



**CAP  
PROTÉINES**  
innovons pour notre  
souveraineté protéique

VOLET ÉLEVAGE  
DE RUMINANTS

COMPTE-RENDU D'ESSAI

cap-proteines-elevage.fr

# Les Cultures Fourragères Estivales (CFE) : produire de la protéine en été

Suivi du comportement agronomique et fourrager de graminées adaptées aux conditions climatiques estivales

## LES ENJEUX

Les systèmes fourragers sont confrontés à des sécheresses estivales de plus en plus fréquentes et intenses. La production de fourrage, en quantité et en qualité pendant cette période est donc un enjeu important. La sécurisation de la production fourragère estivale passe davantage par les graminées en C4, que les légumineuses plus sensibles au manque d'eau. Les sorghos et plus largement les plantes en C4 sont des espèces candidates susceptibles de répondre à ces enjeux, puisque leur mode de fixation du dioxyde de carbone (différent des plantes en C3) leur permet d'avoir un meilleur rendement photosynthétique notamment en présence de plus de luminosité et de températures élevées. Cependant les références sur ces espèces sont lacunaires. L'objectif principal des essais mis en place était de réunir dans un même dispositif l'ensemble de ces espèces afin d'étudier leur comportement agronomique au travers de leur production et d'acquérir des références sur leurs valeurs alimentaires. Le choix a été fait de considérer ces cultures comme des cultures principales, c'est-à-dire semées précocement (dernière décade de mai) pour sécuriser l'implantation. Dans le cadre d'un assolement classique, ce type de culture pourrait succéder à une prairie après une première exploitation précoce de printemps, ou après un méteil fourrage récolté précocement ou éventuellement après une dérobée d'hiver.

## > CHIFFRES CLÉS

2 années d'expérimentation

8 sites de démonstration (lycées...)

4 sites d'acquisition

14 graminées en C4

21 espèces en essai

7 légumineuses associées



## > CE QU'IL FAUT RETENIR

Les graminées en C4 ont montré leur capacité à produire malgré des conditions estivales très sèches avec des températures élevées. En revanche, les légumineuses testées en association de ces graminées n'ont pas réussi à démontrer leur intérêt productif.

## > OBJECTIFS DE L'ESSAI

- Evaluer le rendement des espèces en étude.
- Caractériser la cinétique de la composition chimique et de la valeur alimentaire des CFE.
- Tester la capacité d'association de ces espèces avec différentes légumineuses.

## PARTENAIRES



Financier du volet élevage de Cap Protéines



La responsabilité des ministères en charge de l'agriculture et de l'économie ne saurait être engagée.

## UN RÉSEAU D'ESSAIS POUR DIFFÉRENTS CONTEXTES PÉDOCLIMATIQUES

Dans le cadre du projet CAP PROTEINES (Figure 1), des essais d'acquisition - avec un suivi poussé du comportement agronomique et de l'évolution des espèces au sein d'un cycle de production – et des essais de démonstration – mettant en association des graminées et des légumineuses – ont été mis en place dans toute la France (Figure 2).

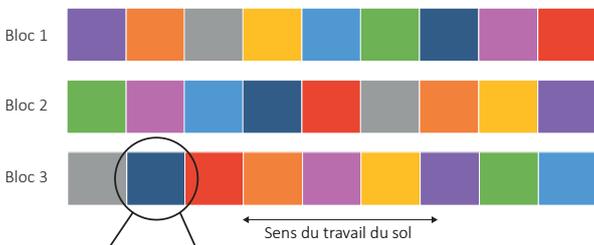
### 1 Localisation de l'ensemble des essais mis en place



