

Sécuriser un système laitier

avec des fourrages économes en eau et en énergie fossile

S. Novak, G. Audebert, F. Chargelègue, J.-C. Emile

FERLUS, INRA, Les Verrines, F-86600 Lusignan ; sandra.novak@inra.fr

Résumé

Cet article fait la synthèse des solutions fourragères testées depuis une dizaine d'années par l'INRA à Lusignan pour sécuriser les systèmes laitiers vis-à-vis des aléas climatiques, et notamment des sécheresses estivales. Deux grandes voies complémentaires ont été explorées pour produire des fourrages tout au long de l'année, en économisant l'eau et l'énergie fossile : le pâturage et les fourrages conservés. Nous présentons les résultats obtenus sur des ressources fourragères destinées à allonger la saison de pâturage et à prendre le relai de prairies temporaires diversifiées (céréales, millet, stocks sur pied de couverts prairiaux). L'intérêt du sorgho et des associations céréales-protéagineux pour sécuriser les stocks est également discuté, à partir des différentes modalités que nous avons mises en place. Enfin nous présentons les premiers résultats d'un système fourrager à bas niveau d'intrants, conçu pour être adapté au changement climatique et combinant plusieurs de ces solutions.

Introduction

En France, l'autonomie fourragère des exploitations laitières bovines est élevée (supérieure à 95% d'après ROUILLE *et al.*, 2014). Elle repose essentiellement sur la production d'herbe et de maïs. Cependant, cette autonomie en matière sèche peut être difficile à atteindre en zone séchante ou lors d'aléas climatiques (ex. : sécheresse estivale) qui pénalisent la production d'herbe en été et les rendements du maïs, s'ils sont cultivés sans irrigation. Avec le changement climatique, ces événements extrêmes, et plus généralement la variabilité du climat, devraient augmenter, tout comme les températures moyennes et les teneurs en CO₂ atmosphériques (IPCC, 2013). Ces différents facteurs interagissant, les conséquences sur la production fourragère sont difficiles à prévoir finement et avec certitude. Des travaux de modélisation ont montré une tendance à la hausse de la production annuelle des prairies dans le futur proche (2020-2050), mais avec un creux de production estivale qui devrait s'accroître sur le long terme, notamment dans le Sud-Ouest (RUGET *et al.*, 2013). Par ailleurs, dans le Grand Ouest, principal bassin laitier français, on peut s'attendre à ce que le changement climatique entraîne une baisse de la restitution d'eau au milieu (ITIER, 2010), ce qui devrait accroître les tensions sur la ressource en eau et l'acceptabilité de l'irrigation.

Pour assurer leur production fourragère, les éleveurs utilisent généralement des engrais minéraux azotés, qui sont synthétisés à partir de gaz fossile dont les réserves s'amenuisent. Ces fertilisants peuvent également altérer la qualité de l'eau (nitrates) ou de l'air (ammoniac) et renforcer le changement climatique (protoxyde d'azote) (PEYRAUD *et al.*, 2012).

Les leviers classiquement utilisés (irrigation, apports d'engrais minéraux azotés) pour sécuriser la production fourragère doivent donc être reconsidérés à l'aune de ces nouveaux enjeux (changement climatique, raréfaction des ressources en eau et en énergie fossile, qualité des milieux).

Cet article fait la synthèse des études menées depuis une dizaine d'année par l'Unité Expérimentale Fourrages-Environnement-Ruminants de l'INRA à Lusignan (Vienne, Nouvelle-Aquitaine) sur des fourrages complémentaires à l'herbe et au maïs, produits sans irrigation et avec peu d'intrants. Ces travaux ont été conduits dans un premier temps à l'échelle de la parcelle, puis ils ont été élargis à l'échelle du système fourrager dans le cadre de la reconception d'un système bovin laitier innovant.

1. Des solutions fourragères pour économiser l'eau et l'énergie fossile

Lusignan (Vienne, Nouvelle Aquitaine) se situe en zone qualifiée de séchante car sa pluviométrie estivale est généralement faible (de 58 à 269 mm cumulés de juin à août sur la période 2006-2016) et son ETP importante (de 263 à 424 mm cumulés de juin à août sur la même période). Comme indiqué, la pluviométrie estivale est assez variable selon les années, et fortement liée aux orages. Cependant, la réserve utile des sols (de type « terre rouge à châtaignier ») est assez élevée (environ 140 mm sur 1 m) comparativement à d'autres sols plus superficiels et moins riches en limons.

Deux grandes voies complémentaires ont été explorées pour produire des fourrages tout au long de l'année, en économisant l'eau et l'énergie fossile : le pâturage et les fourrages conservés.

1.1. Privilégier le pâturage

Le pâturage de nouvelles ressources constitue la voie privilégiée dans la mesure où il permet une valorisation directe de la ressource végétale et limite ainsi les étapes coûteuses à la fois en énergie directe et indirecte que sont la récolte, le conditionnement, le stockage et la distribution, voire le séchage en grange. Il permet aussi de réduire l'utilisation d'eau lorsque les fourrages conservés ont été irrigués (ensilage de maïs ou d'herbe). Enfin, le pâturage permet généralement d'économiser de l'eau d'abreuvement car les fourrages pâturés sont plus riches en eau que les fourrages stockés.

