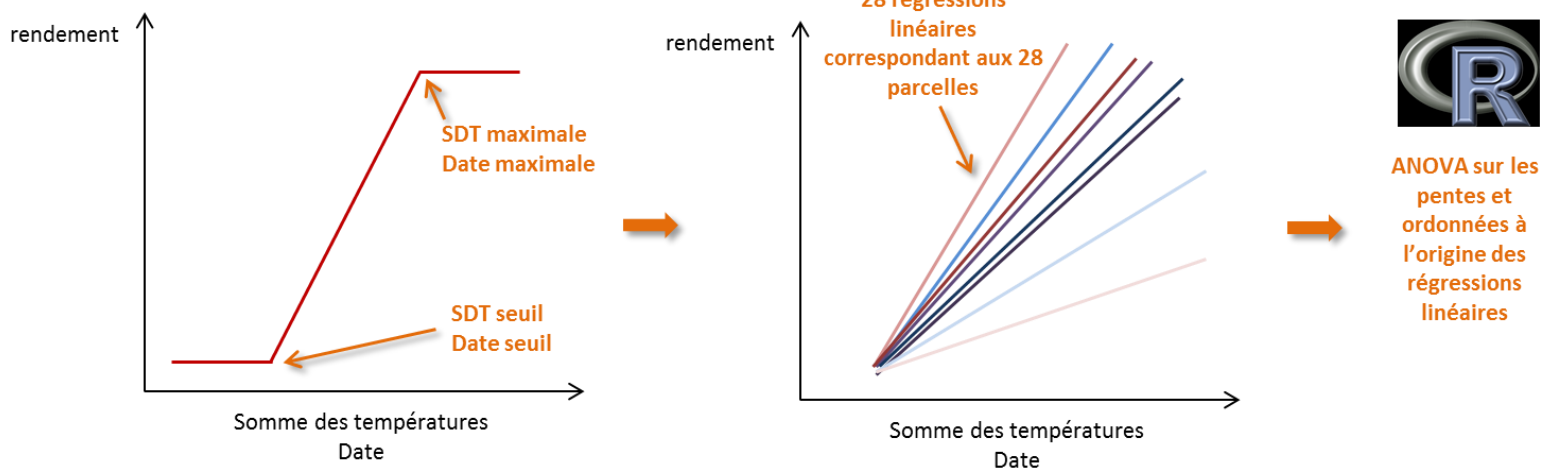


Figure 11 : : Méthode permettant de vérifier les effets « zone thermique » et « type de prairie » sur l'évolution du rendement des prairies de fauche au printemps

Pour cela, un **tri botanique** a été effectué, au début de chaque coupe, sur les plots 3. Le tri consistait en une séparation des graminées, légumineuses et autres plantes pour en évaluer leur proportion respective. Il servait à déterminer les types G (prairie riche en graminées), E (prairie équilibrée) et L (prairie riche en légumineuses) (annexe 3). Les graminées ont aussi été triées entre les ray-grass et les autres graminées pour identifier les types Gr et Er dans le cas où plus de la moitié des graminées étaient des ray-grass (Winckler and Aeby, 2011).

**Analyse de la valeur nutritive.** Au laboratoire de l'école d'agriculture de Moudon (Agrilogie), les teneurs en Matière Azotée Totale (MAT), en Cellulose Brute (CB) et en cendres ont été déterminées par analyse chimique (RAP, 1999). A partir de ces trois paramètres et en connaissant le stade équivalent dactyle du fourrage à la récolte ainsi que le type botanique, d'autres indicateurs de la valeur nutritive des fourrages ont été calculés : la digestibilité de la Matière Organique (dMO), l'Energie Nette pour la production Laitière (NEL), l'Energie Nette pour la production de Viande (NEV), les protéines alimentaires absorbables dans l'intestin (PAIA), les protéines absorbables dans l'intestin synthétisés à partir de la matière azotée dégradée dans la panse (PAIN) et les protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de l'énergie disponible dans la panse (PAIE). Le système PAI est équivalent au système PDI français et les NEL et NEV sont équivalents respectivement aux UFL et UFV (NEL=6.7UFL, NEV=7.3UFV). A partir de ces données le Potentiel de Production de Lait selon les NEL (PPL NEL), selon les PAIE (PPL PAIE) et selon les PAIN (PPL PAIN) ont été calculés pour une vache standard de 630 kg avec un potentiel de production de 7000 kg et une capacité d'ingestion de 18 kgMS/jour (RAP, 1999).

## **2.2. Méthodes de traitement des données utilisées pour l'analyse des deux premiers cycles d'exploitation de l'herbe**

### **2.2.1. Analyse du lien entre la somme des températures et l'exploitation de l'herbe en premier cycle**

Le premier cycle d'exploitation de l'herbe a été analysé dans l'objectif d'améliorer les systèmes actuels de prédiction de la valeur agronomique des prairies de fauche au printemps. Le traitement des données des deux saisons a servi, d'une part, à vérifier la validité des choix effectués en 2014 (paragraphe 1.1) sur la base de l'évolution du rendement des prairies. D'autre part, il a permis d'associer valeur nutritive et rendement pour réfléchir à des critères supplémentaires de typologie des prairies de fauche.

### **2.2.2. Vérification des choix de la saison 2014, par régressions linéaires et ANOVA**

Dans leur modèle de croissance de l'herbe, pour prendre en compte le paramètre climatique température, Jouven et al (2006) utilisent des régressions linéaires simples entre la somme des températures et le rendement de la première coupe de printemps. Une régression linéaire est utilisée pour chaque phase de la pousse de l'herbe. Notre travail s'est appuyé sur ce raisonnement. Il s'est d'abord agi de délimiter les trois phases de la pousse de l'herbe au printemps (démarrage, croissance, arrêt ; cf paragraphe 1.2) par des valeurs de somme des températures. La valeur de somme des températures marquant la **fin de la phase végétative** (appelée **SDT seuil**) a été déterminée empiriquement pour chaque parcelle, chaque année, à l'aide des courbes d'évolution du rendement (figure 11). La **fin de la phase de croissance** (appelée **SDT maximale**) a été déterminée de la même manière. Ensuite, notre travail s'est concentré sur la phase de croissance.

**Tableau 3: Liste des variables utilisées dans l'ACP pour regrouper les prairies étudiées suivant l'évolution de leur rendement et de leur valeur nutritive lors de la première pousse au printemps**

objets	descripteurs			Variables illustratives
2014 : 16 parcelles  2015 : 12 parcelles	Rendement	Valeur nutritive		Année d'étude  Type de prairie
	Pente de la courbe de régression en fonction de la somme des températures	précocité	Vitesse de diminution de la valeur nutritive	
		Somme des températures à l'obtention du SED 4	Pourcentage de perte de PPL NEL au SED 4 par rapport à la valeur initiale	

Pour chaque lieu et chaque année, une régression linéaire a été effectuée en utilisant les valeurs de rendement, comprises entre la SDT seuil et la SDT maximale, des quatre répétitions. L'évolution du rendement en fonction de la date a également été caractérisée par des régressions linéaires simples en utilisant le même raisonnement que pour la somme des températures. Les pentes et ordonnées à l'origine des courbes de régression ainsi obtenues ont ensuite été comparées par des ANOVA (ANALYSIS OF VARIANCE) à deux facteurs pour tester les effets types de prairie et zone thermique.

### **2.2.3. Classement des prairies par une ACP portant sur les évolutions de rendement et de valeur nutritive lors de la première pousse de printemps**

Une Analyse en Composante Principale (ACP) a été utilisée pour classer les prairies étudiées en 2014 et 2015 en fonction des évolutions de leur rendement et de leur valeur nutritive au cours de la première pousse de printemps. L'ACP a permis de représenter dans un même plan les différents objets, ici les parcelles, en fonction de différents descripteurs, dérivés des données de rendement et de valeur nutritive (tableau 3). Des variables illustratives supplémentaires comme le type de prairie ou l'année d'étude ont complété l'analyse. Les pentes des droites de régression en fonction de la somme des températures ont été choisies pour rendre compte des évolutions du rendement au printemps. Pour illustrer, l'évolution de la valeur nutritive, et la souplesse d'exploitation des prairies, deux variables ont été choisies : la somme des températures à l'obtention du SED 4 et le pourcentage de perte de PPL NEL au SED 4 par rapport à la valeur initiale. Un SED de 4 a été choisi car il correspond à une prairie déjà partiellement épiée, donc pour laquelle il est communément recommandé de faucher sans tarder.

## **2.3. Analyse de l'effet du premier cycle d'exploitation de l'herbe sur le second et conséquences pour la constitution des stocks fourragers annuels**

L'étude conjointe des deux premiers cycles a été effectuée uniquement sur les prairies suivies en 2015. Les prairies permanentes et temporaires ont été traitées séparément.

### **2.3.1. Effet de la date de première coupe sur le deuxième cycle de pousse de l'herbe**

La valeur agronomique du fourrage après cinq semaines de repousse a été comparée pour diverses dates de première coupe, réparties tout au long de la pousse de printemps (scénarii 1,4,5,6 et 7 ; paragraphe 2.1). Ceci a été effectué au moyen d'une ANOVA à un facteur suivie d'un test posthoc de Tukey. L'ANOVA a permis d'évaluer si la date de première coupe avait une influence sur la valeur agronomique de la repousse en 2015. Le test de Tukey a permis de préciser cette influence en déterminant deux à deux les dates de première coupe occasionnant une différence significative de valeur agronomique.

### **2.3.2. Recherche d'un « optimum annuel » de gestion des prairies de fauche**

La valeur agronomique des deux premières coupes cumulées a été comparée pour les cinq scénarii échelonnant la date de première utilisation (scénarii 1,4,5,6 et 7 ; paragraphe 2.1). La valeur nutritive moyenne des deux premières coupes a été calculée grâce à une moyenne pondérée par le rendement de chaque coupe. L'analyse des données a été effectuée, comme précédemment au moyen d'une ANOVA à un facteur suivie d'un test posthoc de Tukey. L'optimisation de la gestion conjointe des deux premiers cycles en 2015 a ainsi pu être discutée.

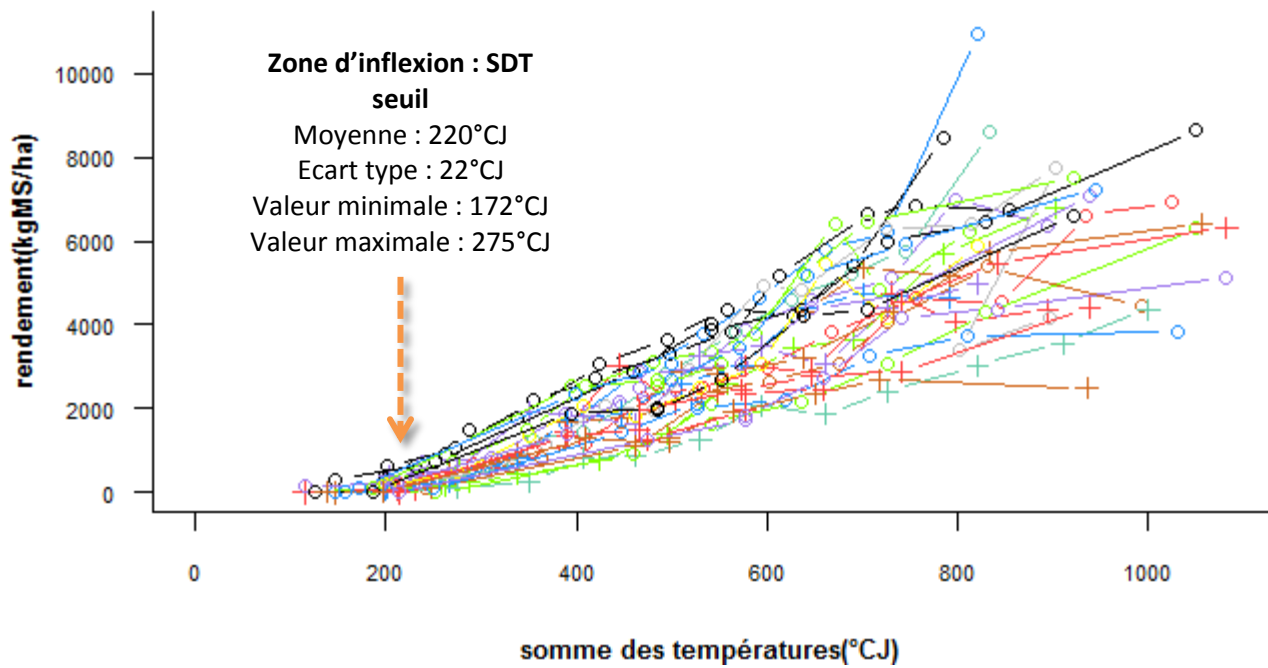


Figure 12 : Evolution du rendement des 28 prairies étudiées en 2014 et 2015 en fonction de la somme des températures et intervalle de la valeur de SDT seuil

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1. Exploitation de l'herbe en 1<sup>er</sup> cycle en lien avec la somme des températures

##### 3.1.1. Vérification des effets zone thermique et type de prairie sur l'évolution du rendement en premier cycle

###### *Détermination des SDT seuil et SDT maximale*

Pour augmenter la précision des régressions linéaires, chaque prairie a été traitée séparément. Ainsi, à chaque parcelle, chaque année correspond une valeur de SDT seuil et de date seuil (annexe 4). La moyenne de SDT seuil s'élève à  $220 \pm 22$  °CJ avec des valeurs comprises entre 172°CJ et 275°CJ (figure 12). Le repère de 200°CJ est fréquemment utilisé comme période d'apport de fertilisation azotée, notamment des engrais de ferme, sur les prairies de fauche intensives, juste avant le démarrage de la végétation pour accélérer la croissance (Zapata, 2014). Il semble être également justifié pour les prairies suivies en 2014 et 2015 dans les zones thermiques douces et fraîches du canton de Vaud. Néanmoins, la SDT seuil présente une grande variabilité. Celle-ci pourrait s'expliquer par différents facteurs liés à la composition botanique de la prairie, à la structure du couvert en sortie d'hiver (Lemaire, 1991) ou encore aux conditions climatiques en début de printemps (un climat doux en sortie d'hiver se traduit par une précocité de départ en croissance accrue ; (Lemaire et al., 1982)). Dans notre étude, elle pourrait aussi provenir d'un manque de collecte de données en début de saison, quand la pousse de l'herbe est faible à nulle (annexe 5). En effet, en 2014, peu de données ont été récoltées avant 200°CJ et le point d'inflexion correspondant au début de la période de croissance était difficilement identifiable. En 2015, des données ont été collectées avant 200°CJ, mais, trois semaines sans récolte ont suivi. Ainsi, dans certains lieux, (comme à Moudon ; annexe 5) aucun prélèvement n'a été effectué entre 200 et 400°CJ et la SDT seuil a peut-être été sous-estimée. A l'avenir, un suivi plus régulier de la pousse de l'herbe en début de saison permettrait une détermination plus précise du démarrage de croissance des prairies.

La fin de la phase de croissance n'a pas non plus été clairement identifiée dans aucun des lieux. En 2014 et 2015, il a été difficile de visualiser un plateau correspondant à la troisième phase de pousse de l'herbe au printemps (figure 12). Les relevés n'ont pas dépassés mi-juin, date correspondant à une SDT maximale de 1082°CJ. En première pousse, le rendement a tendance à se stabiliser autour de 1000°CJ (Michaud et al., 2012). Il semblerait donc que pour les deux années, les relevés n'aient pas été effectués suffisamment longtemps pour atteindre la phase de stabilisation du rendement. Par conséquent, toutes les valeurs de rendement récoltées après la SDT seuil correspondent à la phase de croissance et sont intégrées dans les régressions linéaires servant à vérifier les effets zone thermique et type de prairie sur le rendement au printemps.

La figure 12 montre par ailleurs la grande diversité de prairies des échantillons 2014 et 2015. Pour une même valeur de somme des températures, le rendement atteint varie du simple au triple : à 700°CJ par exemple (somme des températures à laquelle les prairies affichaient un SED de 3 à 4), le rendement a varié d'environ 2 tMS/ha à 6 tMS/ha. La recherche de critères regroupant des prairies similaires quant à l'évolution de leur rendement au printemps apparaît donc primordiale pour fournir des repères d'exploitation mieux adaptés au potentiel de chaque prairie.



