

Cultures fourragères en zones de grandes cultures et importance de l'eau

E. Mosimann, C. Deléglise, D. Frund, S. Sinaj, R. Charles

Certaines zones du plateau suisse n'échappent pas aux risques de sécheresse qui ont pénalisé les systèmes basés sur les herbages. L'effet, sur la production (quantité, teneurs en minéraux, digestibilité...), de 2 niveaux d'approvisionnement en eau pendant l'été a été testé sur 2 types de rotations culturales, incluant des surfaces fourragères de courte ou longue durée.

RÉSUMÉ

Parmi les 5 rotations culturales testées, 3 comportaient essentiellement des cultures (maïs - orge, luzerne - ray-grass dérobé et une rotation plus longue avec des cultures plus variées) et 2 comportaient des mélanges graminées - trèfles exploités à un rythme plus ou moins rapide. Pour chaque rotation, un témoin était comparé à un traitement recevant des apports d'eau dès que la réserve en eau était épuisée. Les rotations comportant du maïs sont les plus productives mais les rotations avec mélanges fourragers valorisent mieux les apports d'eau ; cependant, la dégradation de la végétation prairiale y est rapide, indépendamment de l'apport d'eau, qui n'a qu'un effet peu marqué (de dilution de l'azote) sur les teneurs et exportations en minéraux.

SUMMARY

The importance of water for forage crops in major areas of production

Certain parts of the Swiss Plateau experience drought, which has a negative impact on forage-based farming systems. In this study, we experimentally examined the effect of summer water availability on forage production (e.g., yield, mineral content, digestibility) in short- and long-term grasslands. We used 2 water-availability treatments and 5 rotation types. Three of the rotations were solely composed of crops (maize-barley, lucerne-a ryegrass catch crop, and a longer rotation with various crops). The other two included the seeding of grass-clover mixtures, which were used more or less quickly. The rotations that included maize were more productive, but the rotations that included forage mixtures were more water efficient (i.e., drip irrigation was activated only when soil water levels dropped below a certain threshold). However, regardless of water availability, grassland vegetation rapidly degraded. The supply of water has only a slight effect (dilution effect) on mineral contents and exports.

1. Introduction

■ Vers une meilleure autonomie herbagère

Le gouvernement suisse s'est doté d'une nouvelle politique agricole pour soutenir les systèmes de production de lait et de viande à partir des herbages (BARTH *et al.*, 2011). Bien qu'elles s'appuient fortement sur la valorisation du fourrage issu des prairies et des pâturages, la majorité des exploitations de plaine utilisent de l'ensilage de maïs (WINCKLER *et al.*, 2012) et leur dépendance envers des composés protéiques d'origine lointaine s'accroît. Un essai

conduit dans la région humide du centre du pays, à Lucerne, a montré que nourrir des vaches au pâturage, plutôt qu'à l'étable avec une ration mélangée, génère un revenu supérieur, en dépit d'une productivité laitière inférieure (HOFSTETTER *et al.*, 2011 ; GAZZARIN *et al.*, 2011). Des comparaisons entre stratégies fourragères manquent en conditions plus sèches.

A altitude égale, l'ouest du plateau suisse reçoit moins de pluies que le centre durant la période de végétation. De mars à octobre, la pluviométrie moyenne est respectivement de 656 mm et 924 mm dans ces deux régions (données MétéoSuisse pour Changins et Lucerne,

AUTEURS

Agroscope, Changins, CH-1260 Nyon (Suisse) ; eric.mosimann@agroscope.admin.ch

MOTS CLÉS : Composition minérale, culture dérobée, culture fourragère, efficacité, irrigation, luzerne, magnésium, mélange fourrager, pérennité, prairie, production fourragère, rotation culturale, rythme de coupe, sécheresse, sécurité fourragère, sol, Suisse, valeur alimentaire, végétation.

KEY-WORDS : Alfalfa, catch crop, crop succession, cutting rate, drought, efficiency, feeding value, forage crop, forage mixture, forage production, forage security, grassland, irrigation, magnesium, mineral composition, persistency, soil, Switzerland, vegetation.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Mosimann E., Deléglise C., Frund D., Sinaj S., Charles R. (2016) : "Cultures fourragères en zones de grandes cultures et importance de l'eau", *Fourrages*, 228, 253-259.

moyennes 1981-2010). En regard de ces différences, la relation entre la production des cultures et le régime hydrique doit être prise en considération.