### 2 Description des deux types d'essai : acquisition et démonstration.

#### Essai acquisition

##### > Dispositif en bloc avec modalités randomisées (3 blocs)



3 microparcelles côte-à-côte de la même espèce au sein de chaque bloc



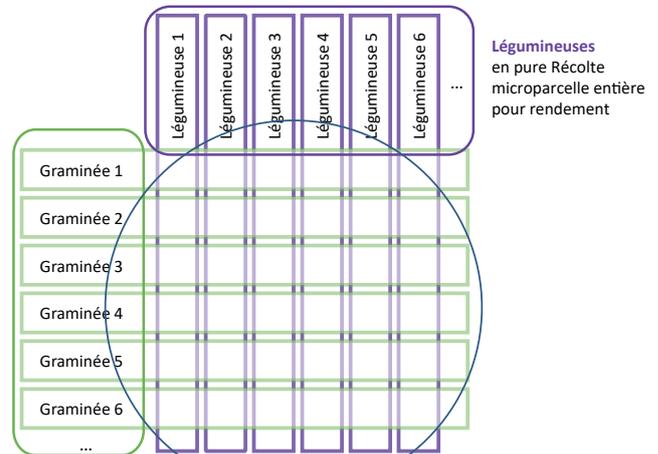
- 1 Prélèvement (2 rangs sur 1m de long) au cours du 1<sup>er</sup> cycle :
  - Épi à 10 cm du plateau de tallage
  - Dernière feuille étalée
  - Épiaison
  - Floraison
- 2 Récolte microparcelle 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles
- 3 Récolte microparcelle 1<sup>er</sup> cycle puis prélèvement (2 rangs sur 1m de long) des repousses :
  - Cycle 1 + 4 semaines
  - Cycle 1 + 6 semaines
  - Cycle 1 + 8 semaines

A chaque prélèvement/récolte :

- 1 échantillon pour déterminer la matière sèche (étuvage 48h à 80°C)
- 1 échantillon pour analyse des valeurs alimentaires (étuvage 72h à 60°C)

#### Essai démonstration

##### > Dispositif en damier



Graminées en pure  
Récolte microparcelle entière pour rendement

Légumineuses en pure  
Récolte microparcelle entière pour rendement

**Damier d'association**  
Au moment des récoltes : prélèvement de chaque carré d'association et séparation de la graminée et de la légumineuse pour déterminer leur contribution au rendement

Les semis ont été effectués dernière quinzaine de mai afin de sécuriser l'implantation pour optimiser la levée tout en ayant un sol suffisamment réchauffé comme le nécessite les espèces en étude (> 12°C, voire 15°C pour le teff grass). Un seul apport d'azote, enfoui avant semis, a été effectué (dose dépendante du précédent cultural). Une fumure de fond a été apportée le cas échéant, tenant compte des résultats d'analyse de sol disponible. Les essais ont été conduits sans irrigation.

La date de levée, le taux de réussite à la levée, le stade et la hauteur des plantes à la récolte ont été relevés. Pour les espèces multicoupees, le stade début épiaison de l'espèce la plus précoce déclenchait la première récolte. Puis la deuxième récolte s'effectuait 7 semaines plus tard. Pour les espèces monocoupees, l'objectif était de récolter le maïs à 32 % de matière sèche tout comme le sorgho grain et de récolter les autres sorghos autour de 28 % de matière sèche.

## LES ESPÈCES ÉTUDIÉES : LES SORGHOS À L'HONNEUR

Chaque espèce était représentée par une variété étudiée sur les 2 années d'expérimentation. Des espèces multicoques (sorghos, millet, moha et teff grass) ainsi que des espèces monocouques (sorgho et maïs) ont été testées (tableau 1 et tableau 2).

1 Tableau 1 : Classification et caractéristiques des sorghos (sources : Semences de Provence ; GNIS ; ARVALIS ; Pro Sorgho ; Herbe & Fourrages Centre Val de Loire).