Tableau 4 : Résultats des ANOVA (ddl, F-value, P-value) testant les effets du type de prairie et de la zone thermique sur les pentes des droites de régressions du rendement en fonction de la date et de la somme des températures pour les deux années d'étude et chaque année séparément

Pente des droites de régression en fonction de la <b>date</b>					
Années testées	Effet testé	Nombre de prairies	Ddl	F-Value	p-value
Les deux années	Type de prairie	28	1	4.041	.00558
	Zone thermique	28	1	1.579	0.2210
2014	Type de prairie	16	1	6.370	0.0267*
	Zone thermique	16	1	4.616	.00528
2015	Type de prairie	12	1	0.250	0.631
	Zone thermique	12	1	0.039	0.849
Pente des droites de régression en fonction de la <b>somme des températures</b>					
Années testées	Effet testé	Nombre de prairies	Ddl	F-Value	p-value
Les deux années	Type de prairie	28	1	4.541	0.0435*
	Zone thermique	28	1	0.519	0.4782
2014	Type de prairie	16	1	4.685	.00513
	Zone thermique	16	1	1.304	0.2758
2015	Type de prairie	12	1	0.239	0.638
	Zone thermique	12	1	0.014	0.909

Seuils de significativité :

\* l'effet testé est significatif au seuil  $\alpha=0.05$

. l'effet testé est significatif au seuil  $\alpha=0.1$ . Seule une tendance est ainsi mise en évidence.

### *Vérification des effets zone thermique et type de prairie sur le rendement au printemps*

#### *- effet zone thermique et intérêt de l'indicateur somme des températures*

En 2014, la zone thermique avait tendance à influencer les valeurs de pente des rendements ordonnés selon la date (tableau 4, p-value= 0.0528). Dans notre échantillon, une pente élevée est synonyme de rendement élevé. Les pentes et ainsi les rendements des prairies en zone thermique douce ont eu tendance à être plus élevées que celles des prairies en zone thermique fraîche (annexe 6). Cet effet n'a pas pu être vérifié en 2015 (p-value=0.849) ou avec l'ensemble des prairies des deux années d'étude (p-value=0.2210). L'effet zone thermique serait donc lié à l'échantillonnage, plutôt qu'à une réelle différence de potentiel de production des prairies au printemps. D'ailleurs, en 2014, la zone thermique douce comportait d'avantage de prairies temporaires que de prairies permanentes ce qui a pu biaiser les résultats (annexe 7).

L'effet de la zone thermique sur les valeurs de pente des rendements ordonnés selon la SDT n'est significatif ni en 2014 (p-value=0.2758), ni en 2015 (p-value=0.9090), ni sur l'ensemble des deux années (p-value=0.4782) (tableau 4). Ceci montre bien que la somme des températures permet de s'affranchir du décalage temporel lié à la zone thermique.

L'absence de différence de production des prairies en fonction de la zone thermique remet en question la nécessité d'étudier les prairies par zone thermique. Cependant, pour fournir des repères de gestion en saison, l'appartenance à une zone thermique est un critère de ségrégation important, une même somme des températures n'étant généralement pas atteinte simultanément dans chaque zone thermique. Connaître l'ordre de grandeur de ce décalage permet une meilleure anticipation de la croissance de l'herbe par zone thermique. Ce critère n'est donc pas à exclure pour les futures années d'observations.

#### *- effet type de prairie*

En 2014, le type de prairie avait tendance à influencer le rendement (tableau 4, p-value = 0.0513), avec les prairies temporaires plus productives que les prairies permanentes (annexe 6). Cette tendance n'est pas vérifiée en 2015 (p-value=0.6380), bien qu'elle se retrouve pour les deux années d'étude (p-value=0.0435). Il apparaît dès lors que l'effet du type de prairie dépend de l'année d'étude, et surtout de l'échantillonnage. En effet, en 2015, les prairies permanentes étaient particulièrement productives, en 2014 les prairies temporaires l'étaient d'avantage (annexe 7). Ainsi, il n'est pas possible de conclure à un réel effet du type de prairie sur le rendement au printemps. Néanmoins, la diversité de rendement au sein de chaque type de prairie suggère que la ségrégation prairie permanente-prairie temporaire est incomplète. Le facteur zone thermique n'est pas suffisant pour atténuer cette hétérogénéité. Dès lors, d'autres critères de regroupement pourraient être examinés.

L'objectif ultime étant d'utiliser la somme des températures pour situer la période de première fauche optimale en termes de quantité et de qualité, la valeur nutritive a été intégrée comme critère de regroupement dans la suite des résultats.

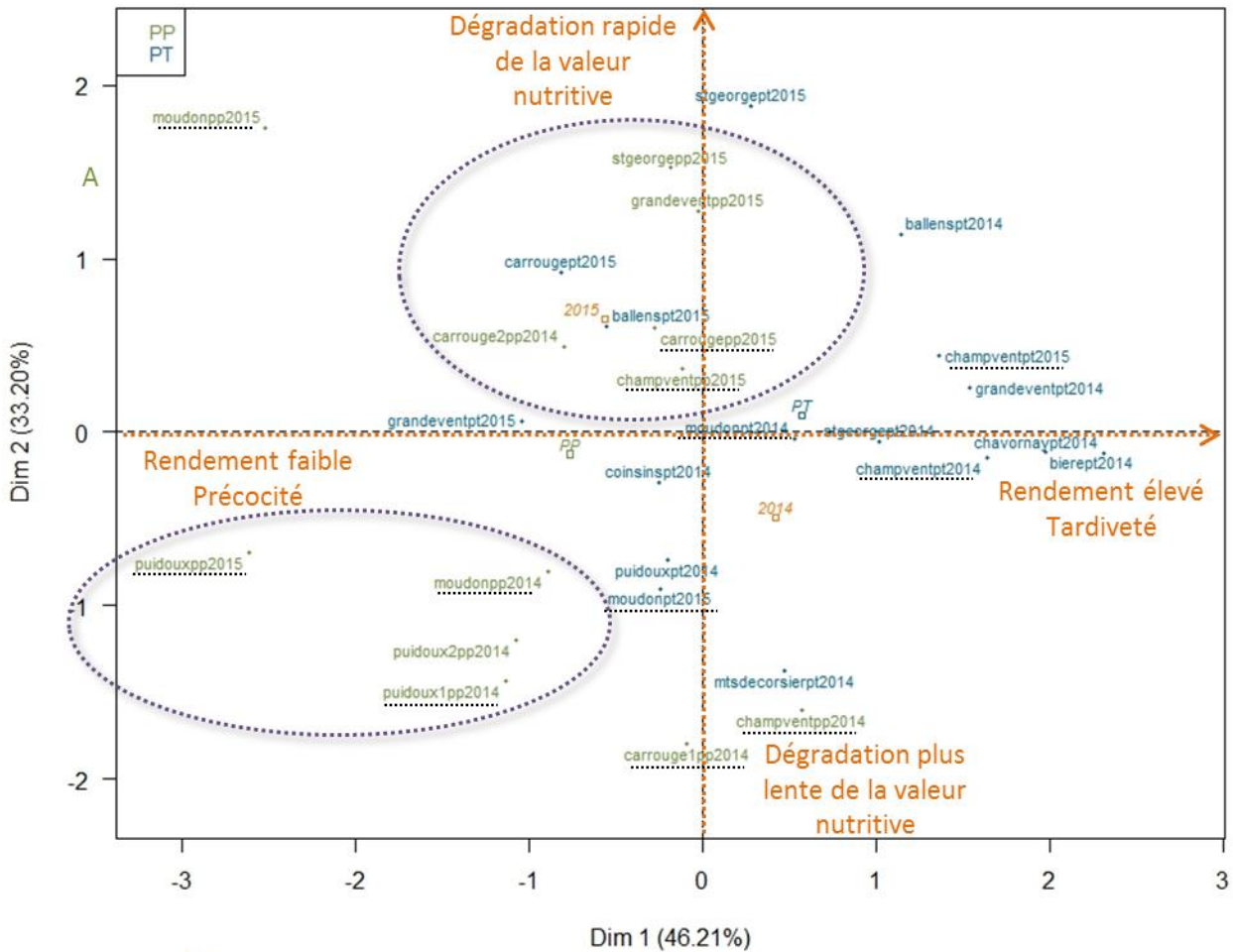


Figure 13 : ACP (graphique des individus) comprenant les prairies des deux années d'étude analysées selon les évolutions de leur rendement et de leur valeur nutritive au printemps et essai de regroupement pour les prairies permanentes

### 3.1.2. Classement des prairies par une ACP portant sur l'évolution de leur valeur agronomique lors de la première pousse au printemps

#### *Choix de la variable illustrant la valeur nutritive*

La valeur énergétique, illustrée par le PPL NEL, est la variable intégrative utilisée pour rendre compte de la valeur nutritive du fourrage. Au printemps, la teneur en énergie est le facteur limitant (par rapport à la teneur en protéines exprimée par le PPL PAIE). En effet, pour toutes les prairies étudiées en 2015, le potentiel journalier de production de lait selon les NEL était inférieur à celui selon les PAIE (annexe 8). La même constatation était valable en 2014 (Wirthner, 2014). Pour ne pas surestimer la valeur nutritive du fourrage récolté, il est donc préférable de se baser sur le PPL NEL plutôt que sur le PPL PAIE, bien que les NEL soient déterminés indirectement, par équations, contrairement à la MAT mesurée directement en laboratoire (paragraphe 2.1). Une première ACP réalisée avec la MAT et le PPL NEL a montré que ces deux variables étaient bien corrélées (annexe 9). Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser plusieurs variables pour suivre l'évolution de la valeur nutritive. Par ailleurs, à des fins de vulgarisation, le PPL NEL est plus parlant car il renseigne sur la quantité de lait produite par la teneur en énergie du fourrage récolté.

#### *Analyse de l'ACP*

Les deux premières dimensions de l'ACP résument près de 80% de la variance du jeu de données. La figure 13 illustre donc bien la variabilité existante entre les prairies suivies en 2014 et 2015. Les variables rendement et précocité servent à expliquer l'axe 1 et sont décorréliées de la vitesse de diminution de la valeur nutritive qui sert à expliquer l'axe 2 (annexe 10). Ainsi, les prairies à droite du graphique des individus présentent un rendement élevé et celles situées à gauche, un rendement plus faible. Les prairies en haut du graphique ont une valeur nutritive qui se dégrade rapidement et celles situées en bas, une valeur nutritive qui se dégrade plus lentement.

- *La vitesse de diminution de la valeur nutritive est indépendante du type de prairie mais fortement influencée par l'année*

Les prairies permanentes et temporaires étant bien réparties en haut et en bas du graphique : la vitesse de diminution de la valeur nutritive ne semble pas liée au type de prairie. Nous avons alors cherché à identifier d'autres facteurs explicatifs. Un effet de l'année est apparu pour les prairies permanentes avec une distinction en deux groupes. La figure 13 révèle un groupe à diminution lente de la valeur nutritive (en bas à gauche : moudonpp2014, puidoux1pp2014, puidoux2pp2014 et puidouxpp2015) et à diminution plus rapide (en haut : champventpp2015, grandeventpp2015, carrougepp2015, stgeorgepp2015 et carrouge2pp2014). La prise en compte de l'année en variable explicative montre que la valeur nutritive a eu tendance à diminuer plus rapidement en 2015 qu'en 2014. Ceci est d'ailleurs confirmé pour la majorité des prairies en commun entre les deux années d'étude : les prairies à Moudon (moudonpp2014, moudonpp2015), Champvent (champventpp2014, champventpp2015) et Carrouge (carrouge1pp2014, carrougepp2015) prennent des valeurs opposées sur l'axe 2 de l'ACP. Le climat pourrait expliquer ces différences (annexe 11). Le printemps 2014, et plus particulièrement le mois de mai, ont été marqués par des températures journalières et un ensoleillement plus faibles que la moyenne de 30 ans (1981-2010) ainsi que par de fréquents épisodes de bise (annexe 11 ; (Météosuisse, 2015a)).

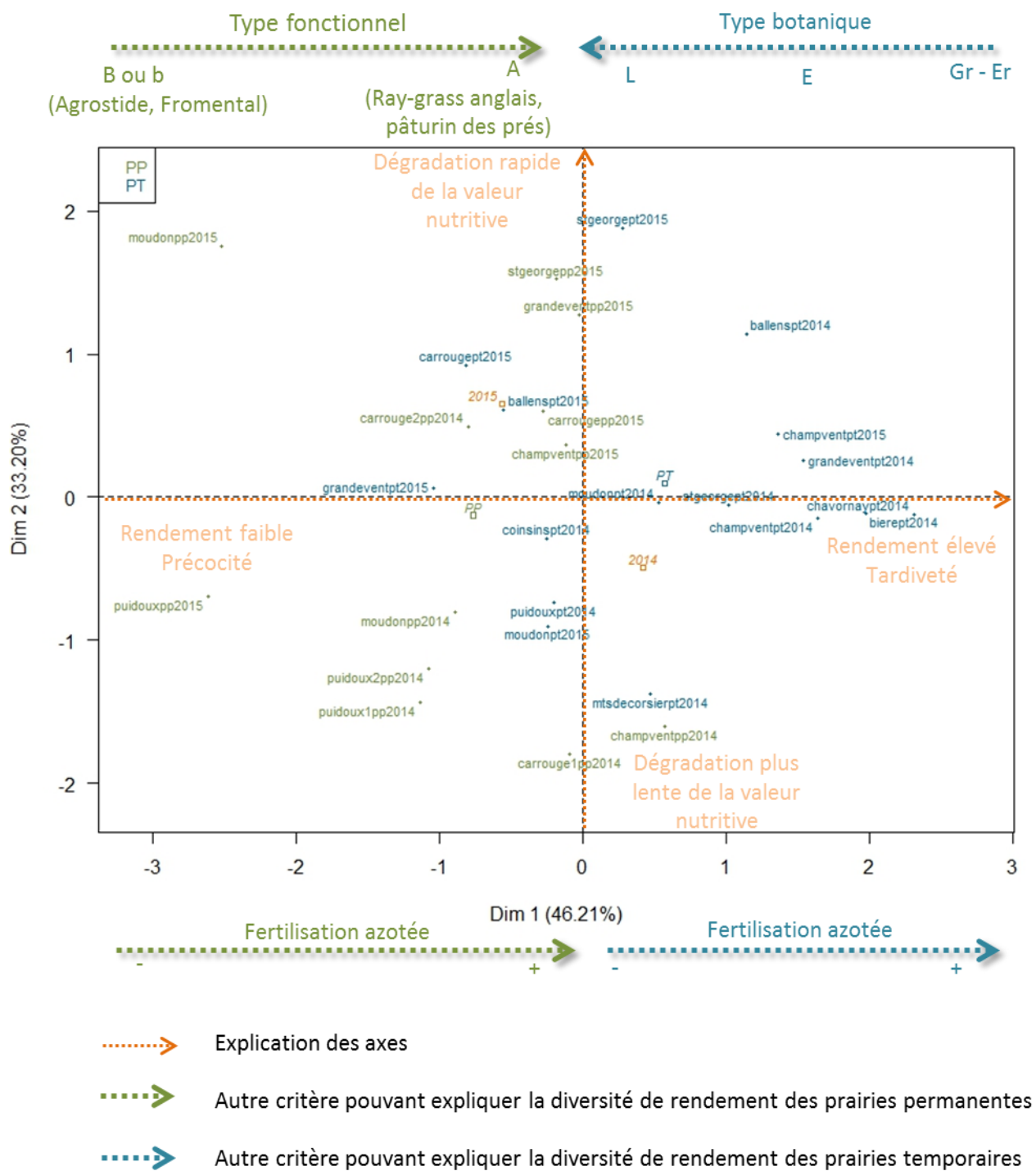


Figure 14 : ACP (graphique des individus) comprenant les prairies des deux années d'étude analysées selon les évolutions de leur rendement et de leur valeur nutritive au printemps et pistes de variables complémentaires expliquant les différences de rendement

et plus ensoleillé que la moyenne de 30 ans et donc que le printemps 2014 (MétéoSuisse, 2015b) La douceur du printemps 2015 aurait donc accéléré la dégradation de la valeur nutritive.

Pour les deux groupes de prairies permanentes cités précédemment, il n'est donc pas possible de distinguer s'ils rassemblent des prairies présentant les mêmes dynamiques d'évolution du rendement et de la valeur nutritive. L'effet de l'année semble plus important au sein de ces deux catégories. Par conséquent, il n'est toujours pas possible d'utiliser conjointement la valeur nutritive et le rendement pour prédire la période de première fauche optimale par type de prairies. Une description plus précise des types de prairies étudiés (notamment de la composition botanique et de la fertilisation azotée) devrait améliorer l'analyse.