■ Impact croissant de la sécheresse

Les systèmes herbagers sont connus pour être sensibles au déficit hydrique (LEMAIRE et PFLIMLIN, 2007). Au cours des 50 prochaines années, les épisodes de sécheresse vont augmenter sur une grande partie du continent européen (CH2011). En Suisse, la disponibilité en eau durant la période de végétation devrait être particulièrement réduite dans l'ouest (FUHRER et JASPER, 2009) et le besoin d'irrigation devrait être le plus important en zone de grandes cultures. En 2003, les systèmes herbagers du Pied du Jura ont été fortement pénalisés par la sécheresse qui a induit une diminution allant jusqu'à 40 % du rendement annuel des pâturages (MOSIMANN *et al.*, 2012).

■ Un essai pour comparer la réponse à la disponibilité en eau de diverses cultures

De 2009 à 2013, un dispositif expérimental a été mis en place à proximité du Lac Léman, dans l'ouest du pays, afin d'évaluer les effets de deux niveaux d'approvisionnement en eau (un approvisionnement Limité, représenté par la pluviométrie locale, *vs* Non limité, avec des apports d'eau compensatoires du déficit hydrique) sur la production de fourrages. Deux voies culturales ont été expérimentées sous différentes formes (cultures annuelles en rotation *vs* cultures herbagères permanentes). L'objectif général était de disposer de références utiles à la planification fourragère en zones de grandes cultures.

2. Matériel et méthodes

■ Dispositif expérimental

L'essai a été implanté en avril 2009 sur la commune de Prangins (canton de Vaud (Suisse), 385 m) après labour d'un blé d'automne. Le sol brun calcaire a une profondeur utile de 90 cm, une texture argilo-limoneuse avec 31 % d'argile et 43 % de limon, ainsi qu'un pH-H₂O de 8,2. **Cinq rotations culturales** ont été comparées (tableau 1). Les deux premières (R1 et R2) consistaient en une rotation

maïs, orge, dérobée luzerne - ray-grass d'Italie sur 2 ans et étaient décalées d'une année l'une de l'autre. La troisième rotation (R3) comprenait une succession de cultures variées (rotation longue). Après le semis d'un mélange graminées - trèfles (mélange standard Mst 430, composé de trèfle violet, trèfle blanc, ray-grass anglais, dactyle, fléole des prés, pâturin des prés et fétuque rouge) en avril 2009, les rotations 4 et 5 ont toujours été couvertes d'herbe. Elles ont été fauchées selon deux fréquences (R4 : 7 à 8 coupes/année correspondant à une simulation de pâturage ; R5 : 5 coupes/année correspondant à un rythme de fauche). En raison d'une forte dégradation de la composition botanique (dominance excessive du dactyle), la rotation 5 a été ressemée au printemps 2012 avec un mélange d'une durée de 3 ans (mélange standard Mst 330, composé de trèfle violet, trèfle blanc, ray-grass anglais, dactyle, fléole des prés et fétuque des prés). Le dispositif expérimental en split-plot a permis de comparer les 5 rotations culturales soumises à **2 variantes d'approvisionnement en eau** (Limité, L, et Non limité, NL) à l'aide de 4 répétitions. Les 40 parcelles de l'essai mesuraient 12 m x 6 m et ont été travaillées avec des machines agricoles (travaux du sol, semis, sarclages, fertilisation minérale et traitements), puis récoltées avec des machines expérimentales qui permettent de peser et d'échantillonner toutes les biomasses produites sur chaque parcelle. La fumure azotée a été appliquée de manière différenciée selon les cultures (en kg N/ha : maïs : 120, orge et blé d'automne : 100, dérobées et mélanges graminées - légumineuses : 25 - 30 après une coupe). Compte tenu de l'état de fertilité du sol satisfaisant en début d'essai, une fumure de fonds uniforme de 90 kg P₂O₅/ha et 280 kg K₂O/ha a été distribuée sur l'ensemble des rotations en 2011 et en 2012.

■ Régime hydrique

Les moyennes de 30 ans de la station météorologique la plus proche (Changins, données agrometeo.ch) indiquent des précipitations de 1 000 mm par année et de 656 mm du 1^{er} mars au 31 octobre. Les valeurs enregistrées durant l'essai révèlent cependant que ces quantités varient fortement entre années (tableau 2). Au cours des périodes de végétation, en 2010 et 2011, l'évapotranspiration potentielle, calculée selon la formule de Turc, excédait les précipitations de 229 et 241 mm. Cet écart s'est particulièrement creusé durant 2 mois au printemps 2010 et 4 mois en été 2011. Lors des deux années suivantes, les conditions plus humides satisfaisaient globalement les besoins en eau des

	R1	R2	R3	R4	R5
2009	Maïs	Orge d'automne Luzerne-ray-grass	Mst 210	Mst 430	Mst 430
2010	Orge d'automne Luzerne-ray-grass	Maïs	Pois Avoine-vesce	Mst 430	Mst 430
2011	Maïs	Orge d'automne Luzerne-ray-grass	Blé d'automne Avoine-vesce	Mst 430	Mst 430
2012	Orge d'automne Luzerne-ray-grass	Maïs	Orge d'automne Sorgho	Mst 430	Mst 330
2013	Maïs	Orge d'automne Luzerne-ray-grass	Méteil Luzerne-ray-grass	Mst 430	Mst 330

TABLEAU 1 : **Présentation des 5 rotations culturales** expérimentées de 2009 à 2013.