		Sorghos fourragers multicoques	Sorghos fourragers monocouques	Sorghos grains
<b>Caractéristiques agronomiques</b>		Cycle de végétation de 60 à 80 jours. 1 à 3 coupes selon le mode d'exploitation, le contexte pédoclimatique et la date de semis. Des variétés précoces.		Cycle de végétation de 120 à 150 jours. 1 seule récolte. Large gamme de précocité.
<b>Destination</b>		Alimentation animale. Couvert agronomique.		Alimentation animale. Méthanisation.
<b>Mode d'exploitation</b>		Pâturage (à partir de 60 cm). Affouragement en vert. Ensilage / enrubbage / foin.		Ensilage. Grain.
<b>Génétique / morphologie</b>		Sudan x Sudan : Tiges fines, fort tallage, bonne vigueur au démarrage.	Hybride Sudan x Bicolor : Tiges plus grosses.	Plus productifs. Feuilles et tiges riches en sucre.
<b>Spécificité</b>	<b>Classique</b>	Part de fibres non digestibles (lignines) non négligeable. Bonne tenue de la tige.		
	<b>BMR</b>	Brown Mid Rib (nervure centrale brune). Plusieurs gènes BMR sont possibles pour différentes valeurs alimentaires. Part de fibres non digestibles (lignine) réduite, améliorant la valeur alimentaire. Diminution possible de la tenue de la tige.		
	<b>PPS</b>	Photo Period Sensitive (photopériodique sensible). Pas d'induction de l'épiaison quand la durée du jour dépasse celle de la nuit. Empêche la production de grain : l'énergie du fourrage provient uniquement des tiges et des feuilles. Réduction de la précocité, à préférer dans les sorghos multicoques.		
	<b>Mâle stérile</b>	Emission d'une panicule mais pas de fécondation. Teneur en amidon abaissée. En cas de mélanges de variétés, le sorgho mâle stérile peut être fécondé par la ou les variétés voisines.		
				Développement végétatif plus faible (récolte uniquement grains) sauf ceux de grand gabarit (ensilage possible).

Quant au moha, millet perlé et teff grass, ils peuvent être pâturés ou fauchés (ensilage, enrubbage, foin) pour l'alimentation animale mais peuvent également être utilisés comme couvert agronomique ou pour alimenter un méthaniseur. Bien que considéré comme espèce multicoque, le moha, s'il est récolté après montaison, ne pourra être valorisé qu'une seule fois. Le teff grass, avec un cycle de végétation de 50 à 60 jours pourra être récolté 3 fois voire plus.

## MISE EN PLACE ET SUIVI DES ESSAIS

2 Tableau 2 : Variétés utilisées, PMG, densité et profondeur de semis

Espèces	Variété	Semencier	PMG indicatif (g)	Densité (monocouques en grains/ha ; multicoques en kg/ha)		Profondeur semis (cm)
				En pure	En association	
Maïs fourrage	LG 31255 (S1)	Limagrain	342.5	110000	70000	4
	LG 31295 (S2)					
Sorghos monocouques	Grain RGT BIGGBEN	RAGT Semences	32.7	220000	150000	3
	Sucrier EMERAUDE	Semences de Provence	15.8			
	Mâle stérile ES ATHENA	Euralis Semences	20.0			
	PPS NUTRITOP STAR (2021)	Caussade Semences	30.0			
	BIG DRAGOON (2022)	Semental	29.0			
Sorghos multicoques	Sudan non BMR PIPER	Semences de Provence	14.0	25	10	2
	Sudan BMR HERMES	Semences de Provence	13.3			
	Hybride non BMR LURABO	Caussade Semences	27.0			
	Hybride BMR SHERKAN	Barenbrug	16.8			
	PPS MONSTER PPS	Limagrain	26.4			
Moha	TARDIVO	Caussade Semences	2.5	25	10	2
Millet perlé	Non BMR (que 2022) ADR 300	Caussade Semences	6.4	20	8	2
	BMR EPIC	Semental	7.9			
Teff grass	STEFFANIE	Barenbrug	0.4	10	4	0.5
Lablab	SUSTAIN	Semental	240.0	56	28	2-3
Cowpea	BLACK STALLION	Semental	61.7	44	22	2-3
Vesce commune de printemps	NACRE	Cerience	60.0	56	28	2-3
Vesce velue	MASSA	Cerience	40.0	38	18	2-3
Trèfle d'Alexandrie	FROSTY	Semences de France	2.8	25	12	1-2
Trèfle Squarrosom	QUADRIGA	Semences de France	4.9	31	16	1-2
Trèfle de Perse	MARAL	Semences de Provence	1.4	34	17	1-2