- *Suggestions de facteurs influençant le rendement*

Qu'elles soient permanentes ou temporaires, les prairies qui sont opposées sur l'axe 1 de l'ACP paraissent se distinguer par leur niveau de fertilisation azotée et par leur composition botanique (figure 14).

Le niveau de fertilisation azotée a été estimé pour les deux années d'étude, sur la base des pratiques des exploitants. Par exemple, les prairies permanentes à Puidoux et à Moudon reçoivent une fertilisation limitée, la première par le cahier des charges de l'agriculture biologique, la seconde comme surface de promotion de la biodiversité, où seul un épandage d'azote organique est autorisé ("Ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture,"2013). A l'inverse, les prairies permanentes à Champvent ou à Carrouge, présentant des niveaux de rendement supérieurs, ont reçu une quantité plus élevée de fertilisation azotée. De même, les prairies temporaires à Coinsins et à Puidoux appartiennent à une exploitation en agriculture biologique contrairement à celles de Chavornay ou Bière, qui présentent des niveaux de fertilisation et des rendements nettement plus élevés.

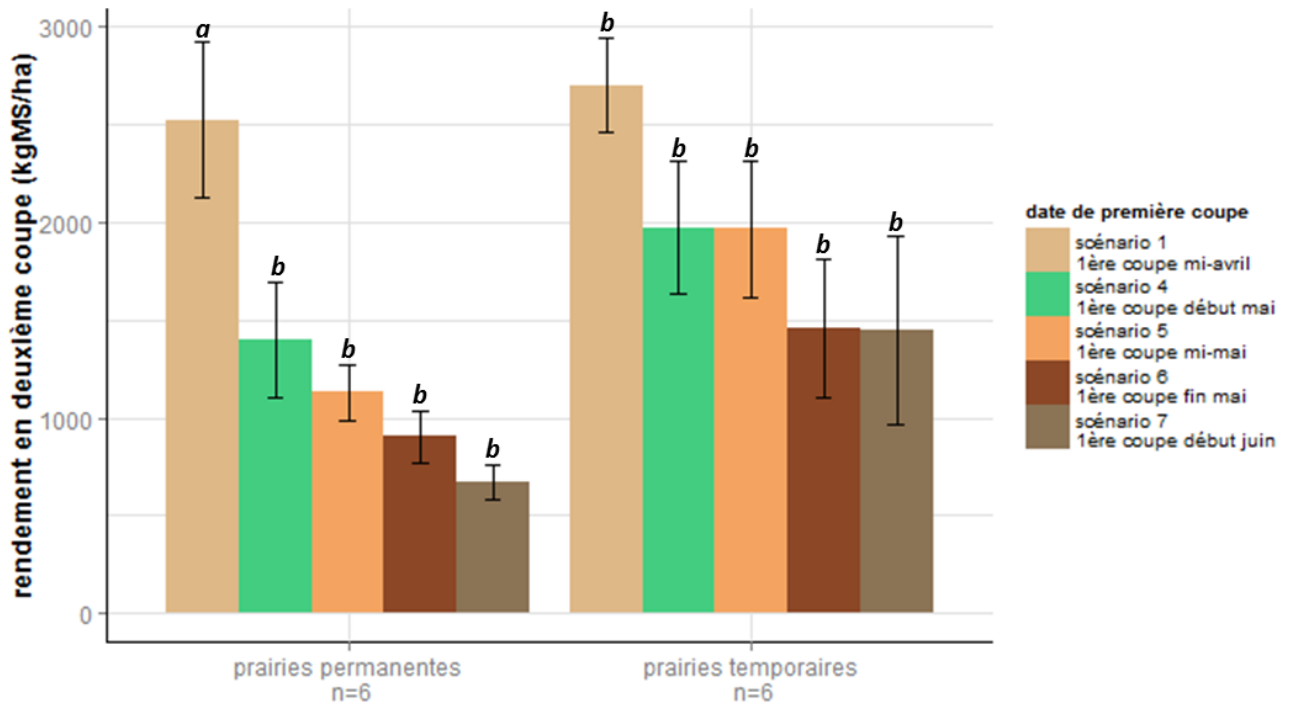
La composition botanique paraît également opposer ces prairies. Pour les prairies permanentes, leur composition en graminées (annexe 12) permet de les rattacher grossièrement aux types fonctionnels utilisés dans nombre de typologies des prairies permanentes françaises (Cruz et al., 2010 ; Baumont et al., 2011). Les prairies permanentes à Moudon et Puidoux présentent une grande diversité de graminées avec une prédominance d'Agrostide et de Fromental. Elles correspondraient à un type fonctionnel B ou b. Les prairies permanentes à Champvent, Grandevent ou encore Carrouge sont moins diversifiées en graminées et les espèces prédominantes sont plutôt le ray-grass anglais ou le pâturin des prés. Elles correspondraient dès lors d'avantage à un type fonctionnel A. Pour les prairies temporaires, la proportion en graminées et légumineuses pourrait avoir une influence sur le rendement (annexe 13). En effet, les prairies temporaires à Grandevent et à Saint George en 2015 présentaient des proportions élevées en légumineuses, luzerne à Grandevent et trèfle violet à Saint George. A l'inverse, les prairies temporaires à Chavornay, Bière ou Champvent présentaient une forte dominance de graminées, essentiellement de ray-grass anglais et de ray-grass hybride.



Ces observations, bien qu'uniquement empiriques, sont cohérentes avec les résultats de Duru et Calvière (1996) qui ont constaté une modification du rendement et de la composition botanique des prairies suite à une modification des apports azotés. Une quantification en début de saison du niveau de nutrition azoté des prairies pourrait donc apporter des informations aidant à la classification des prairies de fauche. Il serait intéressant d'associer cette quantification aux pratiques de fertilisation des exploitants, ce critère étant plus facile à intégrer dans un outil de gestion à destination des éleveurs. Ainsi, des années ultérieures d'observations sont nécessaires pour affiner les repères d'exploitation basés sur la somme des températures. Pour cela, il semble intéressant de se baser sur un plus grand nombre de critères que ceux utilisés jusqu'à présent. Comme évoqués, il peut s'agir de critères liés aux pratiques d'exploitation (fréquence de coupes, fertilisation azotée), à la composition botanique mais aussi aux caractéristiques du milieu (profondeur de sol, pH...) ou encore à la fonction attribuée aux prairies de fauche (production, qualité environnementale). Tous ces paramètres sont d'ailleurs souvent combinés dans les typologies françaises portant sur les prairies de fauche (Jeannin et al., 1991 ; Petit et al., 2004 ; Petit et al., 2015).

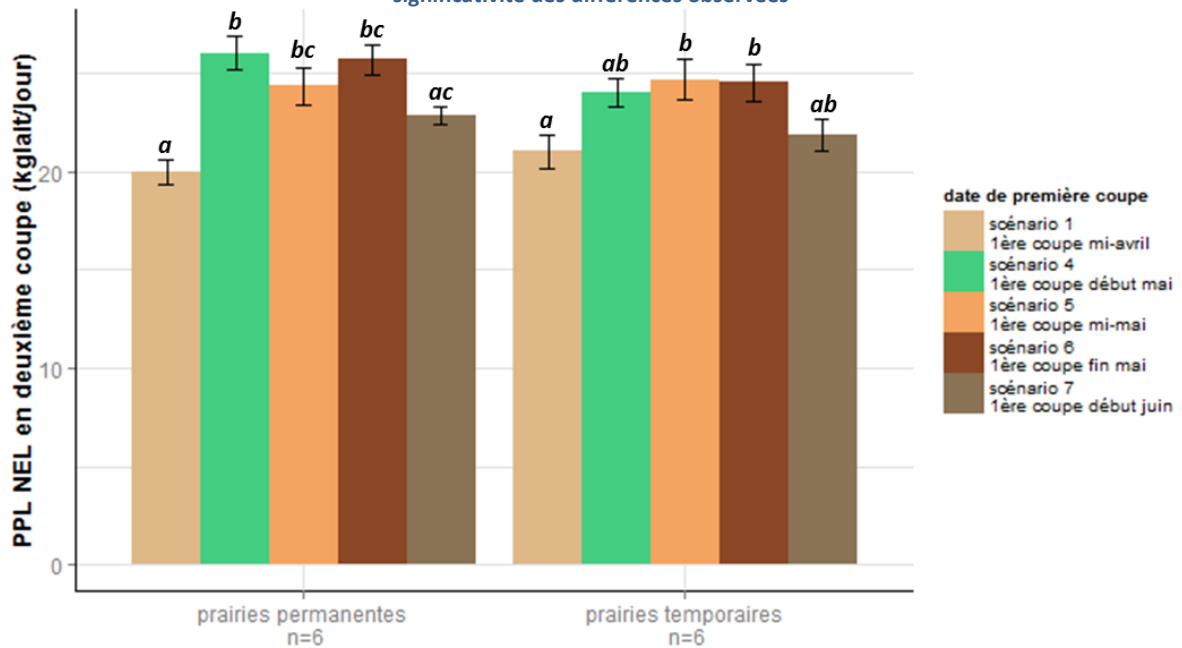
Cette nouvelle saison d'étude n'a pas permis de définir précisément un optimum de gestion des prairies de fauche lors du premier cycle d'exploitation. Néanmoins, la diminution rapide de la valeur nutritive en 2015 a affirmé l'intérêt d'une première fauche précoce pour maximiser la valeur nutritive du fourrage en première coupe. L'analyse du second cycle d'exploitation devrait permettre de compléter cette constatation. L'optimum est donc désormais discuté sur l'ensemble des deux premières coupes. Bien que d'importantes variations de rendement aient été constatées au sein des prairies permanentes et des prairies temporaires, les résultats qui suivent sont présentés par type de prairie. Ils reflètent bien les tendances constatées par l'étude de chacune des douze prairies individuellement (annexes 14 et 15), ce qui conforte aussi ce choix.





*a,b* : par type de prairie , si deux lettres sont différentes, les différences sont significatives au seuil de  $\alpha=0.05$

Figure 15 : Effet de la date de première coupe sur le rendement en deuxième coupe, après cinq semaines de repousse et significativité des différences observées



*a,b,c* : par type de prairie, si deux lettres sont différentes, les différences sont significatives au seuil de  $\alpha=0.05$

Figure 16 : Effet de la date de première coupe sur la valeur nutritive en deuxième coupe, après cinq semaines de repousse et significativité des différences observées

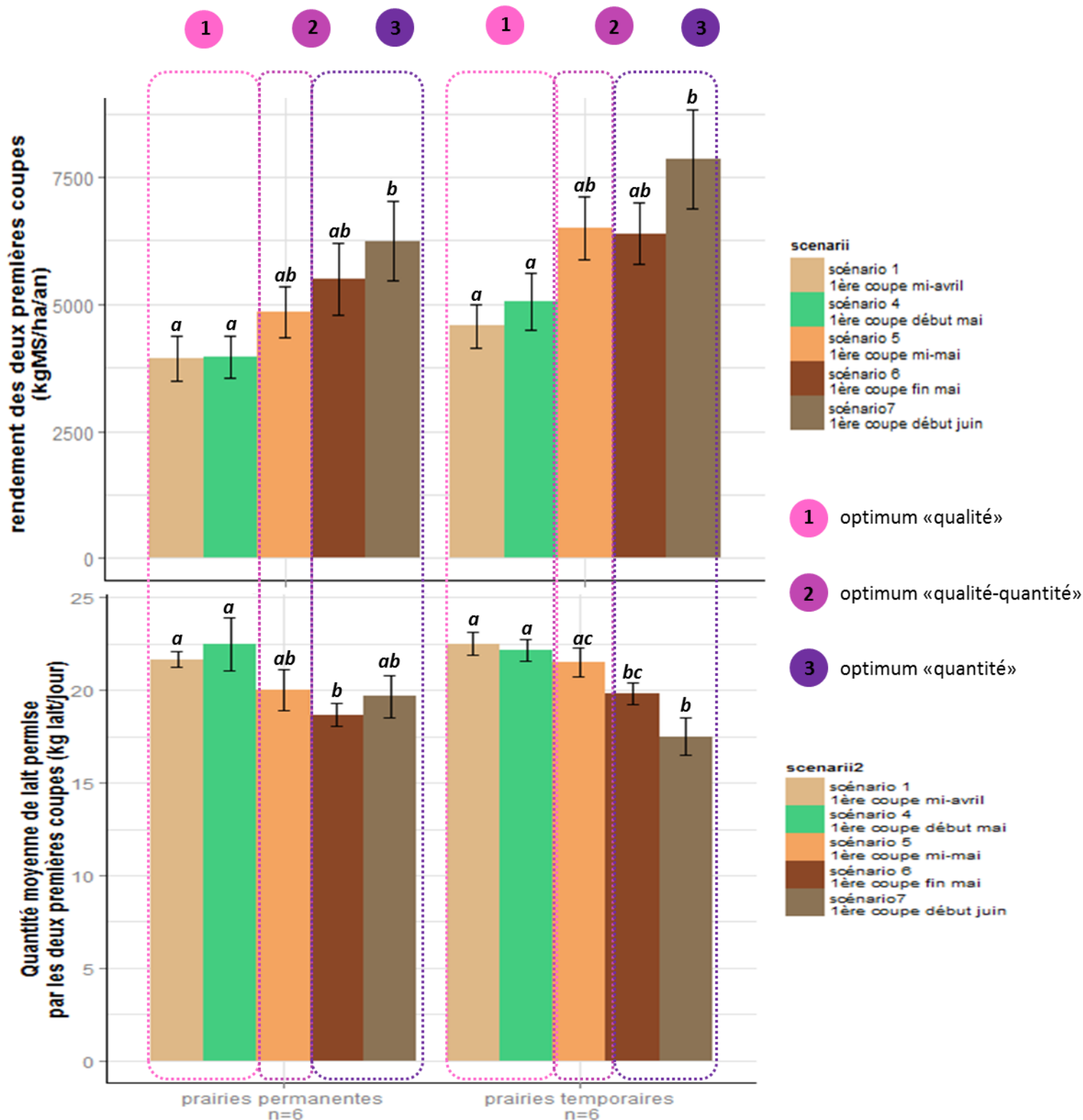
## **3.2. Effet du premier cycle d'exploitation sur le second et conséquences sur la valeur agronomique des deux premières coupes cumulées**

### **3.2.1. Effet de la date de première exploitation sur la valeur agronomique de la repousse**

Pour les prairies permanentes, une différence significative de rendement est constatée entre la repousse du scénario 1 et la repousse du scénario 7 (figure 15). Aucune autre différence n'est significative entre les rendements des repousses des autres scénarii. Néanmoins, le rendement de la repousse tend à diminuer suite à une première coupe de plus en plus tardive. Cette tendance se retrouve pour les repousses des prairies temporaires. Ainsi, une exploitation précoce en première coupe favorise une repousse de cinq semaines plus abondante. Au vue des dates de première coupe, deux raisons peuvent contribuer à expliquer cette observation. Une première coupe réalisée à mi-avril (scénario 1) préserve une partie des épis et intervient lors d'une période charnière, entre déprimage et étêtage. En effet, à cette période, toutes les prairies affichaient un SED de 2, correspondant à la phase de montaison. Pour certaines, les épis étaient encore bas dans les gaines (à une distance inférieure à 10 cm du sol), les plaçant ainsi hors de portée de fauche. En conséquence, la repousse du scénario 1 comportait plus d'épis (phase reproductive) que les repousses des scénarii 4, 5, 6 et 7, d'avantage feuillues (phase végétative). Dans ces quatre scénarii, caractérisés par une repousse végétative, plus la première fauche était précoce, plus le nombre de talles végétatives et le rendement des repousses étaient importants. A l'inverse, une première coupe tardive intervenait en fin de crise du tallage et les repousses étaient moins rapides, d'où des rendements moins élevés. Cependant, ces hypothèses sont issues d'une seule année d'expérimentation. Elles demandent à être validées ou infirmées et complétées par des années ultérieures d'observation. Notamment, la météo (température et pluviométrie) pendant la phase de repousse est suspectée d'influencer le rendement de la repousse.