Les couverts étudiés à Lusignan pour pouvoir pâturer dans des conditions climatiques peu favorables à la pousse de l'herbe concernent essentiellement les graminées estivales (millet-moha, sorgho fourrager) et des céréales d'hiver. Par ailleurs, la pratique du stock sur pied de couverts prairiaux a également été étudiée.

– Des céréales pour allonger la saison de pâturage

Implantées précocement à l'automne, les céréales d'hiver peuvent permettre une exploitation au pâturage dès la fin de l'automne et jusqu'au démarrage de la végétation au printemps suivant. La productivité en biomasse feuillue peut être importante (de 1 à 3 t MS/ha dans nos essais) avec un fourrage d'excellente qualité, tant sur le plan de l'énergie et de l'azote que pour l'ingestibilité (JACOBS *et al.*, 2007, Tableau 1). Dans cette étude, les performances laitières étaient satisfaisantes, aucun autre aliment n'étant apporté pendant la période de pâture des céréales. En pratique, ce type de pâturage peut être conduit « à temps partiel » pour permettre une mise à l'herbe précoce, dès que la portance des sols le permet. A condition que le pâturage ait été effectué avant le stade épi à 1 cm (Z31) de la céréale, l'impact sur la récolte ultérieure en grain est faible (EMILE *et al.*, 2011a). Parmi les 7 céréales évaluées (5 espèces dont le blé tendre avec 3 précocités), le triticale apparaît actuellement comme la céréale la mieux adaptée de par sa vigueur et sa rusticité (NOVAK *et al.*, 2012). Nous avons observé que la tenue au piétinement était d'autant plus forte que le semis avait été effectué sans labour et que des légumineuses étaient présentes dans l'association. Nos travaux ont également montré que l'association avec une vesce permet d'améliorer le rendement (NOVAK *et al.*, 2012), la légumineuse contribuant également à fournir de l'azote aux cultures suivantes.

TABEAU 1 – Valorisation au pâturage d'une parcelle de triticale, comme unique ressource alimentaire pour des vaches laitières (Lusignan, avril 2006, JACOBS *et al.*, 2007).

	Hauteur herbomètre entrée (cm)	Hauteur herbomètre sortie (cm)	MS (%)	MAT (%)	Digestibilité enzymatique (%)	Quantité ingérée (kg MS/jour)	Production laitière (kg/jour)
Triticale	28,8	6,8	16,1	12,0	81,5	17,0	24,6

MS : matière sèche ; MAT : matières azotées totales

– Des cultures annuelles pour pâturer en été et automne

Afin de passer l'été et l'automne dehors sans trop mobiliser les stocks fourragers, nous avons également évalué l'intérêt d'espèces annuelles à croissance estivale et en particulier des graminées supportant mieux les fortes températures comme le sorgho fourrager, le millet ou le moha.

Les sorghos fourragers (hybrides *Sudan x Bicolor* ou *Sudan x Sudan*) présentent généralement un fort développement qui peut les rendre malaisés à exploiter lorsqu'ils dépassent 1 m de hauteur. La présence d'acide cyanhydrique impose de ne les pâturer qu'après qu'ils aient atteint 40 à 50 cm de haut. Selon la date de semis, deux à trois exploitations successives peuvent être réalisées. Le moha (*Setaria italica subsp. moharia*) fournit une première pousse abondante de bonne qualité, mais celle-ci décroît rapidement à l'épiaison. Les repousses sont moins productives. Le millet (*Pennisetum glaucum*) permet d'effectuer plusieurs pâturages avec un fourrage de bonne qualité, et ce jusqu'aux premiers froids. Millet et moha ne contenant pas d'acide cyanhydrique peuvent être pâturés précocement. Ces 3 graminées estivales nous ont permis, en 2008, de conserver le troupeau laitier au pâturage sur une parcelle de 3 ha constituée de blocs de sorgho fourrager, millet et moha durant 10,5 jours, avec une ingestion moyenne de 6,8 kg MS de fourrage (à 17,2 % de MS) en économisant ainsi du stock d'ensilage de maïs.

Ces trois espèces, qui présentent une large variabilité génétique encore peu exploitée, peuvent être associées avec des trèfles, en particulier avec du trèfle d'Alexandrie, réputé appétent et peu météorisant. Ainsi, une parcelle de 3 ha, constituée d'une association millet (10 kg/ha) et légumineuses (1 kg, 1 kg, 2 kg et 5 kg respectivement de trèfle d'Alexandrie, trèfle de Micheli, trèfle incarnat et vesce commune) a permis de fournir 18 jours de pâturage entre le 29 juillet et le 15 août 2009 à des animaux en fin de lactation, avec un fourrage de bonne qualité, sans autres apports (Tableau 2).

TABLEAU 2 – Valorisation au pâturage par des vaches laitières d'une parcelle de millet associé à des légumineuses (Lusignan, du 29 juin au 15 août 2009).