TABLE 1 : **The 5 rotation types used in the experiment** (2009-2013).

	Température minimale	Température maximale	Précipitations	Evapotranspiration potentielle	Apports d'eau, sous-variantes NL (mm)				
	Moyenne (°C)	Moyenne (°C)			Total (mm)	ETP totale (mm)	R1	R2	R3
2010	9,3	19,4	451	680	381	437	355	507	496
2011	9,7	21,4	491	732	414	459	359	388	429
2012	10,1	20,7	680	681	125	238	96	264	197
2013	9,7	19,2	896	625	149	99	187	89	252
Moyenne	9,7	20,2	630	680	267	308	249	312	344

TABLEAU 2 : Données climatiques durant la période de végétation (1/03-31/10) et apports d'eau effectués sur les 5 rotations (Station de Changins, données agrometeo.ch).

TABLE 2 : Growing-season (1/03-31/10) climatic data and the water provided for the 5 rotation types (Changins Research Station).

cultures. A partir d'avril 2010, des apports d'eau ont été appliqués sur les parcelles de la variante Non limité, sur la base de mesures de tension dans le sol. Ils ont été effectués au goutte-à-goutte, à l'aide de tuyaux percés espacés de 50 cm (75 cm pour le maïs) et disposés à même le sol. Les quantités d'eau appliquées variaient de 5 à 15 l/m² par jour selon le déficit hydrique atteint. Les mesures de tension ont été réalisées avec des sondes Watermark© (bougies poreuses) placées à 20 cm de profondeur dans toutes les rotations et variantes d'une seule répétition. Les apports étaient déclenchés manuellement dès que la tension dans le sol excédait 60 cb, seuil théorique d'épuisement de la réserve utile du sol (MEROT *et al.*, 2008).

Mesures et analyses

Toutes les biomasses exportées des parcelles ont été pesées et échantillonnées. La composition botanique des mélanges graminées - trèfles (R4 et R5) a été relevée au printemps et en fin d'été de chaque année par des analyses linéaires selon la méthode de DAGET et POISSONET (1971). Les rendements en matière sèche (MS) ont été calculés et les teneurs en éléments nutritifs analysées. Les exportations en éléments nutritifs ont été obtenues en multipliant les quantités de MS produites par les teneurs pour chacune des récoltes. L'efficacité des apports d'eau a été calculée en divisant la différence de rendement en MS entre les deux variantes par la quantité d'eau apportée dans les parcelles du procédé Non limité. La valeur nutritive des fourrages a été évaluée par la digestibilité de la matière organique (DMO) mesurée par spectrométrie dans le proche infrarouge (NIRS, KLEIJER *et al.*, 2015). La calibration a été

effectuée sur la base d'analyses des teneurs en ligno-cellulose, en lignine, en cellulose et en acides phénoliques fixés aux parois (SCEHOVIC, 1991).

Le test des effets de la rotation de culture (R1 à R5) et de la variante d'approvisionnement en eau (Limité et Non limité) sur les rendements en MS et exportations en minéraux a été effectué à l'aide d'analyses de la variance à deux facteurs, suivies de tests post-hoc. Les variables de réponse utilisées sont les rendements, ou les exportations de minéraux, de chacune des variantes. Les tests de l'effet de l'approvisionnement en eau sur les teneurs en minéraux des cultures, les exportations de minéraux par culture, ainsi que sur la digestibilité de la matière organique ont été réalisés à l'aide d'une analyse de variance à un facteur (disponibilité en eau), en considérant les données des différentes années et des différentes variantes comme répétitions. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel R, version 3.0.1 (R Development Core Team, 2008).