## RÉSULTATS

### UN POTENTIEL PRODUCTIF INTÉRESSANT

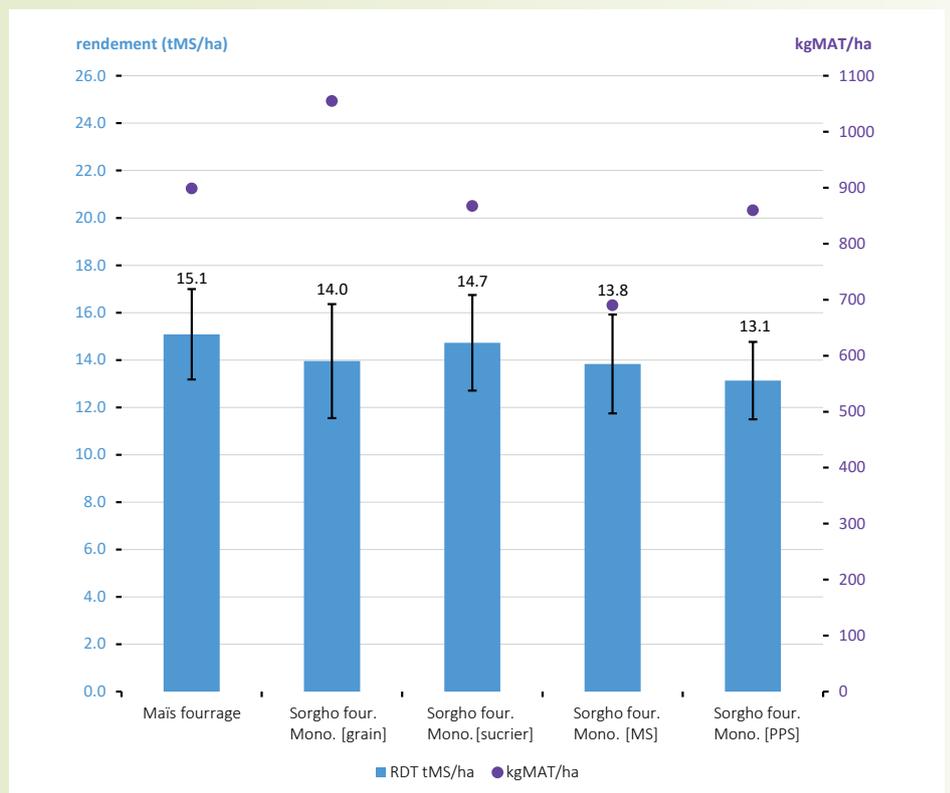
La comparaison deux à deux des rendements de 2021 et 2022 pour chacune des espèces étudiées ne montre pas de différence significative (à 5 %) entre le rendement obtenu en 2021 et celui de 2022 malgré deux années aux contextes climatiques très contrastés. En effet, l'analyse en réseau des quatre sites d'essai montre une perte moyenne de rendement entre 2021 et 2022 inférieure à 1 tMS/ha (Figure 3).

Les sorghos multicoups (hors PPS) semblent tirer leur épingle du jeu avec des rendements dépassant les 9 tMS/ha en deux coupes. Les autres espèces multicoups étudiées semblent un peu moins productives et font en moyenne 7.7 tMS/ha.

**3** Rendements moyens (avec écart type résiduel et étiquette de valeur) des 4 essais et 2 années (2021 et 2022) d'expérimentation sur deux cycles de production et Matière Azotée Totale (MAT) rapportée en quantité produite à l'hectare pour les espèces multicoups.



**4** Rendements moyens (avec écart type résiduel et étiquette de valeur) des 4 essais et 2 années (2021 et 2022) d'expérimentation et Matière Azotée Totale (MAT) rapportée en quantité produite à l'hectare pour les espèces monocoups.



Côté valeurs alimentaires, les taux de MAT sont corrects avec des teneurs à 13% MS en moyenne sur le premier cycle et 10% sur le deuxième cycle. Les millets perlés et le teff grass présentent les meilleurs taux de MAT engendrant par conséquent une production de MAT à l'hectare équivalente aux espèces les plus productives.

Contrairement aux espèces multicoups, les espèces monocoups semblent avoir plus accusé la sécheresse de 2022 avec un écart de rendement moyen de l'ordre de 2 tMS/ha (Figure 4). Dans l'analyse en réseau, aucune différence significative n'est constatée entre les espèces en termes de production. Bien que le maïs produise davantage que les autres espèces, le sorgho fourrager monocoupe typé grain ayant une teneur en MAT de 7.56 % (soit 1.6 % de plus que le maïs fourrage) permet de produire plus de matière azotée à l'hectare.