	Rendement (t MS/ha)	MS (%)	MAT (%)	NDF (%)	Digestibilité enzymatique (%)	Quantité ingérée (kg MS/jour)	Production laitière (kg/jour)
Millet associé	3,2	21,0	16,6	55,2	73,8	16,2	20,9

MS : matière sèche ; MAT : matières azotées totales ; NDF : teneur en fibres

– Pâturer des reports sur pied

La technique des reports sur pied (ou stocks sur pied) consiste à « débrayer » une parcelle de la chaîne de pâturage et d'en repousser l'exploitation au moment où les animaux en auront besoin. Le fourrage ainsi exploité sur pied est plus âgé, ce qui affecte sa composition et donc sa valeur alimentaire (SURAUULT *et al.*, 2002). La perte de qualité est cependant réduite si la proportion de graminées épiées est faible (espèces ou types non remontants) et si la proportion de trèfle est importante. Dans le cas contraire, cette technique permet encore de nourrir des animaux à moindres besoins énergétiques, comme nous l'avons constaté avec des vaches en fin de lactation en 2006 (Tableau 3), sans avoir eu besoin de consommer des intrants pour récolter et distribuer ces fourrages. Le gain financier par rapport à une récolte en foin avait été évalué à 0,05 € par litre de lait.

TABLEAU 3 – Valorisation au pâturage par des vaches en fin de lactation d'une parcelle de RGA conduite en reports sur pied, sans apports complémentaires (Lusignan, août 2006).

	Hauteur herbomètre entrée (cm)	Hauteur herbomètre sortie (cm)	Rendement (t MS/ha)	MS (%)	Production laitière (kg/jour)	TB (g/kg)	TP (g/kg)
Ray grass anglais – report sur pied	14,1	7,0	2,4	36,2	13,3	41,0	33,4

MS : matière sèche ; MAT : matières azotées totales ; NDF : teneur en fibres

1.2. Recourir à des stocks

Pour constituer des stocks fourragers alternatifs au maïs et à la prairie, et pouvant être produits sans irrigation, deux stratégies complémentaires peuvent être mises en œuvre : soit favoriser des espèces prairiales ou annuelles moins sensibles à la sécheresse, soit esquisser cette période délicate en implantant des cultures annuelles d'hiver qui seront exploitées avant l'été. Les fourrages complémentaires que nous avons étudiés sont le sorgho et les associations céréales - protéagineux.

- Le sorgho, une culture d'été moins sensible au déficit en eau

Différents types de sorgho de l'espèce *Sorghum bicolor* M. peuvent être utilisés en ensilage. Les sorghos que l'on destine habituellement à la récolte en grain (hauts de 1,2 à 2 m avec des panicules riches en grain) sont très ingestibles et aussi bien valorisés par les vaches laitières qu'un ensilage de maïs malgré leur moindre digestibilité (EMILE *et al.*, 2006). Malgré leur potentiel de rendement plus limité, ils sont plus productifs que le maïs 3 années sur 5 en culture pluviale en Poitou-Charentes (analyse fréquentielle sur la période 1985-2005, données non publiées). De nouveaux types de sorgho, spécifiquement destinés à l'élevage, et appelés sorghos fourragers monocoupes, sont maintenant disponibles sur le marché. Ces sorghos (plus de 2 m, peu ou pas de grain) sont souvent plus productifs mais aussi plus tardifs. La présence du gène *bmr* (améliorant la digestibilité de la lignine) dans certaines variétés permet d'augmenter la valeur alimentaire qui, là aussi, est comparable à celle du maïs (EMILE *et al.*, 2009, Tableau 4). En termes de conduite technique, le semis à écartement réduit (20 vs 75 cm à densité équivalente), apparaît très favorable au rendement (+ 66 % sur trois années, Tableau 5) et au contrôle des adventices (EMILE *et al.*, 2010). Enfin, les repousses de sorgho (jusqu'à 2 t MS/ha, entre la récolte et les premières gelées dans nos conditions pédoclimatiques, contribuent à la couverture des sols (piégeage de nitrates) et ont pu être valorisées au pâturage. La principale difficulté en culture est la faible vigueur au départ du sorgho, qui le rend sensible à la concurrence des adventices.

Son association avec une légumineuse, afin d'améliorer la valeur protéique de la ration et de fixer de l'azote atmosphérique au bénéfice des cultures de la rotation, a fait récemment l'objet d'investigations dans notre unité. Les premiers résultats soulignent l'intérêt de l'association avec des légumineuses grimpantes type haricot (*Phaseolus vulgaris* et *P. coccineus*) par rapport à des protéagineux, soja ou vesces (DA SILVA *et al.*, 2014 ; EMILE *et al.*, 2016). Il semble aussi que les pois protéagineux, lupin et féverole ne soient pas adaptés à l'association en raison de leur cycle de végétation trop court et de leur sensibilité aux ravageurs. La question des semis décalés a été envisagée pour tenter de contourner les décalages entre les cycles et les vitesses de développement des espèces (les légumineuses ayant en général des cycles trop courts pour rester vertes à la récolte du sorgho). Cependant, pour l'instant, nos résultats ne sont pas probants et la mise en œuvre pratique soulève de nombreuses questions techniques (semis, contrôle des adventices). L'utilisation de légumineuses à cycle long comme le lablab (*Lablab purpureus* L.) semble être plus pertinente (WALCZAK *et al.*, données non publiées).