3. Résultats

Rendements en matière sèche

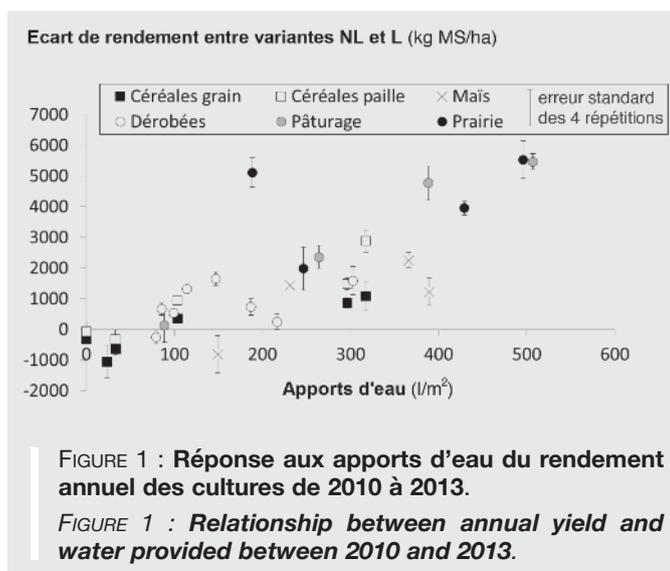
Les successions de maïs, d'orge et d'une culture dérobée hivernante (rotations 1 et 2) ont été les plus productives (tableau 3). Avec des rendements en MS supérieur à 16 t MS/année, **le maïs a confirmé la sécurité qu'il représente dans les systèmes fourragers de la région d'étude** (MOSIMANN *et al.*, 2013a et 2013b). La production des prairies dans les rotations 4 et 5 a considérablement diminué au

Rotation	R1		R2		R3		R4		R5	
	L ¹	NL ¹	L	NL	L	NL	L	NL	L	NL
2010	18,9	22,0 **	19,7	20,8	8,0	9,1	11,0	16,5 ***	11,9	16,9 ***
2011	22,7	24,8 *	11,6	14,3 **	11,7	15,4 *	8,0	12,8 **	8,5	12,3 ***
2012	16,9	17,3	22,7	24,0 **	17,0	17,2	6,3	8,7 *	5,8	10,6 **
2013	17,2	16,3	13,9	14,1	10,0	10,7	6,6	6,7	14,3	16,3
Moyenne	18,9	20,1	17,0	18,3	11,7	13,1	8,0	11,2	10,1	14,0
Efficiéce moyenne des apports d'eau (g MS/l)	4,3		4,3		5,8		10,2		11,3	

1 : L : apport d'eau Limité (pluviométrie naturelle) ; NL : apport d'eau Non Limité (compensation du déficit hydrique par des apports)
Effet significatif des apports d'eau par année : * P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001 ; cellules grisées : années maïs

TABLEAU 3 : Rendement annuel des 5 rotations culturales selon 2 régimes d'approvisionnement en eau (t MS/ha).

TABLE 3 : Annual yields for the 2 water-availability treatments and 5 rotation types (t DM/ha).



cours du temps, en accord avec les observations faites en conditions pratiques. Le renouvellement de la rotation 5 au printemps 2012 démontre l'excellent potentiel des mélanges graminées - légumineuses au cours de la première année principale. Ces résultats corroborent la **préférence donnée aux prairies temporaires d'une durée de 2 à 3 ans dans la rotation des grandes cultures.**

L'efficacité moyenne des apports d'eau était la meilleure avec les deux rotations cultivées en herbe (tableau 3 et figure 1). Une quantité de 1 l/m² d'eau supplémentaire augmentait leur production d'environ 10 kg de MS/ha soit une réponse deux fois plus élevée que pour le maïs. Ainsi, les prairies ont valorisé les apports d'eau avec des gains de rendement moyens de 30 à 40 % dans les variantes Non limitées en 2010 et 2011.

■ Minéraux dans le végétal

Les teneurs en nutriments des mélanges graminées - légumineuses (dérobées, pâturage et prairie) ont été influencées par le régime hydrique de manière plus marquée que celles des cultures de céréales et de maïs (tableau 4). Les

apports d'eau s'accompagnaient généralement par une baisse de N dans la biomasse. En accord avec GONZALEZ-DUGO *et al.* (2010), ainsi que GASTAL *et al.* (2014), cet **effet de dilution de l'azote est plus particulièrement marqué avec les cultures dont la biomasse végétative est exportée**, comparativement aux cultures dont seules les graines sont récoltées. Le phosphore a moins été influencé par les apports d'eau, révélant la faible mobilité de cet élément dans le sol. La teneur en P a systématiquement dépassé 0,30 % MS dans le fourrage des rotations herbagères 4 et 5 et, de ce fait, n'a pas été limitante pour la formation du rendement (LIEBISCH *et al.*, 2013). Les teneurs en potassium étaient largement suffisantes, en raison de la présence abondante du K dans la plupart des sols en Suisse. Les recommandations de fertilisation des prairies et des pâturages sont basées sur une teneur idéale en K (2,2 % MS au stade début épiaison) qui assure une bonne croissance des plantes (DURU et THÉLIER-HUCHÉ, 1995 ; KEADY et O'KIELY, 1998). Les exportations en minéraux des 5 rotations culturales sont présentées dans le tableau 5 ; les valeurs correspondent aux prélèvements et aux rendements moyens qui figurent dans les normes de fumure suisses (SINAJ *et al.*, 2009). En raison de l'effet important de la disponibilité de l'eau sur leur rendement, **la fertilisation des herbages pourrait être raisonnée selon la pluviométrie locale.** Selon ERRECART *et al.* (2014), la gestion de la nutrition azotée des plantes soumises à un stress hydrique devrait être guidée par leur teneur actuelle en N.