## UNE VALEUR ALIMENTAIRE QUI DIMINUE AVEC L'AVANCÉE DES STADES

Des prélèvements de chaque graminée étudiée sur les plateformes d'acquisition aux stades : épis à 10 cm du plateau de tallage, dernière feuille étalée, épiaison et floraison ont permis de déterminer une cinétique d'évolution de leur Matière Azotée Totale (MAT) ainsi que de leur valeur énergétique (UFL/kgMS, référentiel INRA 2018) (Figure 5).

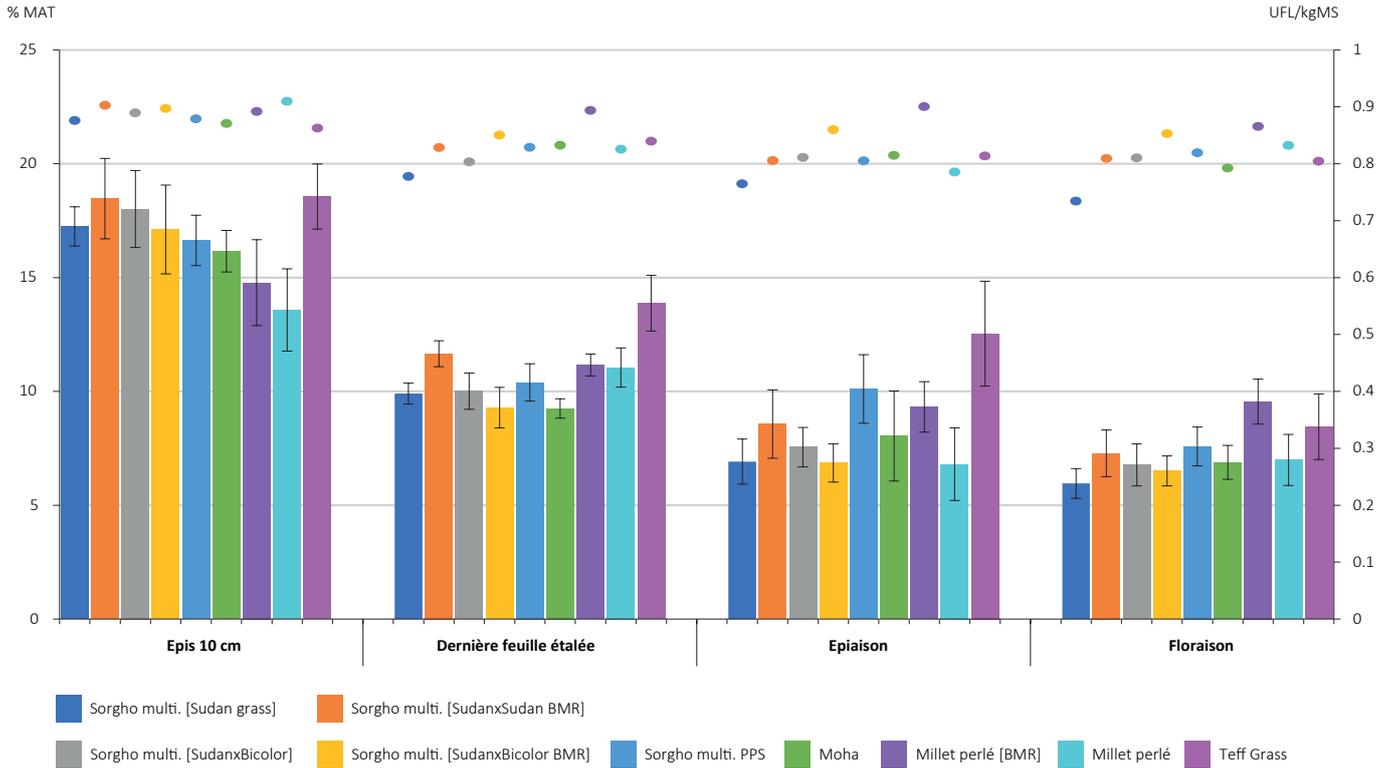
L'analyse en réseau stade par stade ne montre de différence significative entre espèce que pour les stades épiaison et floraison. En effet, à l'épiaison, le teff grass montre un meilleur niveau de MAT que le sorgho multicoupe Sudan non BMR et le sorgho multicoupe hybride BMR. A floraison, les deux sorghos cités précédemment ont

un taux de MAT significativement inférieur à celui du millet perlé BMR.