TABLEAU 4 – Comparaison des performances agronomiques et zootechniques de 3 types de sorgho (Lusignan, 2008 ; EMILE *et al.*, 2009 ; dispositif en inversion (3 périodes successives de 3 semaines) avec des lots de 12 vaches).

	Date de récolte	MS (%)	Rendement (t MS/ha)	Hauteur (cm)	Quantité ingérée (kg MS/jour)	Production laitière (kg/jour)
Sorgho grain cv Aralba	23/09/08	26,3	14,1	119	15,6	22,2
Sorgho monocoupe cv Topsilo	29/10/08	24,2	18,2	171	13,1	20,7
Sorgho monocoupe <i>bmr</i> cv Sweet virginia	29/10/08	24,5	19,9	256	15,3	22,2

MS : matière sèche

TABLEAU 5 – Effets de l'écartement entre rangs sur les performances agronomiques du sorgho (Lusignan 2007-2008-2009, EMILE *et al.*, 2010 ; dispositifs en bloc (2 à 4 répétitions selon années) et parcelles de 600 m², sorgho fourrager mono coupe cv Topsilo).

Ecartement (m)	MS (%)	Rendement (t MS/ha)	Hauteur (cm)	Panicule (% de la MS)	MAT (% MS)	Digestibilité enzymatique (%)
0,75	33,0	10,1	111	45,7	8,9	64,4
0,20	31,4	16,6	114	43,2	10,4	63,8

MS : matière sèche ; MAT : matières azotées totales

– Les associations céréales - protéagineux : pour contourner la période sèche

Les associations annuelles entre céréales à paille et protéagineux, implantées à l'automne et récoltées en fin de printemps, permettent par leur cycle de contourner les épisodes de sécheresse estivale. Nos essais ont montré que la présence des légumineuses ne détériore pas la productivité et améliore les valeurs azotée et énergétique du fourrage, tout comme d'autres expérimentations conduites dans divers contextes pédoclimatiques (EMILE *et al.*, 2016). Plus la proportion de légumineuses est élevée, meilleure est la valeur azotée de l'association. La présence de la légumineuse se traduit aussi par de meilleures performances zootechniques, tant au niveau de l'ingestion que de la production laitière (EMILE *et al.*, 2008 ; NOVAK *et al.*, 2011 ; Tableau 6).

Nous avons aussi montré que la productivité et la qualité de l'association sont fortement liées à la date de récolte (EMILE *et al.*, 2011b). Une récolte précoce (stade laiteux de la céréale, aux alentours de mi-mai dans le Centre Ouest) permet d'obtenir un fourrage de bonne qualité (autour de 0,81 UFL), bien ingéré et comparable à un bon ensilage d'herbe. Pour arriver à une teneur en matière sèche de 30 %, un préfanage de 1 à 2 jours est souvent nécessaire. Une récolte plus tardive (grains pâteux dur, gousses de pois bien formées, aux alentours de la mi-juin) aboutit à un fourrage plus sec (> 40 % MS) et de moindre qualité (0,72 UFL) avec de possibles difficultés de conservation.

TABLEAU 6 – Caractéristiques et valeur zootechnique du triticale et d'associations céréale - protéagineux (Lusignan, 2006 et 2007 ; d'après EMILE *et al.*, 2008, et NOVAK *et al.*, 2011 ; dispositifs en carré latin (3 x 3) avec des lots de 8 vaches sur des périodes de 21 jours. Ensilage de triticale ou d'association distribué à volonté comme seul fourrage de la ration et complété par un apport de 6 kg/jour de concentré).

	Protéagineux (% de la MS)	Rendement (t MS/ha)	MAT (% MS)	Digestibilité enzymatique (%)	Quantité ingérée (kg MS/jour)	Production laitière (kg/jour)
Triticale	0	10,9	7,9	56,7	9,3	19,2
Triticale-pois	34	7,0	11,0	61,4	10,8	20,6
Triticale-avoine-pois-vesce	36	8,2	11,3	61,7	11,6	21,3

MS : matière sèche ; MAT : matières azotées totales

2. Un système fourrager diversifié pour sécuriser la production laitière

Dans un second temps, nous avons voulu reconcevoir globalement un système fourrager diversifié en donnant la priorité au pâturage de ces ressources. L'objectif était d'offrir au troupeau une large gamme de couverts aux croissances diversifiées pour allonger le plus possible la durée du pâturage. Nous nous sommes également attachés à diversifier les stocks en utilisant peu d'intrants (eau, engrais minéraux azotés, pesticides) et à introduire des cultures à double fin (pâturées ou récoltées) dans les rotations.