La valeur nutritive en deuxième coupe semble également être influencée par la date de première exploitation (figure 16). Les premières coupes la plus précoce (scénario 1) et la plus tardive (scénario 7) ont occasionné une repousse de moindre valeur nutritive. La nature de la repousse pourrait contribuer à expliquer cette tendance. Dans le scénario 1, la repousse reproductive fortement épiée était constituée de matériel plus âgé et lignifié, donc moins digestible que celui des repousses végétatives des scénarii 4, 5, 6 et 7, plus jeunes et feuillues. Le PPL NEL des repousses végétatives paraît cependant diminuer avec des dates de première coupe plus tardives (scénario 7), probablement en raison des facteurs météo en début d'été. En effet, pendant la dernière quinzaine de mai 2015, les températures étaient plus basses que la moyenne de 30 ans (annexe 11). Elles ont augmenté à partir de début juin. Ainsi, les premières fauches des scénarii 4, 5 et 6 sont intervenues lors de périodes fraîches, favorables au maintien d'une bonne valeur nutritive de la repousse. La repousse du scénario 7 a pu subir les premiers effets de la sécheresse.

Enfin, en deuxième coupe, l'optimum qualité du fourrage paraît être atteint pour les scénarii 4, 5 et 6. Compte tenu du rendement qui tend à diminuer, le scénario 4 semble mieux optimiser la quantité et la qualité de la repousse. Il consiste en une première fauche (effectuée généralement au SED 3) en ensilage tardif ou en foin précoce. Il reste désormais à déterminer si cet optimum de gestion correspond également à une optimisation de la valeur agronomique des deux premières coupes cumulées.



*a,b,c : par type de prairie, si toutes les lettres sont différentes, les différences sont significatives au seuil de  $\alpha=0.05$*

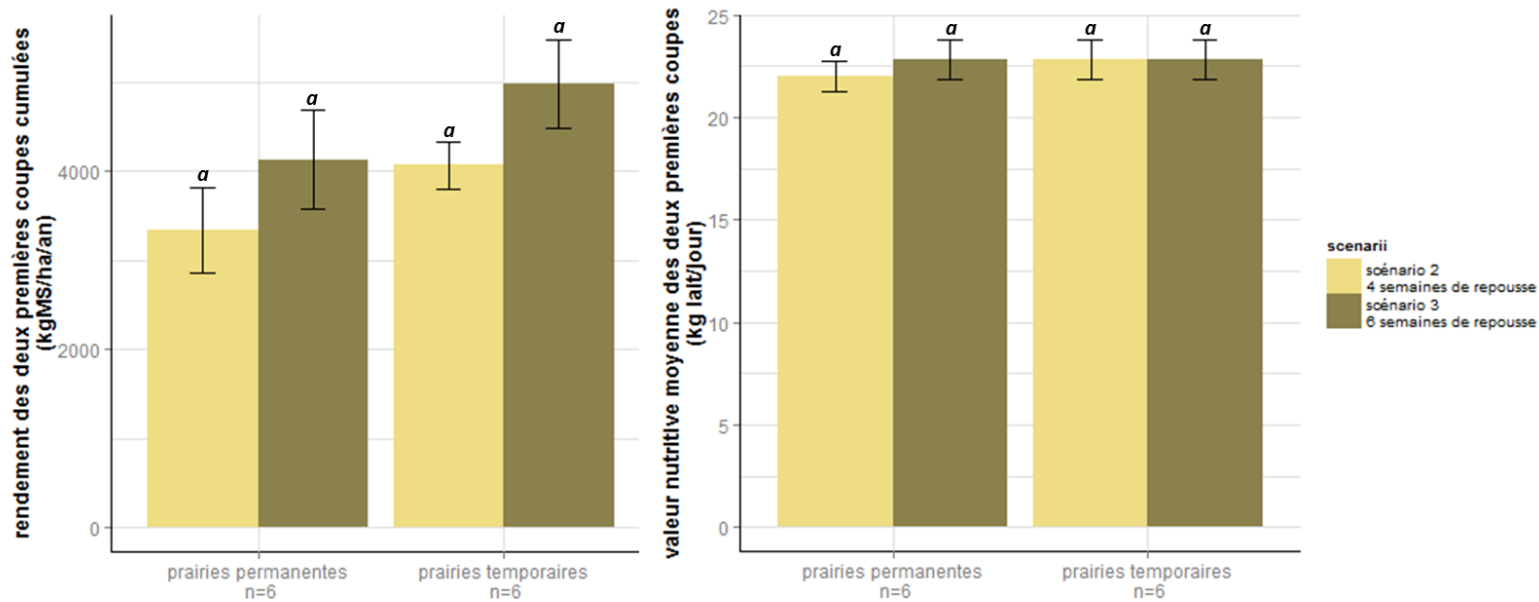
Figure 17 : Effet de la date de première coupe sur la valeur agronomique des deux premières coupes cumulées, pour une repousse de cinq semaines et significativité des différences observées  
*Haut* : Effet sur le rendement ; *bas* : effet sur la valeur nutritive

### **3.2.2. Modes de gestion des deux premières coupes permettant d'optimiser la valeur agronomique du fourrage récolté**

Quel que soit le type de prairie, le rendement en MS des deux premières coupes cumulées est fortement influencé par la date de première exploitation (figure 17 haut). La plus forte production est obtenue avec le scénario 7, pour lequel la date de première exploitation est la plus tardive. Elle est significativement différente du rendement des scénarii 1 et 4, pour les prairies permanentes comme temporaires. Il semblerait donc que quel que soit le type de prairie, une exploitation tardive en première coupe permette d'atteindre un optimum de rendement au printemps. En revanche, la qualité du fourrage est pénalisée par une date de première coupe tardive, surtout pour les prairies temporaires (figure 17 bas). En effet, les scénarii 1 et 4 assurent la meilleure valeur nutritive, quel que soit le type de prairie. Pour les prairies temporaires, le scénario 7 pénalise fortement la qualité : la valeur nutritive est significativement plus basse que pour les scénarii 1, 4 et 5. Pour les prairies permanentes, la qualité paraît moins diminuée par une date de première fauche tardive, ce qui pourrait refléter une plus grande souplesse d'exploitation.

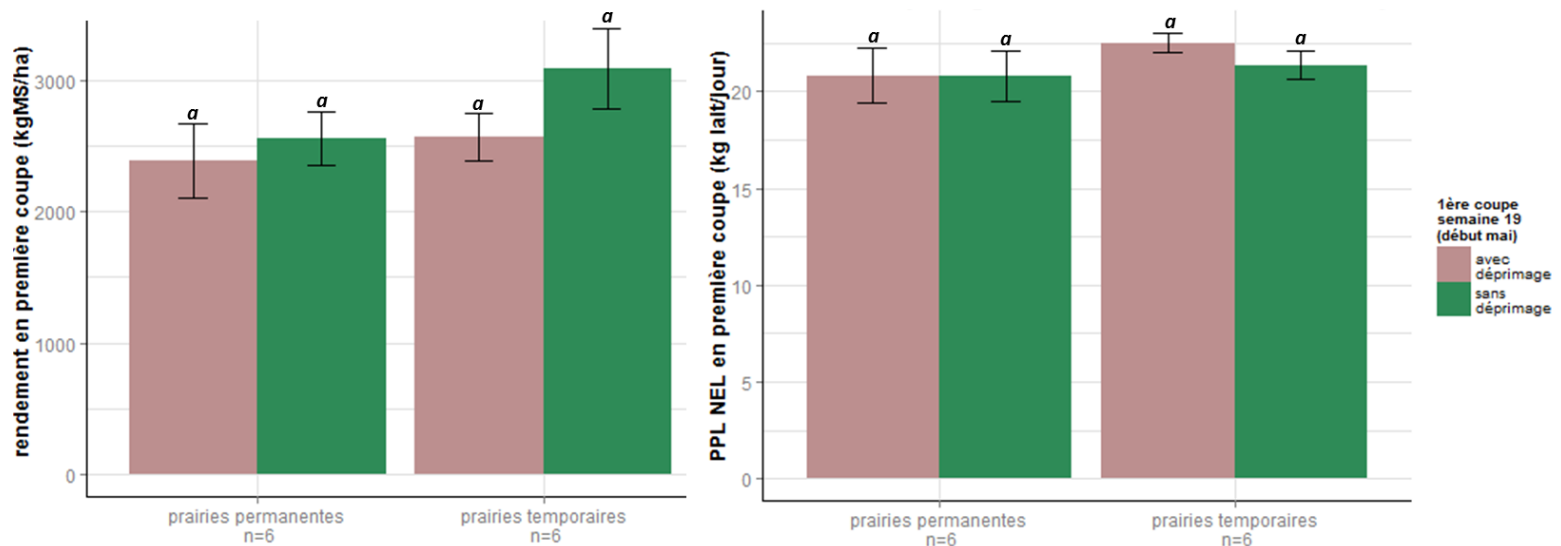
La confrontation des figures 17 haut et 17 bas permet de formuler des hypothèses quant à des pratiques optimales de gestion des prairies en 2015. Une première coupe mi-avril à début mai (scénarii 1 et 4) a permis d'atteindre un optimum de « qualité ». Les deux premières coupes des scénarii 1 et 4 ont produit environ 3.5 t MS/ha avec un PPL NEL de 23 kg/jour pour les prairies permanentes, et 4.5 t MS/ha avec un PPL NEL similaire pour les prairies temporaires. Mi-mai (scénario 5), un optimum « quantité-qualité » a été atteint. Le rendement des deux coupes s'élevait alors, en moyenne à 5 t MS/ha avec un PPL NEL de 20 kg/jour pour les prairies permanentes, et à 6 t MS/ha avec un PPL NEL de 21 kg/jour pour les prairies temporaires. Une première fauche encore plus tardive (scénarii 6 et 7) a permis d'atteindre un « optimum quantité ». Le rendement s'élevait alors en moyenne à 5,5 tMS/ha avec un PPL NEL de 18 kg/jour pour les prairies permanentes, et à 7 tMS/ha avec un PPL NEL de 18 kg/jour pour les prairies temporaires. Ainsi, l'optimisation de la gestion du premier cycle par avancement des dates de première coupe permet également d'optimiser la valeur agronomique de la première repousse et, plus généralement, de l'herbe récoltée au printemps, avant une éventuelle période de sécheresse estivale.

Pour finir, élargissons ces conclusions aux deux systèmes de production ensilage et foin-regain. Dans la pratique, une première coupe sous forme d'ensilage correspond aux scénarii 1 et 4. Dans les deux cas, la qualité du fourrage a été optimisée. Une première coupe sous forme de foin correspond aux scénarii 4, 5, 6 et 7 qui permettent d'atteindre différents optimum. A noter cependant, qu'une première coupe telle que simulée par les scénarii 4 et 5 se rencontre en réalité peu dans la pratique. Pourtant, ces deux cas favorisent la qualité du fourrage récolté au printemps. Ainsi, une attention particulière doit être donnée à la première coupe dans les systèmes foin-regain. Les foins précoces en première coupe (scénarii 4, 5 et 6) sont à favoriser, si la météo le permet, pour récolter un fourrage de qualité ou à l'optimum quantité-qualité.



a : par type de prairie, si toutes les lettres sont semblables, la différence n'est pas significative au seuil de  $\alpha=0.05$

Figure 18 : Effet du temps de repousse (quatre et six semaines) sur la valeur agronomique de la repousse (à gauche : rendement ; à droite : valeur nutritive) et significativité des différences observées



a : par type de prairie, si toutes les lettres sont semblables, la différence n'est pas significative au seuil de  $\alpha=0.05$

Figure 19 : Effet d'un déprimage sur la valeur agronomique de l'herbe récoltée en première coupe (à gauche : rendement ; à droite : valeur nutritive) et significativité des différences observées

### **3.2.3. Pour aller plus loin : pistes complémentaires pour améliorer la valeur agronomique du fourrage récolté au printemps**

Les scénarii 2 et 3 intégraient un temps de repousse variable, de quatre et six semaines respectivement, pour une même date de première coupe, équivalente à un ensilage (figure 18). Quel que soit le type de prairie, aucune différence significative de rendement ou de valeur nutritive n'a été constatée. Un temps de repousse variable paraît cependant provoquer une différence plus marquée sur le rendement que sur la valeur nutritive. Pour chaque prairie individuellement, un temps de repousse de six semaines a souvent occasionné une augmentation de rendement significative, par rapport à une repousse de quatre semaines. Mais la valeur nutritive a toujours peu diminué entre quatre et six semaines de repousse. Michaud et al (2012) rapportent que la valeur nutritive diminue moins rapidement lors des repousses qu'en premier cycle. Une augmentation du temps de repousse à six semaines pourrait donc permettre d'augmenter le rendement des deux premières coupes sans impacter la valeur nutritive moyenne du fourrage récolté. En effet, une repousse de six semaines a permis d'atteindre un rendement d'environ 4tMS/ha avec une production moyenne de lait de 23 kg/jour pour les prairies permanentes, et un rendement d'environ 5 tMS/ha avec une même production moyenne de lait pour les prairies temporaires. Ces rendements et valeur nutritive sont similaires à ceux obtenus dans le scénario 4 correspondant à un mode d'exploitation des prairies optimal en termes de qualité (figure 18). La variation du temps de repousse a cependant été testée pour une seule date de première coupe, pendant la période optimale de première exploitation. La souplesse d'exploitation en deuxième coupe constatée ici, pourrait être diminuée par une date de première exploitation plus tardive.

L'effet d'un déprimage sur la valeur agronomique de la première coupe a également été analysé, pour une date de première coupe début mai, équivalente à un ensilage tardif ou un foin précoce. Deux dates de déprimage ont été étudiées : un déprimage précoce, mi-mars et un déprimage plus tardif, début-avril (paragraphe 2.1). Le déprimage précoce s'est révélé dans bien des lieux trop précoce pour avoir un effet sensible : le rendement était faible à nul. Seul l'effet du déprimage plus tardif a alors été analysé ici (comparaison de la première fauche, C1' du plot 2 avec la première fauche, C1, du plot 6 ; figure 9) Les résultats sont peu significatifs (figure 19). Ils montrent une tendance à la diminution du rendement en première coupe suite à un déprimage en sortie d'hiver, avec une valeur nutritive quasi similaire à légèrement supérieure. Cet effet semble être plus prononcé pour les prairies temporaires tant du point de vue du rendement que de la valeur nutritive. Bien que peu significatifs, ces résultats sont en accord avec la bibliographie présentée au paragraphe 1.3. Un déprimage permet ainsi de profiter, par le pâturage, de la qualité de l'herbe en sortie d'hiver, sans menacer la constitution des stocks fourragers hivernaux.

Ainsi, la pratique d'un déprimage et l'allongement raisonnable du temps de repousse suite à des premières fauches précoces constituent bien des pistes d'optimisation supplémentaires des prairies de fauche vouées à un usage intensif.



## CONCLUSION

Notre étude a montré que la somme des températures est un indicateur utile à la gestion des prairies lors du premier cycle d'exploitation au printemps puisqu'il permet de s'affranchir des spécificités climatiques des lieux d'étude. En revanche, l'approche adoptée jusqu'à présent a montré ses limites dans le réseau de prairies de la saison 2015. Les deux critères, type de prairie et zone thermique, sont insuffisants pour fournir des repères de gestion adaptés à la diversité de rendement des prairies de fauche du canton de Vaud. Ils devront être complétés par d'autres informations comme la fonction attribuée à la prairie au sein du système fourrager et/ou de l'exploitation, les pratiques de gestion (fréquence de coupes, fertilisation), les conditions du milieu (sol, niveau de nutrition en azote et en phosphore) ou encore la composition botanique. Toutes ces informations devront par ailleurs être combinées sous forme d'indicateurs parlants pour les éleveurs, l'outil final leur étant destiné. La réalisation d'enquêtes en élevage, pour approfondir la connaissance du réseau de prairies, pourra alors être envisagée en complément du protocole actuel de récolte de données. L'augmentation du nombre de prairies du réseau pourra également être envisagée afin de collecter des références mieux adaptées à chaque type de prairie. Mais le protocole comprenant tous les cycles d'exploitation (quatre au total) est lourd à mettre en œuvre. Il pourra donc être limité aux prairies pour lesquelles une optimisation de la valeur agronomique annuelle est l'objectif principal. Notre travail n'a pas permis d'aboutir à des règles claires de décision de la date de première fauche optimale, la valeur nutritive étant apparue très dépendante de l'année de mesure. L'étude demande donc à être poursuivie pour préciser le lien entre valeur nutritive et productivité des herbages au printemps.