■ Minéraux dans le sol

Les teneurs en nutriments du sol ont été analysées au terme de l'essai en octobre 2013. Bien qu'elles ne soient pas significatives, les différences entre rotations et variantes sont plus marquées dans les 10 premiers centimètres du sol qu'en profondeur (non présenté). Un déficit nutritif pourrait donc être induit lors d'un stress hydrique dans les horizons superficiels du sol. En surface (tableau 6), le sol des parcelles en cultures herbagères en 2013 (R3, R4 et R5) était plus riche en matière organique (MO), en carbone organique (CO) et en N que celui des rotations avec maïs

	Céréales (grain)		Maïs		Dérobées		Pâturage		Prairie	
	L	NL	L	NL	L	NL	L	NL	L	NL
N (g/kg MS)										
2010	16,18	16,08	9,78	9,48	27,37	27,84	29,23	28,89	27,54	23,52
2011	18,18	16,51*	11,45	9,90	29,79	28,80	27,60	26,25	21,62	17,99**
2012	15,83	15,36	9,15	8,25	37,48	33,61***	24,55	24,30	27,31	29,44*
2013	16,25	16,00	10,30	9,70	27,53	28,81	24,43	25,43	24,13	22,58*
P (g/kg MS)										
2010	4,22	4,36	1,69	1,81	3,26	3,56**	3,69	3,87	3,52	3,80*
2011	3,63	4,07*	1,94	1,96	3,74	3,85	3,96	4,30*	3,75	3,94
2012	3,97	3,88	1,68	1,75	3,98	4,05	4,65	4,80**	3,77	3,58
2013	4,06	3,95	2,29	2,40	3,70	3,64	4,56	4,58	3,45	3,32
K (g/kg MS)										
2010	5,48	5,88*	5,73	6,06	28,26	30,82**	27,75	32,05***	26,15	30,25*
2011	4,30	4,53*	8,28	7,86	31,08	33,68**	31,98	35,77**	30,28	34,44*
2012	4,84	4,80	7,97	8,84	33,97	37,41**	34,60	36,38	32,19	31,81
2013	5,48	5,27	8,54	9,38	35,04	34,25	35,77	34,56	29,09	27,43

Effet significatif des apports d'eau par année : * P < 0,05, ** P < 0,01 ; *** P < 0,001

TABLEAU 4 : Teneurs des cultures en N, P et K selon 2 régimes d'approvisionnement en eau.

TABLE 4 : N, P, and K content of crops for the 2 water-availability treatments.

	R1		R2		R3		R4		R5	
	L	NL	L	NL	L	NL	L	NL	L	NL
N (kg/ha)	275,5	282,7	248,1	253,5	209,4	229,3	213,1	297,1***	251,2	328,4***
P (kg/ha)	49,7	53,8	40,7	44,9	37,9	41,3	32,7	47,5***	35,8	51,6***
K (kg/ha)	243,3	287,7**	221,9	255,4*	205,2	236,1	252,6	381,1***	288,5	433,0***
Mg (kg/ha)	26,2	27,1	23,5	23,3	15,4	17,9	18,3	26,7***	25,2	35,6***

Effet significatif des apports d'eau par année : * P < 0,05, ** P < 0,01 ; *** P < 0,001

TABLEAU 5 : **Exportations annuelles en minéraux des 5 rotations culturales** (moyennes 2010-2013) **selon la disponibilité en eau.**

TABLE 5 : **Annual levels of mineral removal for the 5 rotation types (2010-2013 average) based on the water treatment.**

	R1		R2		R3		R4		R5	
	L	NL								
MO (g/kg MS)	21,63	21,81	21,16	21,83	23,64	23,84	24,45	23,25	23,68	23,17
CO (g/kg MS)	37,42	37,73	36,61	37,77	40,90	41,24	42,30	40,22	40,97	40,09
Ntot (g/kg MS)	2,64	2,65	2,72	2,64	2,90	2,97	2,95	2,94	3,02	2,95
Ptot (g/kg MS)	1,14	1,12	1,06	1,06	1,13	1,09	1,07	1,03	1,06	1,06
Ktot (g/kg MS)	16,65	16,62	15,89	16,17	18,44	16,16	16,05	15,61	15,93	15,39
Mgtot (g/kg MS)	10,12	10,09	9,65	9,89	10,78	9,90	9,97	9,72	10,09	9,86