Nous faisons l'hypothèse que cette diversité de cultures et de fonctions à l'échelle de l'assolement et des rotations permettra de sécuriser l'approvisionnement en fourrages face aux aléas climatiques, tout en limitant l'utilisation d'intrants et en préservant la qualité de la ressource en eau.

Ce système fourrager innovant s'inscrit dans le cadre du système laitier OasYs reconçu globalement avec une approche agroécologique et pour être adapté au changement climatique (NOVAK et EMILE, 2014). Le système d'élevage a été repensé de manière à maximiser le pâturage, en mettant en phase les besoins des animaux avec la disponibilité en fourrages pâturés. Pour valoriser les pics de production d'herbe au printemps et dans une moindre mesure à l'automne, les vêlages sont centrés sur ces deux saisons. Avoir deux périodes de vêlage pour le troupeau permet d'être moins sensible aux aléas climatiques pouvant survenir à une des périodes de l'année. Un nouveau regard a également été porté sur la production laitière : elle n'est plus considérée uniquement à l'échelle de la lactation de chaque animal, mais aussi aux échelles de la carrière de la vache et du troupeau. Ainsi, après un vêlage précoce à 24 mois, les vaches effectuent des lactations de 16 mois (et 2 mois de tarissement) permettant l'alternance entre vêlages de printemps et d'automne. La conduite génétique du troupeau a également été revue. Un croisement rotationnel à trois voies (Holstein, Jersiaise, Rouge Scandinave) a été mis en place afin de disposer de vaches laitières plus rustiques, avec de bonnes capacités de production et de reproduction, bien adaptées au pâturage et à des températures élevées, et produisant un lait riche en matière utile.

Le système a été mis en place à partir du second semestre 2013 sur 90 ha et avec 72 vaches laitières.

- Des couverts complémentaires pour pâturer tout au long de l'année

L'ensemble du système fourrager est conduit en rotation prairies-cultures (NOVAK *et al.*, 2016). Plusieurs couverts complémentaires aux prairies « classiques » de graminées et légumineuses ont été mis en place pour allonger la période de pâturage. Il s'agit à la fois de prairies multi-espèces de 5 ans comportant de la chicorée ou du plantain en plus de diverses graminées et légumineuses, de couverts prairiaux de courte durée avec des espèces à croissance rapide (ray-grass d'Italie, trèfle incarnat, chicorée), mais aussi de cultures fourragères annuelles destinées à être pâturées en été (millet-moha-sorgho), en automne (colza, radis fourrager) ou en hiver (betteraves). Les associations céréales - protéagineux (que nous appellerons par la suite « méteil ») et le sorgho grain sont également utilisés à double fin en décidant, en fonction des conditions climatiques de l'année et de l'état des stocks, s'ils seront pâturés ou récoltés (en grain ou en ensilage). Les deux usages peuvent

TABLEAU 7 – Ressources fourragères à pâturer, principales et complémentaires, mises en place dans le système fourrager de l'expérimentation-système OasYs, de 2014 à 2016, et les périodes de pâturage principalement visées.