Cette première saison d'extension du protocole au second cycle d'exploitation a permis d'envisager une optimisation conjointe des deux premiers cycles d'exploitation de l'herbe, et non plus uniquement du premier cycle. Différentes stratégies de gestion des prairies de fauche au printemps et conseils d'optimisation ont alors été mis en évidence. Ainsi, un déprimage est à favoriser en sortie d'hiver pour améliorer la valeur nutritive des prairies de fauche en première coupe. Une fauche précoce en première coupe est à privilégier pour améliorer la valeur nutritive du fourrage récolté sur l'ensemble des deux premières coupes. Plus la fauche est tardive en première coupe, plus la qualité des deux premières coupes diminue et leur rendement augmente. L'allongement du temps de repousse à six semaines, suite à une première fauche précoce, est à envisager pour augmenter le rendement des deux premières coupes sans affecter la valeur nutritive. Des années d'expérimentations ultérieures sont cependant nécessaires pour confirmer ces résultats et éventuellement mettre en évidence d'autres facteurs (tel que la pluviométrie pendant la période de repousse) influençant la valeur agronomique du fourrage récolté au printemps.

Enfin, il convient de souligner les conditions extrêmement sèches qui ont touché la zone d'étude au cours de l'été 2015. Le bilan des divers scénarii expérimentés devrait permettre d'esquisser des hypothèses d'adaptation au changement climatique. En particulier, les effets positifs d'une exploitation précoce au printemps devraient se répercuter sur la production estivale, voire même jusqu'en automne. Au moment de la rédaction du présent rapport, la question est encore ouverte.





## Bibliographie

- Agridea, 2011. Valorisation des produits des filières agricoles vaudoises [WWW Document]. URL [http://www.agridea.ch/fileadmin/thematic/Rapport\\_valorisation\\_des\\_produits.pdf](http://www.agridea.ch/fileadmin/thematic/Rapport_valorisation_des_produits.pdf) (accessed 6.2.15).
- Ansquer, P., Theau, J.P., Cruz, P., Viegas, J., Al Haj Khaled, R., Duru, M., 2004. Caractérisation de la diversité fonctionnelle des prairies à flore complexe : vers la construction d'outils de gestion 179, 353–368.
- Baumont, R., Plantureux, S., Farrié, J.P., Launay, F., Michaud, A., Pottier, E., 2011. Prairies permanentes. Des références pour valoriser leur diversité. Institut de l'élevage.
- CH2011, 2011. les scénarios du changement climatique en suisse [WWW Document]. URL <http://www.ch2011.ch/pdf/CH2011summaryFR.pdf> (accessed 6.2.15).
- Cruz, P., Theau, J.P., Lecloux, E., Jouany, C., Duru, M., 2010. Typologie fonctionnelle de graminées fourragères pérennes : une classification multitraits. *Fourrages* 201, 11–17.
- Cutullic, E., Chevalley, S., Thomet, P., Piccand, V., 2012. Etat des lieux de l'affouragement des vaches laitières. Enquêtes sur les exploitations en lait de centrale de Prolait. Rapport de travail mandaté par Prolait, Fédération laitière.
- Daccord, R., Wyss, U., Jeangros, B., Meisser, M., 2006. Estimation de la valeur du fourrage des prairies-valeur nutritive et production de lait ou de viande. Fiche technique Agridea n°2.7.1, 3ème édition.
- De Montard, F.X., 1981. l'action des facteurs climatiques sur la croissance de l'herbe. Exemple d'une prairie à *Agrostis tenuis* et *Poa pratensis* des Monts d'Auvergne. *Fourrages* 85, 39–52.
- Dussouillez, C., 2014. Caractérisation agro-écologique des herbages d'une filière laitière. Travail de Master EPFL.
- FPSL, 2013. Rapport annuel 2013 [WWW Document]. URL <http://www.swissmilk.ch/fr/producteurs-de-lait/portrait/mandat-activites/rapport-annuel/-dl-/fileadmin/filemount/rapport-annuel-psl-2013-fr.pdf> (accessed 6.2.15).
- Gillet, M., 1980. Les graminées fourragères. Description, fonctionnement, applications à la culture de l'herbe., Gauthier-villars. ed.
- Hopkins, A., 2000. Grass its production & utilization, Blackwell Science Ltd. ed.
- Jeangros, B., 1993. Prairies permanentes en montagne. Effets de la fréquence de coupe et de la fertilisation azotée sur la composition botanique. *Revue suisse d'agriculture* 25, 345–360.
- Jeangros, B., Aeby, P., Ravenel, L., Troxler, J., 1994. Prairies permanentes en montagne. Effets de la fréquence de coupe et de la fertilisation azotée sur le rendement en matière sèche. *Revue suisse d'agriculture* 26, 367–372.
- Jeangros, B., Amaudruz, M., 2005. Dix ans d'observation sur la phénologie des prairies en Suisse romande. *Revue suisse d'agriculture* 37, 201–209.
- Jeangros, B., Deléglise, C., 2014. Valeur des fourrages-stade de développement des prairies. fiche technique Agridea n°2.7.3.1.
- Jeangros, B., Scephovic, J., 1996. Prairies permanentes de montagne. Effets de la fréquence des coupes et de la fertilisation azotée sur la qualité du fourrage. *Revue suisse d'agriculture* 28, 213–221.
- Jeannin, B., Fleury, P., Dorioz, J.M., 1991. I- Typologie des prairies d'altitude des Alpes du Nord : méthode et réalisation. *Fourrages* 379–396.
- Jouven, M., Carrère, P., Baumont, R., 2006. Model predicting dynamics of biomass, structure and digestibility of herbage in managed permanent pastures. 1. Model description. *Grass Forage Sci.* 61, 112–124. doi:10.1111/j.1365-2494.2006.00515.x
- Lemaire, G., 1991. Précocité de croissance d'une prairie au printemps. Importance de la densité de talles. *Fourrages* 313–320.
- Lemaire, G., Gosse, G., Chartier, M., 1984. Modelling of the dry matter growth of a grass stand in spring. Interaction between climatic factors and nitrogen nutrition. *Proceeding of the 10th*



## Bibliographie (2)

- general meeting of the european grassland federation. Presented at the The impact of climate on grass production and quality, Norway.
- Lemaire, G., Salette, J., Laissus, R., 1982. Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps. I-la production et sa variabilité. Fourrages 3–16.
- Météosuisse, 2015a. Bulletin climatologique année 2014 [WWW Document]. URL [http://www.meteosuisse.admin.ch/content/dam/meteoswiss/fr/service-und-publikationen/publikationen/bulletin\\_climato\\_annee\\_def\\_f.pdf](http://www.meteosuisse.admin.ch/content/dam/meteoswiss/fr/service-und-publikationen/publikationen/bulletin_climato_annee_def_f.pdf) (accessed 8.30.15).
- Météosuisse, 2015b. Bulletin climatologique printemps 2015 [WWW Document]. URL [http://www.meteosuisse.admin.ch/content/dam/meteoswiss/fr/Klima/Gegenwart/doc/bulletin\\_climato\\_saison\\_def\\_pt.pdf](http://www.meteosuisse.admin.ch/content/dam/meteoswiss/fr/Klima/Gegenwart/doc/bulletin_climato_saison_def_pt.pdf) (accessed 8.30.15).
- Michaud, A., Andueza, D., Picard, F., Plantureux, S., Baumont, R., 2012. Seasonal dynamics of biomass production and herbage quality of three grasslands with contrasting functional compositions. *Grass Forage Sci.* 67, 64–76. doi:10.1111/j.1365-2494.2011.00821.x
- Mosimann, E., 2006. Mélanges fourragers pour une durée de trois ans. Facteurs influençant la valeur nutritive. *Revue suisse d'agriculture* 109–114.
- Mosimann, E., Meisser, M., Deléglise, C., Jeangros, B., 2012. Potentiel fourrager des pâturages du Jura. *Rech. Agron. Suisse* 3, 516–523.
- Niqueux, N., Arnaud, R., 1981. Peut-on prévoir la date d'épiaison des variétés de graminées? *Fourrages* 88, 39–56.
- OFAG, 2014. Evaluation des données sur la production de lait [WWW Document]. URL <http://www.blw.admin.ch/themen/00013/00079/00908/index.html?lang=fr> (accessed 6.8.15).
- OFS, 2015a. Agriculture suisse, statistique de poche, 2015 [WWW Document]. URL <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/07/22/publ.html?publicationID=6549> (accessed 6.2.15).
- OFS, 2015b. Exploitation détentrices d'animaux de rente et effectifs d'animaux de rente, évolution [WWW Document]. URL [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/07/01/new/nip\\_detail.Document.21026.xls](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/07/01/new/nip_detail.Document.21026.xls) (accessed 6.2.15).
- Ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture [WWW Document], 2013. URL [http://www.blw.admin.ch/themen/00006/index.html?lang=fr&download=NHZLpZeg7t,lnp6lONTU042l2Z6ln1ae2lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCEeoR9f2ym162epYbg2c\\_JkKbNoKSn6A--](http://www.blw.admin.ch/themen/00006/index.html?lang=fr&download=NHZLpZeg7t,lnp6lONTU042l2Z6ln1ae2lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCEeoR9f2ym162epYbg2c_JkKbNoKSn6A--) (accessed 8.24.15).
- Petit, S., Fleury, P., Vansteelant, J.-Y., 2015. Guide technique 2015 : Agriculture, prairie de fauche et environnement dans le Massif Jurassien. Outil de diagnostic et conseil [WWW Document]. URL [http://images.parc-haut-jura.fr/upload/fichiers/prairies\\_/guide\\_prairies\\_Haut\\_Jura.pdf](http://images.parc-haut-jura.fr/upload/fichiers/prairies_/guide_prairies_Haut_Jura.pdf) (accessed 7.21.15).
- Petit, S., Vansteelant, J.-Y., Plaige, V., Fleury, P., 2004. Les typologies de prairies : d'un outil agronomique à un objet de médiation entre agriculture et environnement 369–382.
- RAP, 1999. Apports alimentaires recommandés et tables de valeur nutritive des aliments pour les ruminants (4ème éd.).
- Reidey, B., Ineichen, S., 2015. Pratique d'affouragement et autonomie fourragère des exploitations laitières en Suisse. Présentation journée herbagère ADCF-AGRIDEA, Grandevent, 14/04/15
- Sahli, A., Thöni, E., Amaudruz, M., Koenig, A., Jeangros, B., 1996. Appréciation des prairies. Fiche technique Agridea 8.1.1.
- Schreiber, 1977. Niveaux thermiques de la Suisse, sur la base de relevés phénologiques effectués dans les années 1969 à 1973. Carte publiée par le département fédéral de justice et police
- Sinaj, S., Richner, W., Flisch, R., Charles, R., 2009. DBF-GCH 2009. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse d'agriculture*, 14-15



## **Bibliographie (3)**

Theau, J.P., Zerourou, A., 2008. Herb'âge, une méthode de calcul des sommes de températures pour la gestion des prairies. Presented at the Symposium international INRA-UMR AGIR

(Agrosystèmes et développement territorial) : Outils pour la gestion des prairies permanentes. 2005-07-062005-07-08, Castanet-Tolosan, FRA.

Wirthner, J., 2014. Rendement et valeur nutritive des prairies de fauche au printemps. Travail de Master EPFL.

Zapata, J., 2014. Sommes de températures : des repères pour mieux conduire le pâturage au printemps [WWW Document]. URL <http://www.fidocl.fr/content/sommes-de-temperatures-des-reperes-pour-mieux-conduire-le-paturage-au-printemps> (accessed 7.16.15).

**Annexe 1 : Equations de conversion des stades observés du vulpin des prés, du pâturin commun, du ray-grass anglais, de la fléole, de la dent de lion, de l'anthisque sauvage, de la renoncule âcre, du trèfle violet de la marguerite en équivalent dactyle**

Équations (x=stade de l'espèce, y=stade équivalent dactyle)			
graminées		dicotylédones	
Dactyle	-	Dent de lion	$y = 0.67x - 0.47$
Vulpin des prés	$y = 0.91x - 0.9$	Anthisque sauvage	$y = x - 1.6$
Pâturin commun	$y = 0.88x - 0.04$	Renoncule âcre	$y = 0.95x - 0.95$
Ray-grass anglais	$y = x - 0.2$	Trèfle violet	$y = 1.25x - 1.1$
Fléole	$y = 1.43x + 0.3$	Marguerite	$y = 1.11x - 0.3$

**Annexe 2 : Stations météo de remplacement utilisées en 2015 pour le calcul des sommes de températures à Champvent, Grandevent, Ballens et Saint George et jours de remplacement des températures minimales et/ou maximales.**

lieu	Station de remplacement	Réseau d'appartenance	Jours de remplacement des données
Champvent	Champagne	Agrometeo	01/02 au 13/02 - 16/02 au 20/02 - 22/02 - 23/02 - 26/02 - 07/03 - 13/03 - 15/03
Grandevent	Champagne	Agrometeo	01/02 au 13/02- 16/02 au 20/02 - 22/02 - 23/02 - 26/02 - 07/03 - 13/03 - 15/03
Ballens	Bière	Météosuisse	Données manquantes du 01/02 au 09/02 - 10/02 au 13/02 - 16/02 au 23/02 - 25/02 - 26/02 - 28/02 - 05/03 - 07/03 - 10/03 - 13/03 - 23/03 - 28/03
Saint George	Burtigny (du 01/02/2015 au 26/03/2015 inclus)	Agrometeo	01/02 au 12/02 - 16/02 au 19/02 - 21/02 au 23/02 - 25/02 - 26/02 - 28/02 - 05/03
Saint George	Saint George (à partir du 27/03/2015)	Agrometeo	28/03 - 05/04 - 06/04 -



## Annexe 3 : fiche technique décrivant les types botanique des prairies selon leur proportion de graminées, légumineuses et autres plantes

### 2.5.2



### Estimer la proportion de graminées - **Appréciation des prairies**

1 <sup>ère</sup> pousse Stade début d'épiaison à fin d'épiaison (3-4-5)		Pousse estivale	Pourcent de graminées	
Vue de profil	Vue de dessus			
			> 85%	G
			70-85%	Gr
			50-70%	E Er
			40-50%	L
			< 40%	

Les photos de la première pousse ont été prises au stade 3.

Les photos de la pousse estivale ont été prises 4 semaines après la fauche.

**G ou Gr** = Prairie riche en graminées (Gr = plus de la moitié des graminées sont des ray-grass).

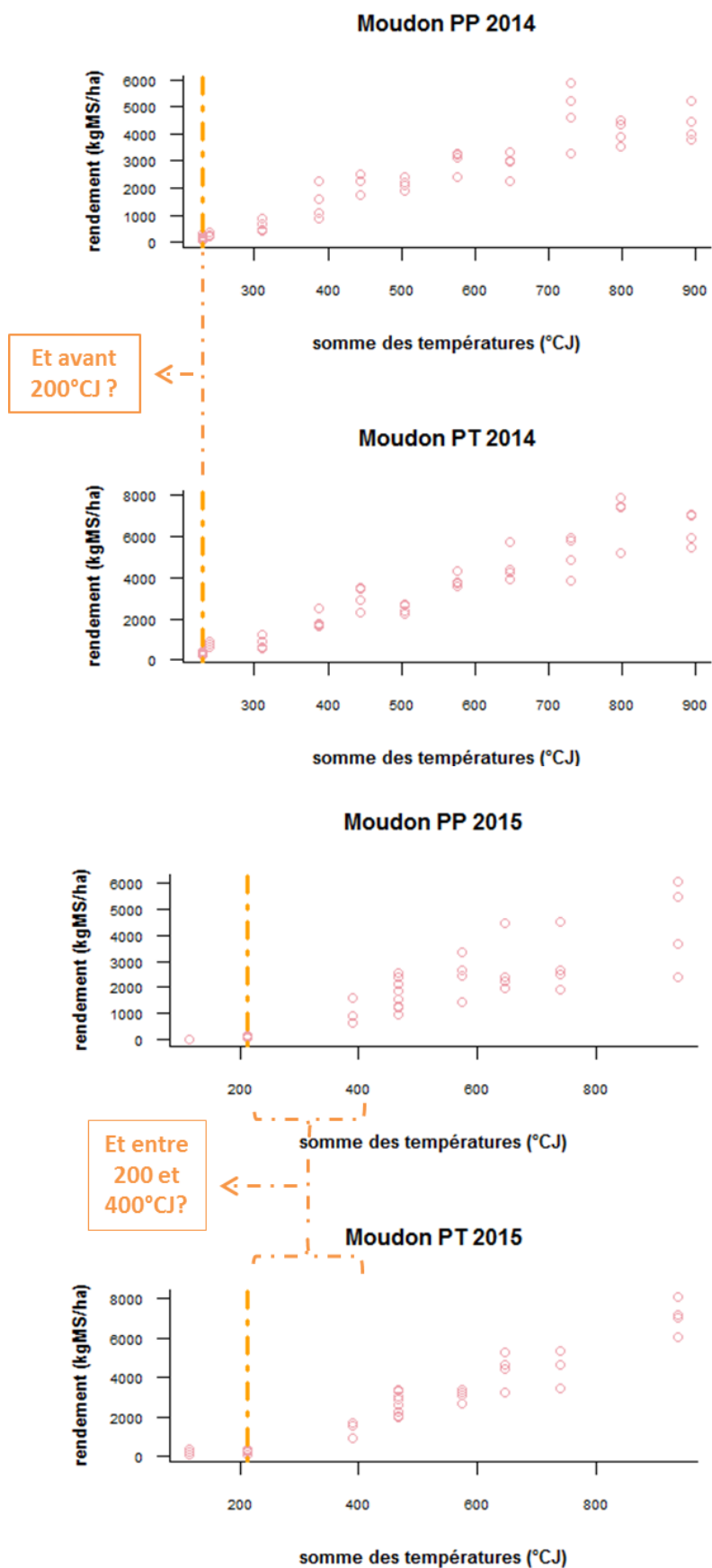
**E ou Er** = Prairie équilibrée (Er = plus de la moitié des graminées sont des ray-grass).