TABLEAU 6 : **Teneurs du sol (0-10 cm) en matière organique et en minéraux dans les 5 rotations culturales au terme des essais (2013) et selon la disponibilité en eau.**

TABLE 6 : **Soil organic matter (0-10 cm) and mineral content for the 5 rotation types at the end of the experiment (2013) based on the water treatment.**

(R1 et R2). De plus, leur teneur en potassium était plus faible dans les variantes qui n'ont pas été limitées par l'approvisionnement en eau.

■ Valeur nutritive

Une comparaison directe de la valeur nutritive entre les cultures n'a pas été réalisée, en raison de méthodes d'analyse différentes. Les **effets de l'approvisionnement en eau sur la digestibilité** de la matière organique (DMO) montrent les tendances suivantes :

- pour le maïs plante entière, la DMO est tendanciellement meilleure avec des apports d'eau, mais les différences ne sont pas significatives ;

	Rotations Maïs		Rotations herbagères			
	R1 et R2		R4		R5	
	(maïs plante entière)		(rythme pâturage)		(rythme fauche)	
	L	NL	L	NL	L	NL
2010	72,30	73,50	77,60	77,50	75,30	73,70***
2011	71,40	72,60	76,80	74,90**	73,00	70,10***
2012	70,00	70,90	76,60	76,40	76,40	74,80***
2013	76,10	76,90	78,00	77,90	73,10	73,00

Effet significatif des apports d'eau par année : *P<0,05, **P<0,01; ***P<0,001

TABLEAU 7 : **Digestibilité de la matière organique (%DMO) du fourrage récolté vert dans les rotations avec maïs ou herbagères selon la disponibilité en eau** (moyennes pondérées par le rendement de chaque coupe).

TABLE 7 : **Organic matter digestibility (OMD) of green forage harvested from rotations containing maize or grasses based on the water treatment (the means are corrected for cutting yield).**

- à l'inverse, pour les rotations herbagères 4 et 5, les variantes Limité avaient une meilleure DMO que celles Non limité (tableau 7).

■ Mélanges trèfles - graminées

Le **niveau de production** de MS de la prairie (R4) a fortement diminué au cours des années (tableau 3). Dans la variante Non limité, la croissance de l'herbe a été nettement améliorée par les apports d'eau durant les périodes sèches en été 2010 et au printemps 2011 (figure 2). Malgré des précipitations régulières, elle était faible au cours des 2 années suivantes. Cet effet d'épuisement est simultané aux **changements importants de la végétation, indépendamment de l'approvisionnement en eau**. Une part importante des espèces semées en 2009 (ray-grass anglais, dactyle, fléole et trèfle violet) a disparu et cédé la place aux espèces spontanées. Le pâturin des prés, la fétuque rouge et le trèfle blanc ont eu une meilleure persistance, mais ne représentaient que 27 % des contributions spécifiques en 2013. Avec 50 % d'autres plantes, dont le pissenlit pour la moitié, la composition botanique était insatisfaisante au terme de l'essai.

Dans la rotation 5, les conditions ont été très favorables au dactyle. En octobre 2011, cette graminée représentait 77 % de la composition botanique en conditions Limité et 85 % en condition Non limité. Un ressemis a été effectué au printemps suivant. En 2012 et 2013, le nouveau mélange implanté, riche en légumineuses, a été plus fortement colonisé par des espèces spontanées dans les variantes Non limité.