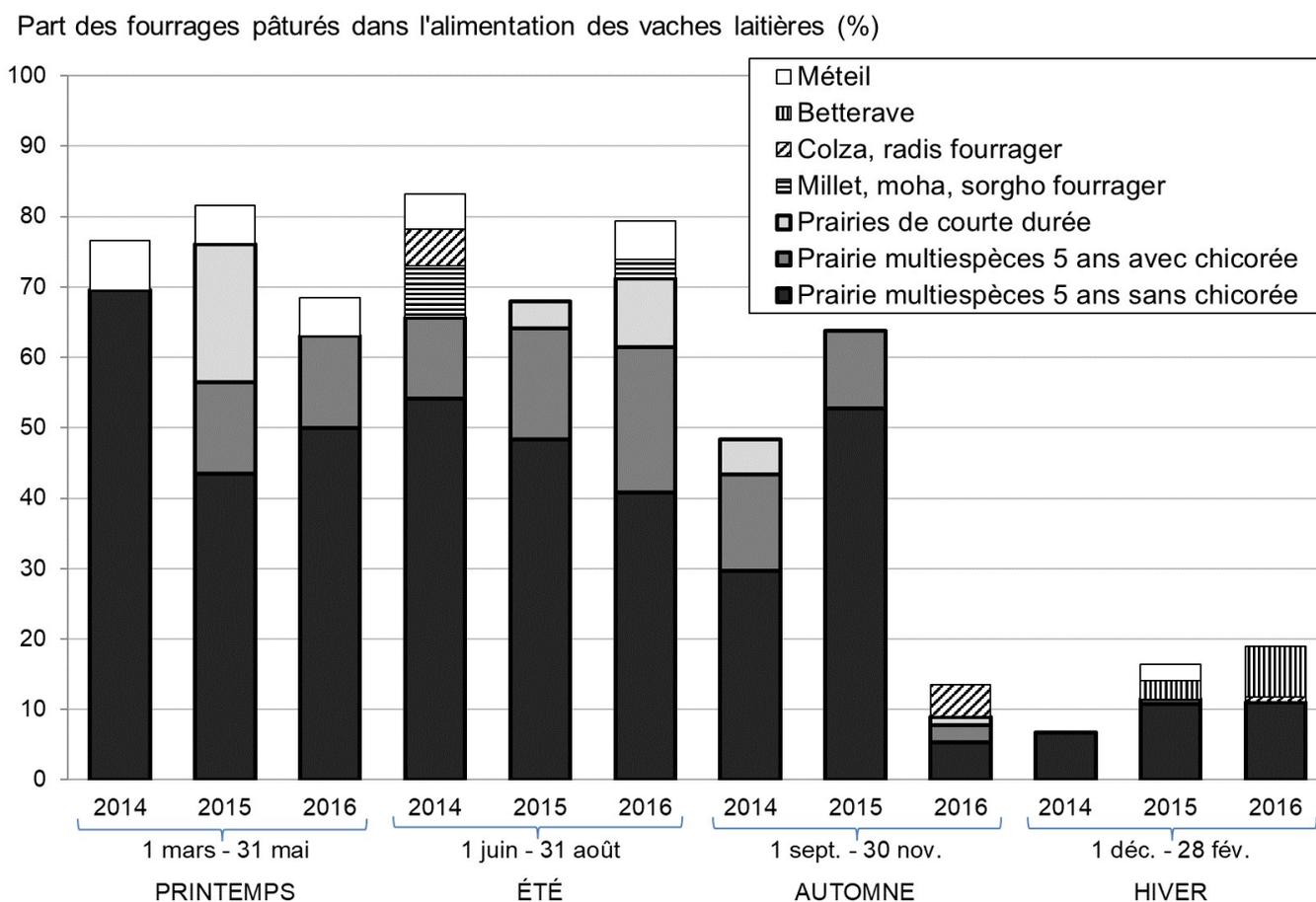
Espèces mobilisées		Printemps	Été	Automne	Hiver
Prairies multi-espèces de 5 ans	ray-grass anglais, dactyle, fétuque élevée, trèfles, luzerne, chicorée, plantain	X	X	X	X
Cultures fourragères annuelles ou intermédiaires	millet, sorgho fourrager, moha - trèfles		X	X	
	chicorée, ray-grass d'Italie, trèfles		X	X	
	colza, radis fourrager			X	
	betterave fourragère				X
Cultures à double fin (pâturées, récoltées ou les deux combinés)	méteil (triticale-avoine-pois-vesce)	X			X
	sorgho grain associé à une légumineuse (soja, haricot, lablab)			X	
Ressources ligneuses	frêne, ormes, mûrier blanc, aulnes, saules, robinier, vignes		X	X	

également être combinés : par exemple le méteil peut être pâturé en hiver puis récolté en ensilage à la fin du printemps et les repousses peuvent être à nouveau pâturées. Si les conditions le permettent, nous faisons pâturer les résidus de récolte du sorgho et de la légumineuse associée, dont une partie n'est généralement pas exportée par l'ensileuse. Enfin, des ligneux (arbres, arbustes, lianes) à vocation fourragère ont été plantés afin de fournir un fourrage à pâturer en été ou à l'automne. Le Tableau 7 donne une vue synthétique des ressources prévues sur le système fourrager et de leurs périodes de pâturage.

Le pâturage de stocks sur pied et le déprimage précoce au printemps sont également des pratiques qui ont commencé à être mises en place pour allonger la période de pâturage. En général, les refus des prairies sont peu importants, sauf parfois en été, et dans ce cas les parcelles sont régularisées.

La Figure 1 illustre la diversité des ressources effectivement pâturées sur le système de 2014 à 2016, en fonction des saisons. L'objectif du système est que leur pâturage puisse fournir, à terme, 100% de l'alimentation des vaches laitières au printemps, 50% en été et en automne et 25% en hiver.

FIGURE 1 – Proportion (%) des différents couverts pâturés dans l'alimentation des vaches laitières, en fonction des saisons, de 2014 à 2016. La part du pâturage dans l'alimentation a été évaluée par la proportion du temps passé au pâturage.



Les couverts complémentaires aux prairies multi-espèces de 5 ans sans chicorée ont représenté jusqu'à 47% du fourrage pâturé par les vaches laitières au printemps, 49% en été, 60% en automne et 42% en hiver. Leur pâturage a permis d'alimenter le troupeau pendant une durée équivalente à 50 jours en 2014, 68 jours en 2015 et 64 jours en 2016.

L'objectif de fournir par le pâturage la totalité de l'alimentation du troupeau laitier au printemps n'a pas encore été atteint, malgré le complément apporté par le pâturage de méteil et de prairies de courte durée. Un déprimage plus précoce des prairies de 5 ans pourrait être une voie d'amélioration.