On observe très clairement qu'avec l'avancée des stades, la teneur en MAT diminue. Il semblerait que le meilleur compromis quantité - qualité soit entre le stade dernière feuille étalée et épiaison, comme pour les graminées prairiales. Le teff grass montre des teneurs en MAT globalement supérieures aux autres espèces.

Pour la valeur énergétique, la diminution s'effectue également surtout entre les stades épi à 10 cm du plateau de tallage et dernière feuille étalée.

5 Evolution de la teneur en MAT (% MS – avec écart type résiduel) et des UFL (INRA 2018) en fonction des stades de développement pour chaque graminée étudiée sur les plateformes d'acquisition.

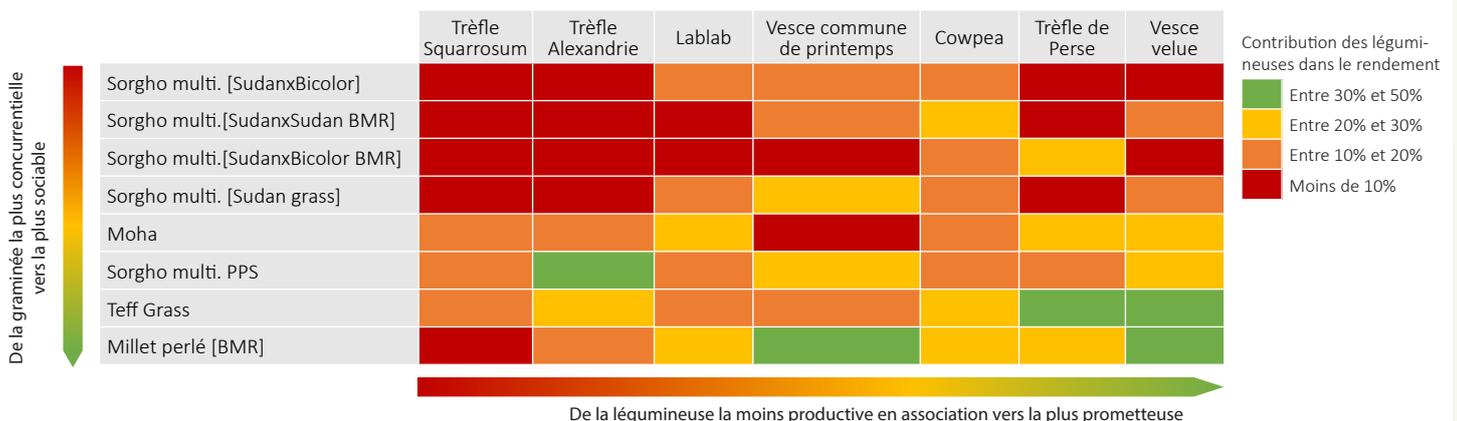


## UNE VALEUR AJOUTÉE DE L'ASSOCIATION D'UNE LÉGUMINEUSE DISCUTÉE

Malgré la diminution de la densité de semis des graminées lorsqu'elles étaient associées, les légumineuses n'ont pas réussi à exprimer leur potentiel (Figure 6). En effet, dans seulement à peine 1/3 des cas, la légumineuse associée à la graminée représente plus de 20 % du rendement, sans excéder les 50 %. Les associations avec le millet perlé et le teff grass (probablement moins concurrentiel du fait de leur hauteur de végétation) étaient celles où l'on retrouvait le plus les légumineuses. La vesce velue semble être la légumineuse

la plus prometteuse en association parmi celles testées. Tenant compte du coût de semence de ces légumineuses, la pertinence de leur association dans ce type de couvert à cette période de l'année est alors remise en cause. Cependant, les recherches sont en cours pour trouver un inoculum pour le lablab et le cowpea, ce qui pourrait permettre un développement plus favorable de ces espèces et par conséquent une meilleure contribution au rendement lors d'association avec une graminée.

6 Contribution des légumineuses dans le rendement sur le dispositif en damier des essais de démonstration pour le premier cycle de récolte



## CONCLUSION

La mise en place des cultures estivales est toujours dépendante d'un contexte pédoclimatique délicat. L'intérêt de valoriser de manière optimale ces cultures est essentiel pour la construction du stock fourrager mais également pour rentabiliser l'investissement (semences, mécanisation, temps de travail). Il est donc essentiel de semer ces cultures dans un sol qui a atteint une température suffisamment élevée (>12°C), tout en conservant une certaine fraîcheur pour assurer une germination rapide. Idéalement, cela devrait être réalisé dans la seconde quinzaine du mois de mai.