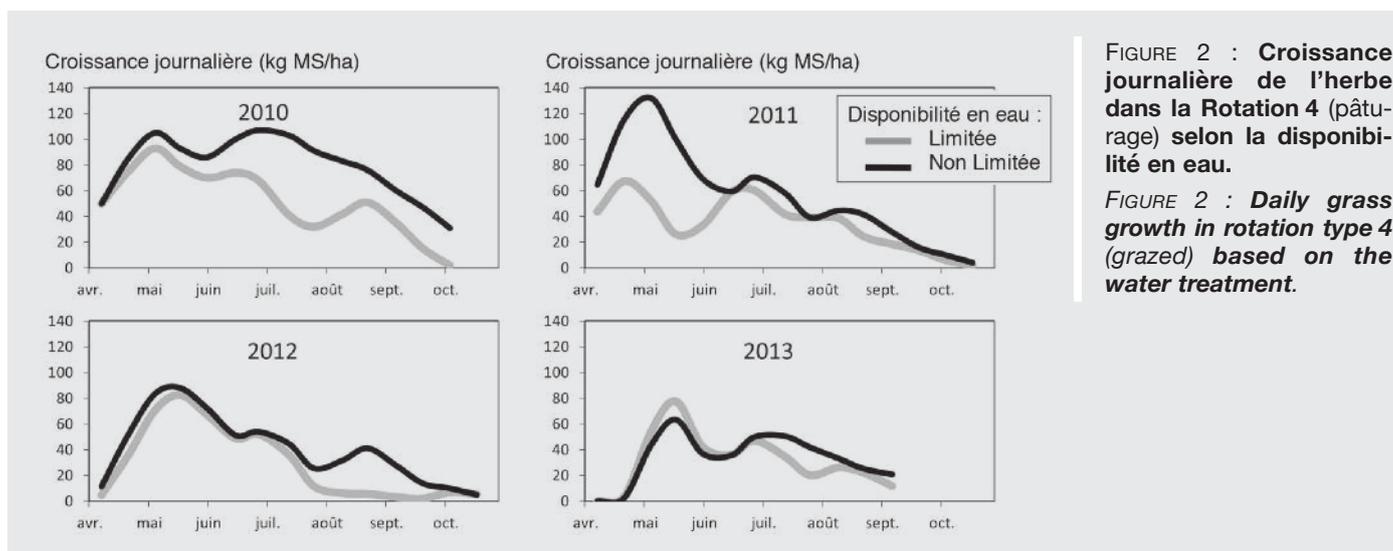


FIGURE 2 : Croissance journalière de l'herbe dans la Rotation 4 (pâturage) selon la disponibilité en eau.

FIGURE 2 : Daily grass growth in rotation type 4 (grazed) based on the water treatment.

4. Discussion et conclusions

L'hétérogénéité des conditions climatiques en Suisse implique une **réflexion sur les stratégies fourragères à l'échelle régionale**. La pluviométrie généralement abondante explique sans doute la priorité donnée aux prairies et aux pâturages générateurs d'une image favorable auprès des consommateurs (RÉVIRON *et al.*, 2008). Les sécheresses récentes limitent le potentiel de ces cultures, bien que le seuil du déficit estival de 450 mm pour les espèces et variétés tempérées ne soit pratiquement jamais atteint (DURAND *et al.*, 2013). Pourtant, les zones de grandes cultures de l'ouest du pays connaissent de plus en plus fréquemment des périodes durant lesquelles l'herbe cesse de croître. Selon les résultats obtenus, la quantité de 200 mm de pluie qui les différencie des régions de du centre durant l'été correspond à 2 t MS/ha soit près de 20% du rendement annuel moyen. Lors de périodes sèches et de fortes canicules, la conduite du pâturage est fortement pénalisée. Des apports d'eau d'environ 45 l/m² par semaine permettent d'éviter un déficit hydrique. Ils assurent le maintien de la production et ont peu d'effet sur les teneurs en nutriments des fourrages, à l'exception du potassium. De plus, dans ces conditions, la difficulté de conduire des prairies de fauche semées au-delà de 3 années a été mise en évidence. En conséquence, **le développement de rotations, avec le maïs plante entière et la production entre saisons des cultures dérobées, permet de sécuriser les ressources fourragères**. A la lumière des résultats obtenus dans ces essais, la rentabilité économique des systèmes herbagers en conditions de disponibilité en eau limitée pourrait être moins marquée que celle évoquée par GAZZARIN *et al.* (2011).