A l'inverse, l'objectif de 50 % de pâturage en été a été largement dépassé, grâce aux espèces prairiales (par ex. chicorée, dactyle, fétuque) et aux cultures estivales (méteil jusqu'en juillet, millet-moha-sorgho, colza) mises en place. La chicorée nous semble une espèce particulièrement intéressante pour fournir un fourrage de bonne valeur alimentaire, riche en eau et avec une productivité satisfaisante même en période de déficit hydrique, comme cela a déjà été souligné par d'autres auteurs (DELAGARDE *et al.*, 2014). Cependant, cette plante bisannuelle nécessite une exploitation assez fréquente pour maîtriser la montée de la tige florale qui a lieu à partir de la deuxième année d'implantation. Dans nos parcelles, la chicorée s'est maintenue durant les 5 années de présence de la prairie. Nous n'avons pas encore de résultat sur le plantain lancéolé, récemment semé dans une prairie multi-espèces, et qui pourrait jouer un rôle équivalent à la chicorée (GREGORINI *et al.*, 2013). Par ailleurs, des marges de progrès existent encore dans le rendement des cultures estivales, dont nous n'avons pas toujours réussi l'implantation. En automne, la part du pâturage a été proche des objectifs visés (50 %), excepté en 2016. L'automne 2016, très peu arrosé et consécutif à un été sec, n'a pas permis d'implanter dans de bonnes conditions les cultures prévues pour cette saison (millet, colza fourrager), ni d'assurer une bonne reprise des prairies. Trop récemment implantés, les arbres n'ont pas encore pu contribuer au pâturage d'été et d'automne. Enfin, les objectifs de 25 % de pâturage en hiver n'ont pas été atteints, malgré la présence de la betterave qui a représenté jusqu'à 38% du fourrage pâturé à cette saison. La betterave nous semble une culture intéressante à pâturer en hiver lorsque les sols sont portants, car elle présente une bonne valeur fourragère (environ 1,21 UFL), mais son exploitation directe par les animaux nécessite un temps d'apprentissage. Par ailleurs, son itinéraire technique demande encore à être optimisé pour diminuer l'utilisation d'herbicide sans pénaliser le rendement.

- Des stocks complémentaires pour sécuriser l'autonomie fourragère

Les fourrages conservés sont également diversifiés (Tableau 8) : constitués de foin ou d'ensilage (dont enrubannage), ils proviennent en majorité de parcelles dédiées aux stocks, en prairies de 4 ans à base de luzerne, ou en sorgho, maïs ou méteil (NOVAK *et al.*, 2016). Une partie des stocks est également réalisée sur des prairies prioritairement destinées au pâturage mais comportant des excédents d'herbe ou, comme discuté précédemment, avec du méteil « double-fin ». Afin d'assurer rapidement la transformation génétique du troupeau, un nombre important de génisses a été élevé, ce qui a nécessité la mobilisation de fourrages conservés hors système. Pour cette raison, l'autonomie fourragère globale du système (vaches laitières et génisses) a été de 100% en 2014, mais seulement de 87 et 89% respectivement en 2015 et 2016.

TABLEAU 8 – Ressources fourragères, principales et complémentaires, distribuées aux vaches laitières du système OasYs, de 2014 à 2016.

	Printemps			Été			Automne			Hiver		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Foin de prairie												
Enrubannage de prairie												
Ensilage de sorgho												
Ensilage de maïs												
Ensilage de méteil												

En complément des essais menés en micro-parcelles (cf partie 1, nous avons également semé du sorgho associé avec des légumineuses (soja ou haricot) sur des parcelles accessibles aux animaux. Mais, comme en micro-parcelles, nous avons été confrontés à un salissement important et la

proportion de légumineuses dans le fourrage récolté a été très faible, d'autant plus que l'ensileuse laisse une partie des légumineuses au sol. Toutefois, ces légumineuses non exportées ont pu être valorisées par des animaux au pâturage (23 génisses pendant 1 semaine en 2016). Nous continuons à mener des expérimentations sur cette association pour favoriser le développement de la légumineuse, sans compromettre le rendement du sorgho, et ainsi récolter un fourrage plus équilibré.

Conclusion et perspectives

Les études menées à Lusignan depuis une dizaine d'années ont montré l'intérêt de diversifier les fourrages pour sécuriser le système fourrager des exploitations laitières, notamment celles basées sur la prairie temporaire et le maïs ensilage. Les fourrages testés permettent d'allonger la saison de pâturage, de diversifier les stocks, et donc de sécuriser l'autonomie en matière sèche des exploitations. Nos travaux avaient également pour objectif de fournir des pistes pour contribuer à améliorer l'autonomie protéique des élevages, en développant les associations avec les légumineuses au pâturage et pour les stocks.

Ces fourrages complémentaires, économes en eau et en énergie fossile, vont vraisemblablement être de plus en plus prisés par les éleveurs avec l'augmentation de la fréquence des aléas climatiques, du coût des intrants et des tensions sur la ressource en eau. Il reste encore plusieurs pistes à explorer, dont les ligneux (arbres, arbustes, lianes) semblent être l'une des plus prometteuses, à la fois pour fournir un fourrage complémentaire, mais également pour atténuer le stress thermique des animaux au pâturage.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement tous nos collègues Inra "animaliers" et "cultivateurs" qui ont contribué à l'étude de ces fourrages innovants.