Cela signifie que les cultures fourragères estivales doivent être plantées soit après une prairie qui arrive en fin de vie, soit après une culture d'hiver comme le méteil fourragé récolté précocement ou le ray-grass italien. Une fois que les cultures sont implantées dans les meilleures conditions, un sol riche en matière organique favorisera leur croissance et aidera à prévenir le manque d'eau.

Malgré toutes ces précautions, ce projet démontre que l'association de légumineuses se justifie rarement en termes de contribution au rendement. Les graminées fourragères multicropes ont quant à elles réussi une fois levées à produire en quantité et qualité malgré des périodes de stress hydrique marqué (notamment en 2022).

Le suivi tout au long du premier cycle des graminées estivales étudiées mène à la même conclusion que les graminées prairiales en termes de qualité fourragère : la MAT décroît et le meilleur compromis quantité – qualité semble se situer avant épiaison. Les niveaux MAT étant moyens, ce type de fourrage pourrait convenir à des animaux à besoins modérés. Dans une stratégie de pâturage de ces espèces, l'intervention autour du stade épis à 10 cm du plateau de tallage peut convenir à des animaux à besoins élevés compte tenu des niveaux de MAT. Attention cependant à la hauteur des sorghos pour lesquels il est fortement déconseillé de les pâturer en-dessous de 60 cm (risque de toxicité).

Concernant les sorghos monocoupes, leur potentiel reste semblable voire en-deçà de celui d'un maïs fourrage. Par ailleurs, en dehors du sorgho monocoupe typé grain, il est difficile d'atteindre une teneur en matière sèche suffisante suffisamment tôt, pouvant alors entraîner des pertes de jus lors du stockage de l'ensilage issu.

## AUTRES SOURCES

- Vidéo réalisée dans le cadre du programme Herbe & Fourrages Centre Val de Loire : Quelles cultures fourragères estivales face au changement climatique ? - YouTube
- Note technique projets DEROB (Ferme Expérimentale des Bordes) et DEROTAL (INRAE Nouzilly) : NT\_2\_Les dérobées estivales\_Essais 2019-2020.indd (herbe-fourrages-centre.fr)
- Synthèse du projet DEROB 2019-2020 à la Ferme Expérimentale des Bordes : Microsoft Word - Synthèse cultures fourragères d'été 2019-2020\_vf (arvalis.fr)
- Brochure « Des Fourrages à pâturer en été : sorgho, millet, moha, teff grass » réalisée par le CIIRPO : [idele.fr/ciirpo/?eID=cmis\\_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fefe7dcd8-b104-4f6e-9064-dbb9f0d93f39&cHash=01f7d1f0f50e9e3d987966f4d83a799b](http://idele.fr/ciirpo/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fefe7dcd8-b104-4f6e-9064-dbb9f0d93f39&cHash=01f7d1f0f50e9e3d987966f4d83a799b)
- David Duchene, S. David, A. Savoie, E. Venturi, C. Staub. Grazing on summer catch crops in the Loire Valley region: DEROTAL. 26. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (3R 2022), INRAE; IDELE, Dec 2022, Paris, France. pp.Poster. [hal-04037792](https://hal-04037792)

## REMERCIEMENTS

Aux équipes des stations expérimentales et des lycées agricoles :

- EPLEFPA CarneJane (04)
- EPLEFPA Le Valentin (26)
- EPLEFPA Naturapolis de Châteauroux (36)
- Ferme Expérimentale caprine du Pradel (07)
- Ferme Expérimentale des Bordes (36)
- Ferme Expérimentale des Bouviers (56)
- Ferme Expérimentale du Mourier – CIIRPO (87)
- Unité Expérimentale Physiologie Animale de l'Orfasière - INRAE Centre-Val de Loire (37)
- LEGTPA de Magnac-Laval (87)
- Lycée Agricole et Forestier de Mirecourt (88)
- Lycée professionnel Agricole du Pays de Bray (76)
- Reine Mathilde (14)