**L** = Prairie riche en légumineuses.

**Annexe 4 : Sommes des températures seuils et dates seuils déterminées  
visuellement pour chaque prairie chaque année**

Zone thermique douce			Zone thermique fraîche		
lieu	SDT seuil (°CJ)	Date seuil	lieu	SDT seuil (°CJ)	Date seuil
<b>2014</b>					
Champvent PP	230	12/03	Puidoux 1 PP	200	13/03
Champvent PT	230	12/03	Puidoux 2 PP	275	03/04
Grandevent PT	237	12/03	Puidoux PT	200	20/03
Moudon PP	230	13/03	Carrouge 1 PP	200	13/03
Moudon PT	230	13/03	Carrouge 2 PP	200	13/03
Coinsins PT	241	18/03	Ballens PT	200	19/03
Chavornay PT	236	12/03	Saint George PT	214	31/03
			Monts de Corsier PT	214	03/04
<b>2015</b>					
Champvent PP	253	01/04	Puidoux PP	197	08/04
Champvent PT	253	01/04	Carrouge PP	186	08/04
Grandevent PP	249	01/04	Carrouge PT	186	08/04
Grandevent PT	250	01/04	Ballens PT	172	08/04
Moudon PP	212	01/04	Saint George PP	214	08/04
Moudon PT	212	01/04	Saint George PT	214	08/04
<b>Moyenne : 220°CJ</b> <b>Ecart type : 22°CJ</b> <b>Valeur minimale : 172°CJ</b> <b>Valeur maximale : 275°CJ</b>					

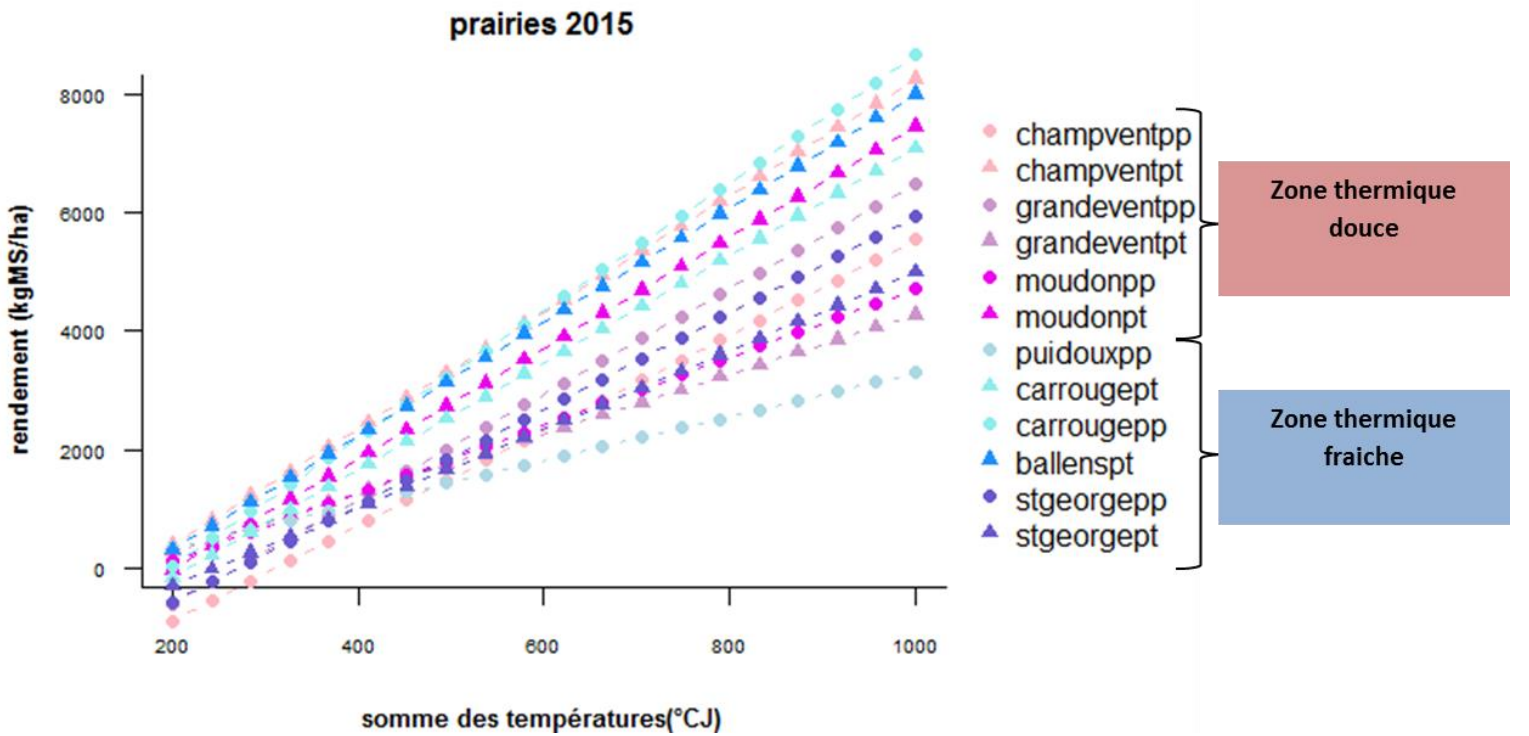
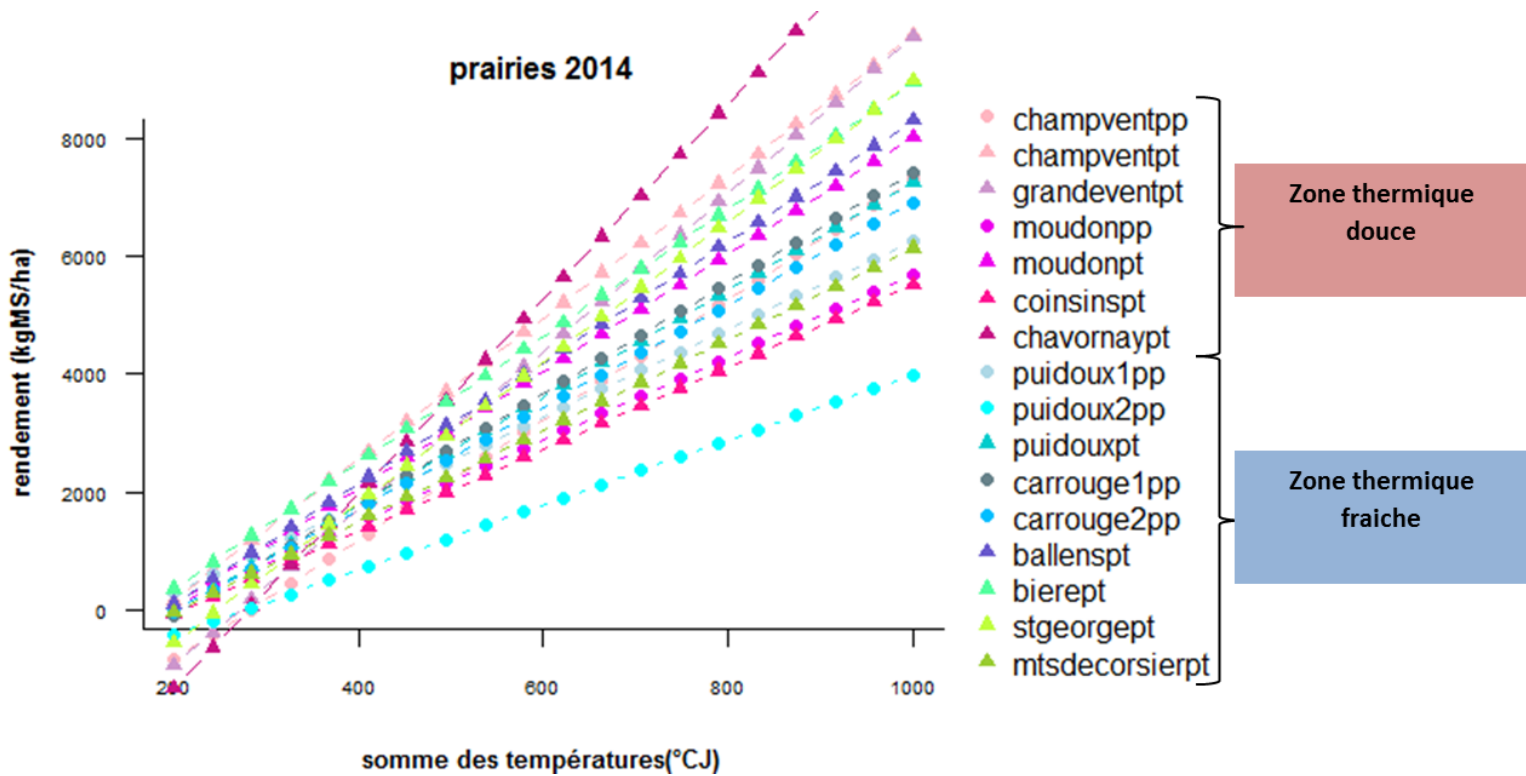
## Annexe 5 : Détermination graphique (ligne pointillée orange) de la SDT seuil pour Moudon PP et Moudon PT en 2014 et 2015



**Annexe 6 : valeurs de pentes moyennes utilisées dans les ANOVA testant les effets de la zone thermique et du type de prairie sur l'évolution du rendement au printemps**

<b>Pentes moyennes des droites de régression en fonction de la date</b>			
<b>année</b>	<b>effet</b>	<b>modalités</b>	
Les deux années	Type de prairie	permanente	temporaire
		83.5	102
	Zone thermique	douce	fraiche
		100	88.8
2014	Type de prairie	permanente	temporaire
		74.8	102
	Zone thermique	douce	fraiche
		104	81.7
2015	Type de prairie	permanente	temporaire
		93.5	102.1
	Zone thermique	douce	fraiche
		96.1	99.5
<b>Pentes moyennes des droites de régression en fonction de la somme des températures</b>			
<b>année</b>	<b>effet</b>	<b>modalités</b>	
Les deux années	Type de prairie	permanente	temporaire
		7.81	9.89
	Zone thermique	douce	fraiche
		9.37	8.67
2014	Type de prairie	permanente	temporaire
		8.06	10.9
	Zone thermique	douce	fraiche
		10.6	9.19
2015	Type de prairie	permanente	temporaire
		7.55	8.26
	Zone thermique	douce	fraiche
		7.82	7.99

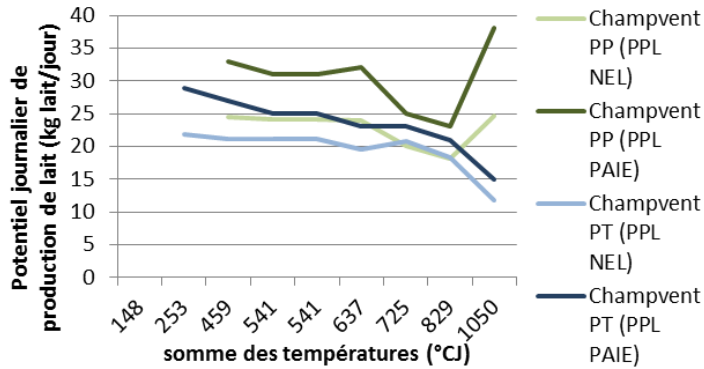
**Annexe 7 : régressions linéaires utilisées pour tester les effets de la zone thermique et du type de prairie sur l'évolution du rendement des prairies de fauche au printemps 2014 et 2015**