Accepté pour publication,
le 30 septembre 2016

Remerciements : Cette étude a été réalisée avec un soutien financier de l'Association pour le développement de la culture fourragère (ADCF).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARTH L., LANZ S., HOFER C. (2011) : "Promotion de la production animale basée sur les herbages dans la politique agricole 2014-2017", *Recherche Agronomique Suisse*, 2 (1), 20-25.
- CH2011 (2011) : *Swiss Climate Change Scenarios CH2011, C2SM*, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate and OcCC, Zurich, Switzerland, 88 p.
- DAGET P., POISSONET J. (1971) : "Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies", *Ann. Agron.*, 22 (1), 5-41.
- DURAND J.L., LORGEOU J., PICON-COCHARD C., VOLAIRE F. (2013) : "Ecophysiologie de la réponse et de l'adaptation des plantes fourragères et prairiales au changement climatique", *Fourrages*, 214, 111-118.
- DURU M., THÉLIER-HUCHÉ L. (1995) : "N and P-K status of herbage: use for diagnosis of grasslands", *Diagnostic Procedures for Crop N Management and Decision Making*, Les Colloques, éd. Inra (Paris), n°82, 125-138.
- ERRECART P.M., AGNUSDEI M.G., LATTANZI F.A., MARINO M.A., BERONE G.D. (2014) : "Critical nitrogen concentration declines with soil water availability in tall fescue", *Crop Science*, 54 (1), 318-330.
- FUHRER J., JASPER K. (2009) : "Bewässerungsbedürftigkeit von Acker- und Grasland im heutigen Klima", *Agrarforschung*, 16 (10), 396-401.
- GASTAL F., LEMAIRE G., DURAND J.L., LOUARN G. (2014) : "Quantifying crop responses to nitrogen and avenues to improve nitrogen-use efficiency", *Crop physiology - Applications for genetic improvement and agronomy*, 2nd ed. Academic, Elsevier, 161-206.
- GAZZARIN C., FREY H., PETERMANN R., HÖLTSCHE M. (2011) : "Comparaison de deux systèmes de production laitière : affouragement au pâturage ou à l'étable - qu'est-ce qui est plus rentable ?", *Recherche Agronomique Suisse*, 2 (9), 418-423.
- GONZALEZ-DUGO V., DURAND J.L., GASTAL F. (2010) : "Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review", *Agronomy for sustainable development*, 30 (3), 529-544.
- HOFSTETTER P., FREY H., PETERMANN R., GUT W., HERZOG L., KUNZ P. (2011) : "Comparaison de deux systèmes de production laitière : garde à l'étable vs garde au pâturage - alimentation, performances et efficacité", *Recherche Agronomique Suisse*, 2 (9), 402-411.
- KEDDY T.M.J., O'KIELY P. (1998) : "An evaluation of potassium and nitrogen fertilisation of grassland, and date of harvest, on fermentation, effluent production, dry-matter recovery and predicted feeding value of silage", *Grass and Forage Science*, 53, 326-337.

- KLEIJER G., OBERSON C., MOSIMANN E., MEISSER M., BRABANT C. (2015) : "Valeur nutritive des prairies mesurée par spectrométrie dans le proche infrarouge", *Recherche Agronomique Suisse*, 6 (7+08), 362-365.
- LEMAIRE G., PFLIMLIN A. (2007) : "Les sécheresses passées et à venir : quels impacts et quelles adaptations pour les systèmes fourragers ?", *Fourrages*, 190, 163-180.
- LIEBISCH F., BÜNEMANN E.K., HUGUENIN-ELIE O., JEANGROS B., FROSSARD E., OBERSON A. (2013) : "Plant phosphorus nutrition indicators evaluated in agricultural grasslands managed at different intensities", *European J. Agronomy*, 44, 67-77.
- MEROT A., WERY J., ISBÉRIE C., CHARRON F. (2008) : "Response of a plurispecific permanent grassland to border irrigation regulated by tensiometers", *Europ. J. Agronomy*, 28, 8-18.
- MOSIMANN E., MEISSER M., DELÉGLISE C., JEANGROS B. (2012) : "Potentiel fourrager des pâturages du Jura", *Recherche Agronomique Suisse*, 3 (11+12), 516-523.
- MOSIMANN E., DELÉGLISE C., DEMENGA M., FRUND D., SINAJ S., CHARLES R. (2013a) : "Disponibilité en eau et production fourragère en zone de grandes cultures", *Recherche Agronomique Suisse*, 4 (11-12), 468-475.
- MOSIMANN E., CHARLES R., MEISSER M., FRUND D., DELÉGLISE C. (2013b) : "Effet de la disponibilité en eau sur le rendement des cultures fourragères", *Actes des Journées AFPP. Prairies, systèmes fourragers et changement climatique*, AFPP Paris, 198-199.
- RÉVIRON S., FARRUGIA A., MARTIN B., MEISSER M., MOSIMANN E., PYTHON P. (2008) : "La pâture, un argument pour la valorisation des produits de montagne sur les marchés de consommation", *Fourrages*, 196, 461-472.
- SCEHOVIC J. (1991) : "Considération sur la composition chimique dans l'évaluation de la qualité des fourrages des prairies naturelles", *Revue Suisse d'agriculture*, 23, 305-310.
- SINAJ S., RICHNER W., FLISCH R., CHARLES R. (2009) : "Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages (DBF-GCH)", *Revue Suisse d'agriculture*, 41 (1), 1-98.
- WINCKLER L., CUTULLIC E., AEBY P. (2012) : "Efficacité de la surface fourragère en système laitier dans le canton de Fribourg", *Recherche Agronomique Suisse*, 3 (2), 74-81.



Association Française pour la Production Fourragère

La revue **Fourrages**

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

www.afpf-asso.org



AFPF – Maison Nationale des Eleveurs – 149 rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12
Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 – Mail : secretariat@afpf-asso.fr

Association Française pour la Production Fourragère