Références bibliographiques

- DA SILVA, M. S. J., EMILE, J. C., AUDEBERT, G., WALCZAK, P., NOVAK, S. (2014) : "Associer une légumineuse au sorgho pour améliorer la qualité de la ration". *Journées 3R*, 21, 128.
- DELAGARDE R., ROCA FERNANDEZ A.I., PEYRAUD J.-L. (2014) : "Prairies multispécifiques avec ou sans chicorée : densité du couvert mesurée à l'herbomètre et composition chimique", *Fourrages*, 218, 177-180.
- EMILE J. C., AL RIFAI M., CHARRIER X., LEROY P., BARRIÈRE Y. (2006) : "Grain sorghum silages as an alternative to irrigated maize silage", *Grassland Science in Europe*, 11, 80-82.
- EMILE J. C., JACOBS DIAS F., AL RIFAI M., LEROY P., FAVERDIN P. (2008) : "Triticale and mixtures silages for feeding dairy cows", *European Grassland Federation*, 804-806.
- EMILE J. C., LE ROY P., BOURGOIN F., AL RIFAI M. (2009) : "Comparaison de types de sorgho ensilés pour des vaches laitières". *Journées 3R*, p51.
- EMILE J.C., BOLAÑOS-AGUILAR E.D., LE ROY P., AUDEBERT G. (2010) : "Effects of row spacing and seeding rate on sorghum whole crop yield and quality". *Proc. European Grassland Federation, Kiel (Allemagne)* septembre 2010, 494-496.
- EMILE J. C., WALCZAK P., TRILLAUD A., NOVAK S. (2011a) : "Pâturer une céréale sans trop pénaliser le rendement grain : effet de la date d'exploitation et de l'espèce", *Renc. Rech. Ruminants*, 18, 146.
- EMILE J.C., AUDEBERT G., NOVAK S. (2011b) : " Le rendement et l'ingestibilité d'un ensilage d'associations céréales protéagineux dépendent de la date de récolte et du type de céréale ", *Renc. Rech. Ruminants*, 18, 128.
- EMILE J.C., COUTARD J.P., FOREL E., STEPHANY D. (2016) : "Développer les associations annuelles céréales-protéagineux dans les systèmes fourragers", *Fourrages*, 226, 143-151.
- GREGORINI P., MINNEE E.M.K., GRIFFITHS W., LEE J.M. (2013) : "Dairy cows increase ingestive mastication and reduce ruminative chewing when grazing chicory and plantain", *J. Dairy Sci.*, 96, 7798-7805.

- IPCC (2013) : "Climate change 2013: the physical science basis". Contribution of working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ITIER B. (2010) : "Confort hydrique et restitution d'eau aux nappes ". Livre vert du projet Climator. Ademe Editions, pp. 79-92.
- JACOBS DIAS F., EMILE J. C., AL-RIFAI M., DELAGARDE R. (2007) : "Pâturer du triticale en fin d'hiver pour économiser de l'eau". In: Productions fourragères et adaptations à la sécheresse. Journées de l'AFPF, 194-195
- NOVAK S., EMILE J.C. (2014) : "Associer des approches analytiques et systémiques pour concevoir un système laitier innovant : de la Fée à l'OasYs", *Fourrages*, 217, 47-56.
- NOVAK S., JACOBS DIAS F., BUMBIERIS V.H., EMILE J.C. (2011) : " Quelle place pour les ensilages d'associations céréales – protéagineux dans le système fourrager ? ", *CR Journées AFPF*, pp. 126-127.
- NOVAK S., WALCZAK P., TRILLAUD A., EMILE J.C. (2012) : "Evaluation d'associations céréale – vesce pour leur exploitation au pâturage avant une récolte en grain", *19 èmes Rencontres Recherches Ruminants*, Institut de l'Elevage, Paris. pp. 228.
- NOVAK S., AUDEBERT G., CHARGELÈGUE F., EMILE J.C. (2016) : "An innovative forage system to produce bioclimatic milk", in: M. Höglind, et al. (Eds.), *Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation NIBIO, Trondheim, Norvège*, pp. 104-106.
- PEYRAUD J.-L., CELLIER P., DONNARS C., RECHAUCHERE O. (2012) Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres, in: INRA (Ed.), *Expertise scientifique collective, synthèse du rapport*, pp. 68.
- ROUILLE B., DEVUN J., BRUNSCHWIG P. (2014) : "L'autonomie alimentaire des élevages bovins français", *OCL*, 21, D404.
- RUGET F., DURAND J.L., D. R., GRAUX A.I., BERNARD F., LACROIX B., MOREAU J.C. (2013) : "Impacts des changements climatiques sur les productions de fourrages (prairies, luzerne, maïs) : variabilité selon les régions et les saisons", *Fourrages*, 214, 99-109.
- SURAUULT F., EMILE J. C., HAZARD L., GHESQUIÈRE M. (2002) : "An approach of the quality of perennial ryegrass cultivars under stock pilling management", *Grassland Science in Europe*, 7, 166-167.