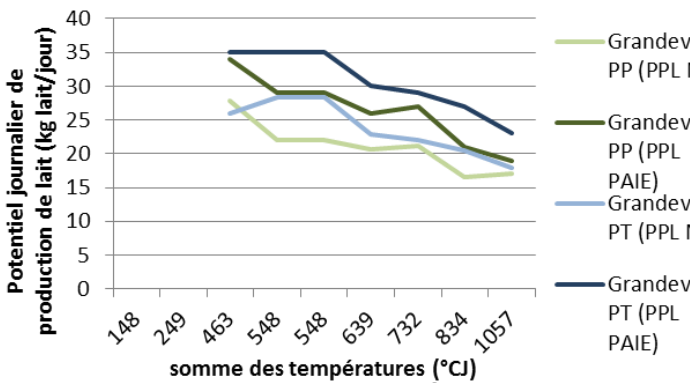


## Annexe 8 : Evolution comparée des PPL NEL et PPL PAIE pour les prairies suivies au printemps 2015

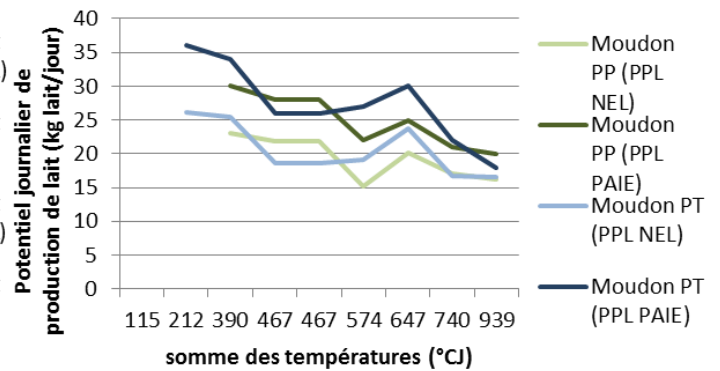
**PPL NEL et PPL PAIE à Champvent**



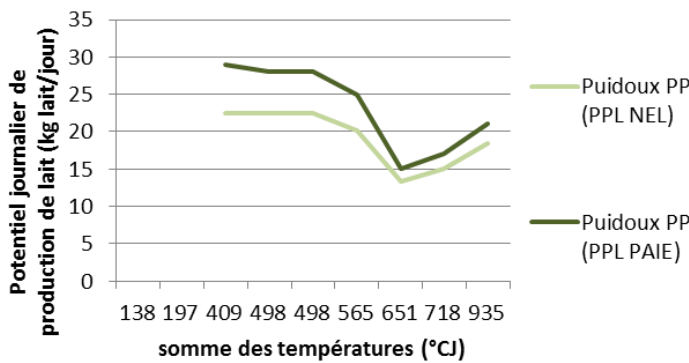
**PPL NEL et PPL PAIE à Grandevent**



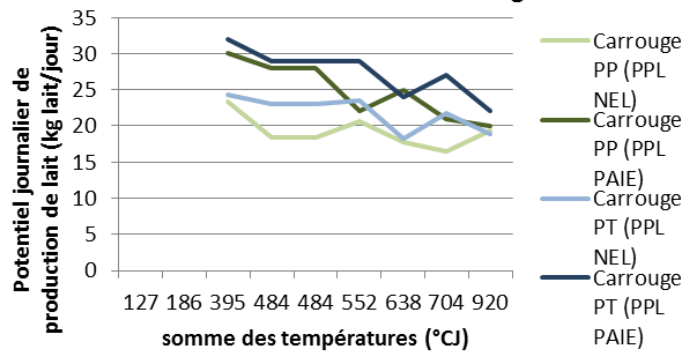
**PPL NEL et PPL PAIE à Moudon**



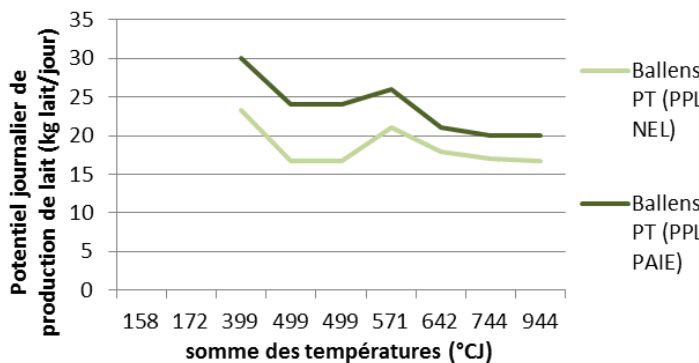
**PPL NEL et PPL PAIE à Puidoux**



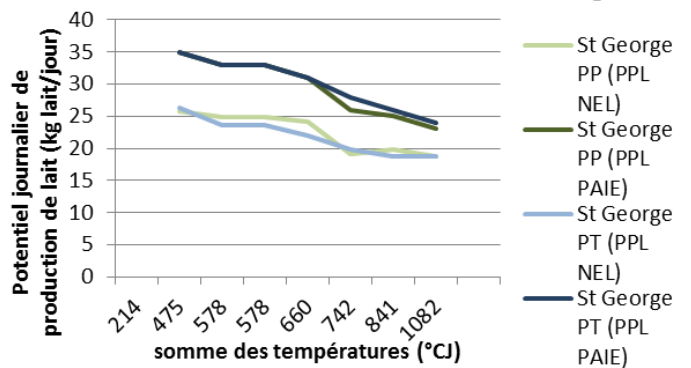
**PPL NEL et PPL PAIE à Carrouge**



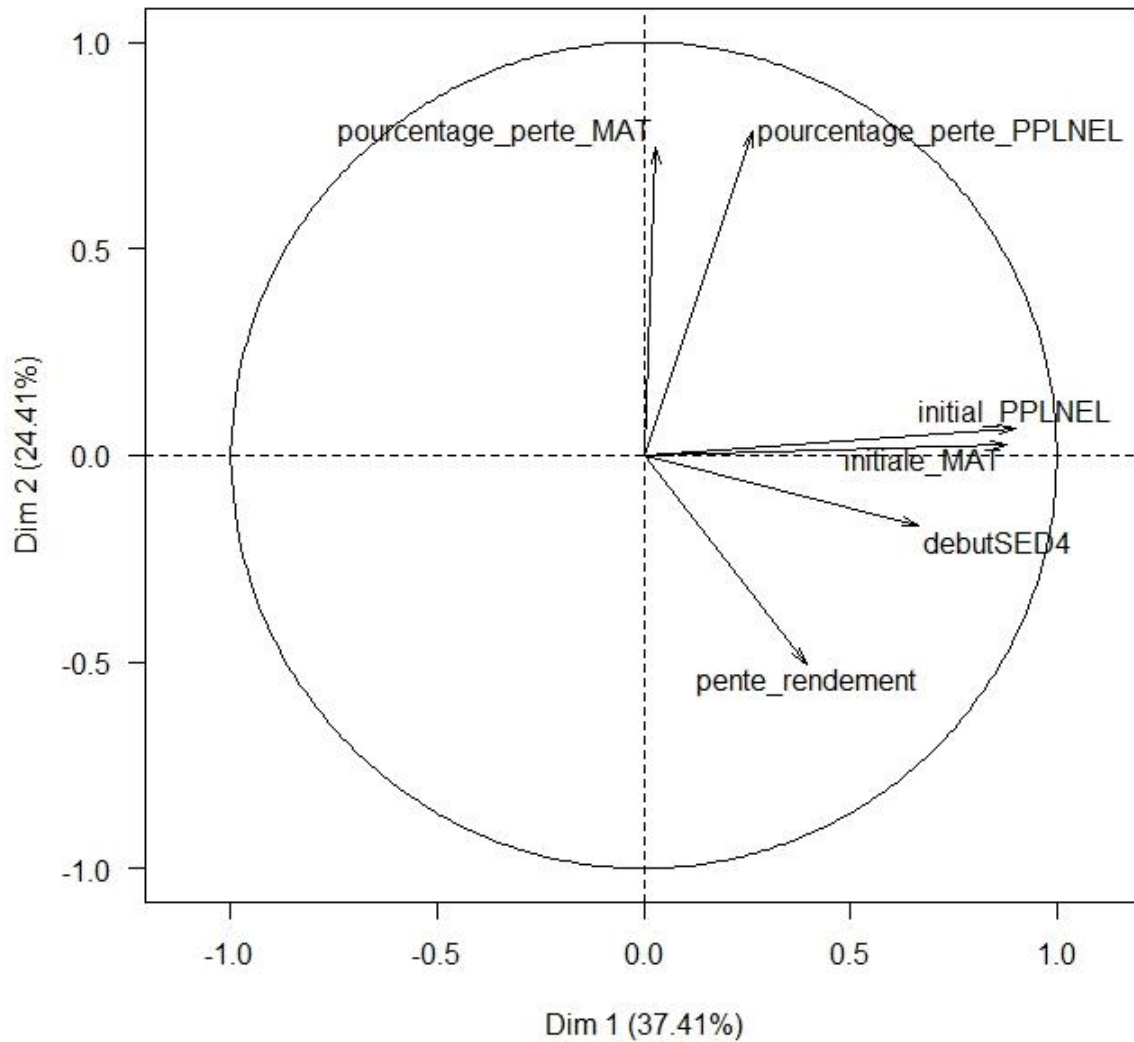
**PPL NEL et PPL PAIE à Ballens**



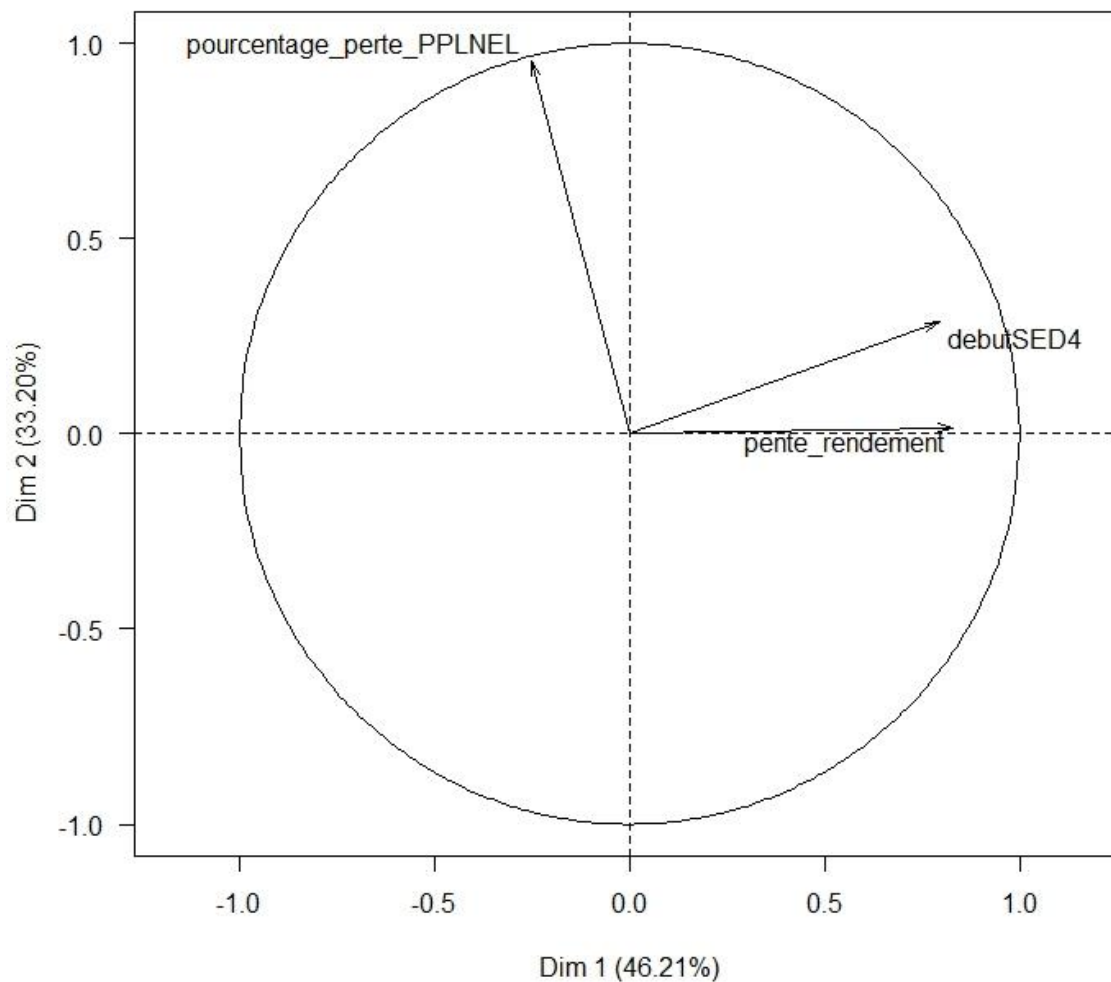
**PPL NEL et PPL PAIE à Saint George**



**Annexe 9 : Graphique des variables d'une ACP sur les prairies suivies en 2014 et 2015 montrant le lien entre l'évolution de la MAT et du PPL NEL, et du PPL NEL initial et de la MAT initiale**

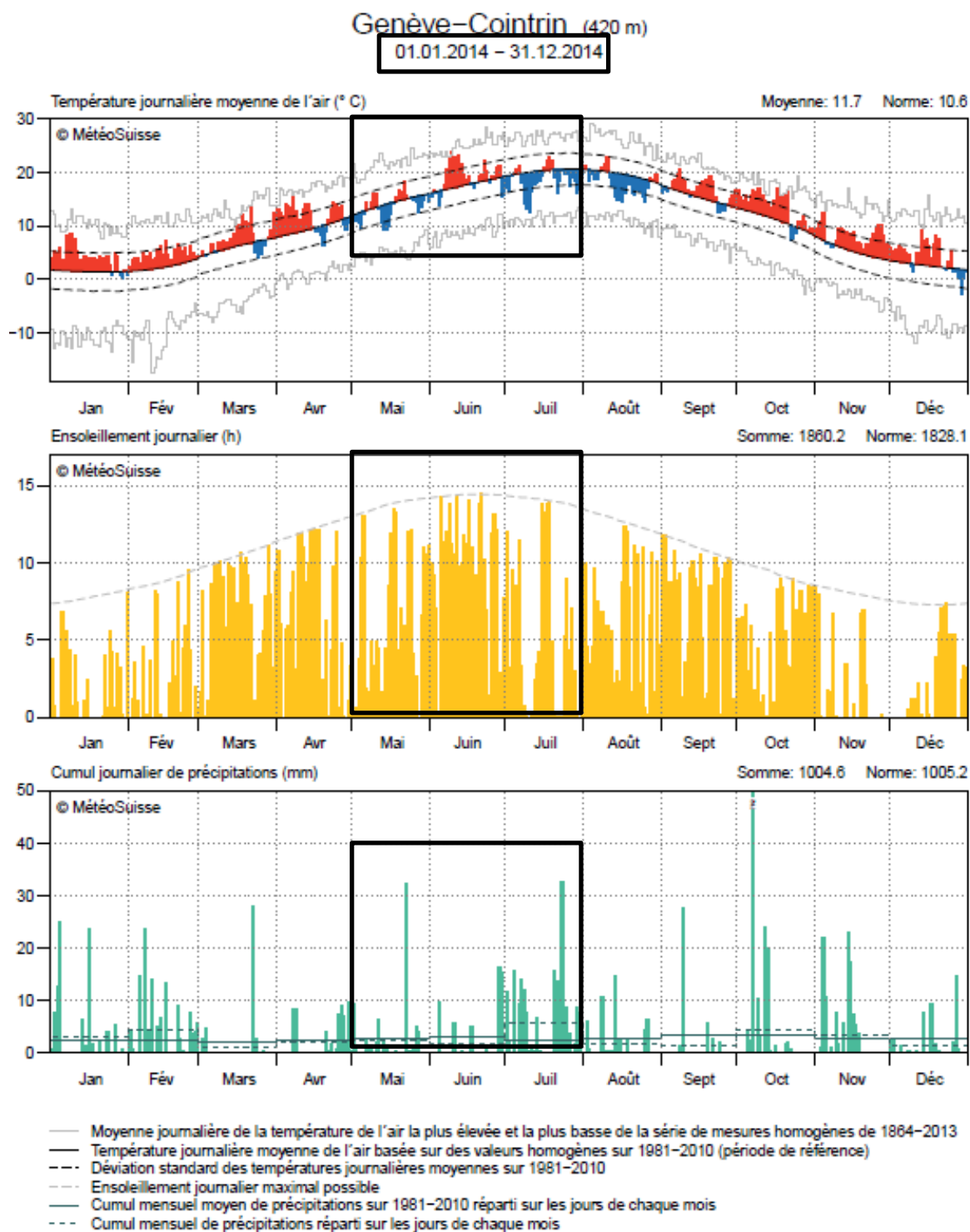


**Annexe 10 : Graphique des variables de l'ACP comprenant les prairies des deux années d'étude réparties selon l'évolution de leur rendement et de leur valeur nutritive au printemps**



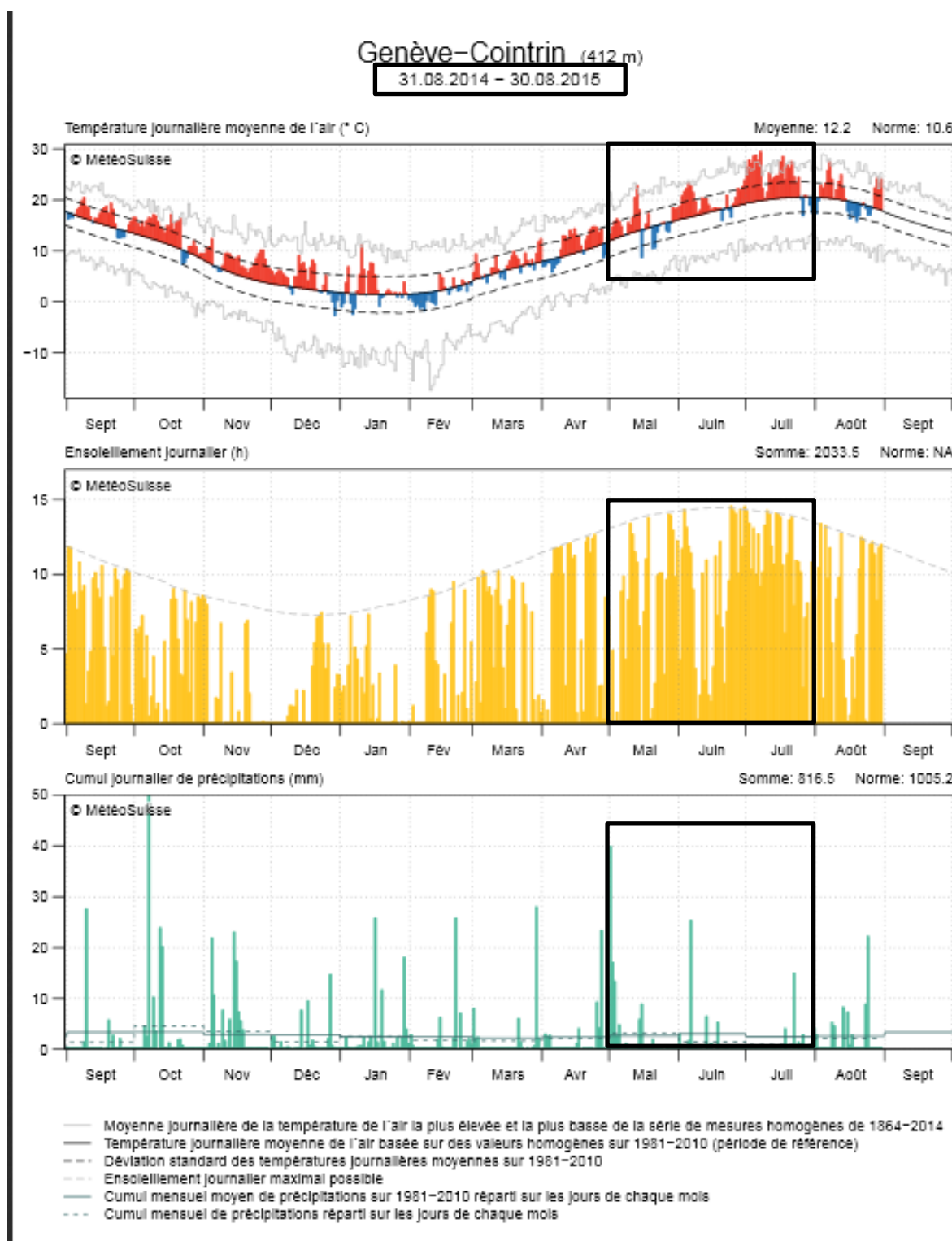


## Annexe 11 : Comparaison du climat (températures moyennes journalières ensoleillement journalier et cumul journalier de précipitations) 2014 et 2015 pour la station de Genève (données MétéoSuisse)



Source : [http://www.meteosuisse.admin.ch/product/output/climate-data/climate-time-series-processing/GVE/dailyevol\\_GVE\\_2014\\_F.pdf](http://www.meteosuisse.admin.ch/product/output/climate-data/climate-time-series-processing/GVE/dailyevol_GVE_2014_F.pdf)

**Annexe 11 (suite) : Comparaison du climat (températures moyennes journalières, ensoleillement journalier et cumul journalier de précipitations) 2014 et 2015 pour la station de Genève (données MétéoSuisse)**



Source : [http://www.meteosuisse.admin.ch/product/output/climate-data/climate-time-series-processing/GVE/dailyevol\\_GVE\\_2015\\_F.pdf](http://www.meteosuisse.admin.ch/product/output/climate-data/climate-time-series-processing/GVE/dailyevol_GVE_2015_F.pdf)

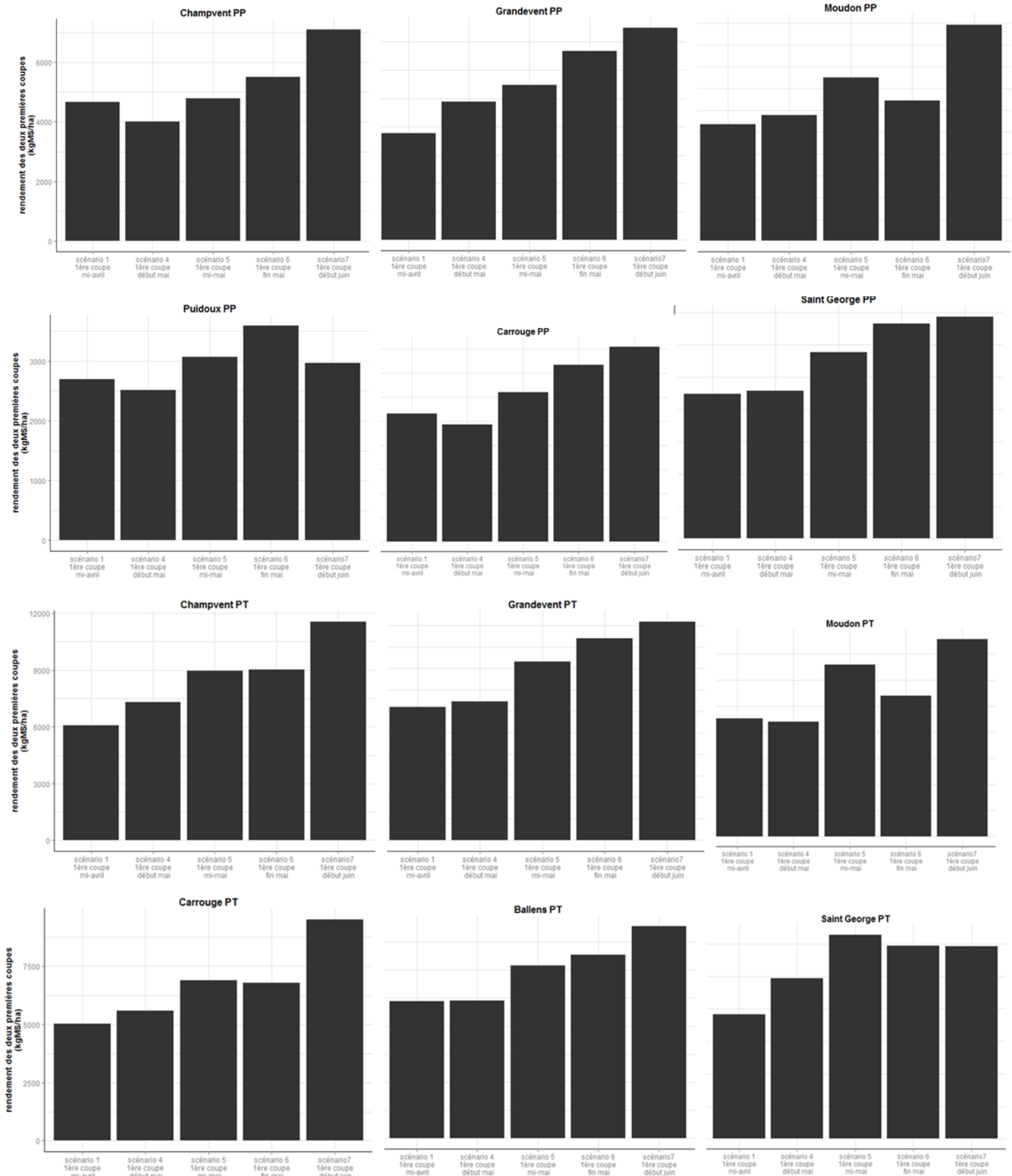
**Annexe 12 : Composition en graminées des prairies permanentes suivies en 2014 et 2015 et hypothèse d'appartenance au type fonctionnel A ou B**

Prairies permanentes	Espèces de graminées dominantes	Type fonctionnel
Champvent PP 2015	Ray grass anglais, Fétuque élevée, Pâturin des prés	Plutôt A
Grandevent PP 2015	Ray grass anglais, Pâturin commun, Dactyle, Flouve odorante, Houlique laineuse, Avoine jaunâtre, Agrostide, Fétuque	Plutôt A
Moudon PP 2015	Fromental, Ray grass anglais, Houlique laineuse, Pâturin commun, pâturin des prés, Avoine jaunâtre, Flouve odorante	Plutôt B
Puidoux PP 2015	Agrostide, Pâturin commun, Pâturin des prés, Ray grass anglais, Vulpin, Houlique laineuse, Flouve odorante	Plutôt B ou b
Carrouge PP 2015	Ray grass anglais, Pâturin des Prés, Pâturin Commun, Fléole, Dactyle	Plutôt A
Saint George PP 2015	Ray grass anglais, Pâturin commun, Dactyle, Fléole, Fétuque	Plutôt A
Champvent PP 2014	Ray grass anglais, Fétuque élevée	Plutôt A
Moudon PP 2014	Fromental, Ray grass anglais, Houlique laineuse, Pâturin commun, Pâturin des prés, Avoine jaunâtre, Brome mou	Plutôt B
Puidoux 1 PP 2014	Pâturin commun, Agrostide, Pâturin des prés, Ray grass anglais, Fétuque élevée, Vulpin des prés, Fétuque des prés	Plutôt B ou b
Puidoux 2 PP 2014	Agrostide, Ray grass anglais, Pâturin commun, Pâturin des prés	Plutôt b
Carrouge 1 PP 2014	Pâturin des prés, Ray grass anglais, Pâturin commun, Fléole	Plutôt B
Carrouge 2 PP 2014	Ray grass anglais, Pâturin des Prés, Pâturin commun, Fléole, Dactyle	Plutôt A ou B

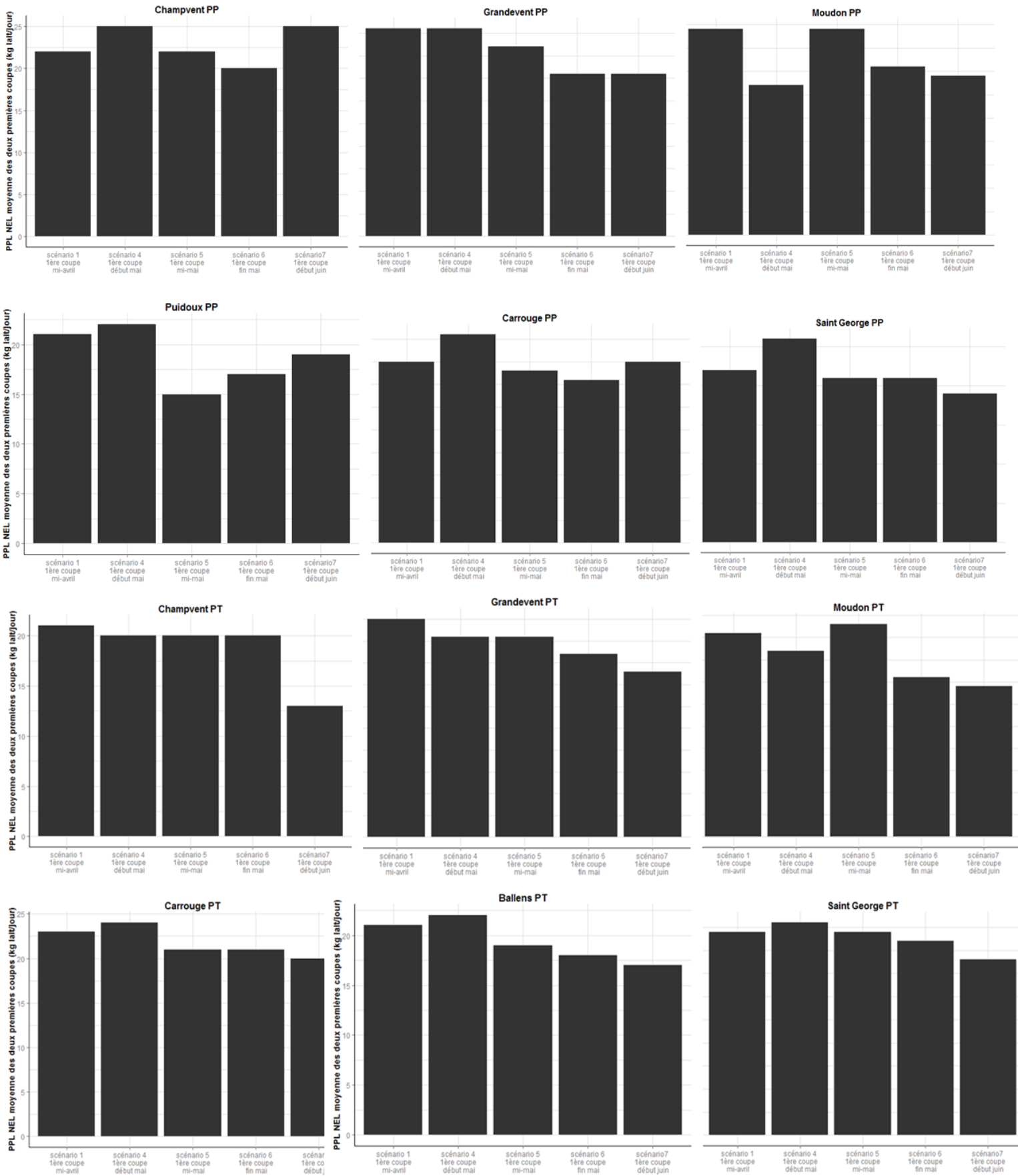
**Annexe 13: composition botanique des prairies temporaires suivies en 2014 et 2015 et appartenance au type G, Gr, E, Er ou L**

Prairies temporaires	Type botanique	Espèces
Champvent PT 2014	Gr	Ray grass hybride, Trèfle violet, Trèfle blanc
Grandevent PT 2014	Er	Ray grass anglais, Dactyle, Pâturin commun, Trèfle violet, luzerne, trèfle blanc
Moudon PT 2014	Er	Ray grass anglais, Dactyle, trèfle blanc, Trèfle violet
Coinsins PT 2014	Er	Ray grass anglais, Dactyle, Trèfle blanc, Trèfle violet, Luzerne
Chavornay PT 2014	Gr	Ray grass anglais, Dactyle, Fétuque des prés, Trèfle violet, Trèfle blanc
Puidoux PT 2014	E	Fétuque des prés, Fléole, Trèfle violet
Ballens PT 2014	Er	Ray grass anglais, Dactyle, Fléole des prés, Trèfle Violet, Trèfle blanc
Biere PT 2014	Gr	Ray grass anglais, Dactyle, Trèfle blanc
Saint George PT 2014	G	Ray-grass anglais, pâturin des prés, pâturin commun, trèfle blanc
Monts de Corsier PT 2014	Er	Ray-grass anglais, dactyle, pâturin commun, trèfle blanc
Champvent PT 2015	Gr	Ray-grass anglais, trèfle blanc, trèfle violet
Grandevent PT 2015	Er	Ray-grass anglais, fléole, luzerne, trèfle violet, trèfle blanc
Moudon PT 2015	Gr	Dactyle, ray-grass anglais, pâturin commun, trèfle blanc, trèfle violet
Carrouge PT 2015	Gr	Ray-grass anglais, fléole, dactyle, trèfle blanc, trèfle violet
Ballens PT 2015	Gr	Ray-grass anglais, dactyle, fléole, fétuque, trèfle violet
Saint George PT 2015	L	Ray-grass anglais, dactyle, fléole, trèfle blanc, trèfle violet

## Annexe 14: Rendement des deux première coupes cumulés en fonction des différentes dates de première coupe, pour chaque prairie suivie en 2015



## Annexe 15: valeur nutritive moyenne des deux premières coupes, pour chaque prairie suivie en 2015







Diplôme : Ingénieur Agronome  
Spécialité : Production Animale  
Spécialisation / option : Ingénierie Zootechnique  
Enseignant référent : Catherine Disenhaus

Auteur(s) : Nadège BOSSUYT

Organisme d'accueil : Agroscope

Adresse : Route de Duillier, 50 1260 NYON SUISSE

Date de naissance\* : 09/09/1991

Nb pages : 24 Annexe(s) : 15

Année de soutenance : 2015

Maître de stage : Eric MOSIMANN

Titre français : Optimisation de la gestion des prairies de fauche dans le canton de Vaud (Suisse), dans un contexte de sécheresses estivales

Titre anglais : Optimization of hay meadow yield and quality in the canton of Vaud (Switzerland) in relation to summer droughts

Résumé (1600 caractères maximum) :

La valeur agronomique (rendement et qualité) de seize et douze prairies de fauche a été suivie au cours des printemps 2014 et 2015, respectivement, dans un réseau d'exploitations laitières du canton de Vaud (Suisse). Un lien entre la valeur agronomique de ces prairies et la somme des températures au printemps a été recherché de manière à fournir des repères d'exploitations optimisant leur valeur agronomique au printemps. Une corrélation entre le rendement des prairies de fauche et la somme des températures a été mise en évidence pour les deux années. Mais aucune relation avec la valeur nutritive du fourrage n'a pu être établie, suite à un fort effet du climat de l'année d'étude. Néanmoins, il a pu être justifié qu'une fauche précoce en première coupe a favorisé un fourrage de qualité, tant en première coupe que sur la première repousse. Le rendement des deux premières coupes a été amélioré par des dates de première exploitation plus tardives. Ainsi, l'optimum quantité/qualité du fourrage sur les deux premières coupes cumulées a été atteint, en 2015, pour une date de première exploitation mi-mai, correspondant à des prairies au stade épiaison.

Abstract (1600 caractères maximum) :

The yield and quality of sixteen and twelve hay meadows was followed in spring 2014 and 2015 respectively, in a dairy farms network in the canton of Vaud (Switzerland). A link between the sum of temperature during spring and the production and nutritional value of the meadows was investigated. It aimed to optimize the production and quality of the forage by using sum of temperature values. A correlation between the grassland yield and the sum of temperature was highlighted both years. But no relation was found between the forage quality and the spring sum of temperature because of a high year effect. Nevertheless, an early first cut was proved to enhance the forage quality, of the first cut but also of the first regrowth cut. The yield of the two first cuts was increased by a late first cut. Consequently, an optimum was achieved, in spring 2015, for a first cut in the middle of may, when meadows showed an ear emergence phenological stage.

Mots-clés : prairies de fauche, printemps, rendement en MS, valeur nutritive, optimum quantité-qualité

Key Words: hay meadows, spring, DM yield and nutritional value, optimum between quantity and quality