

Autonomie protéique en élevage : associer une légumineuse tropicale au maïs fourrage

Le maïs fourrage est la culture estivale de référence, appréciée pour sa productivité et sa bonne valeur énergétique. Bien qu'il soit sensible au stress hydrique, il conserve une excellente efficacité photosynthétique en conditions chaudes, dès lors que l'eau est disponible. Son principal point faible reste cependant sa faible teneur en matière azotée, insuffisante pour couvrir les besoins des animaux qu'il alimente. Dans le cadre du projet CASDAR Tropicow, l'association du maïs fourrage avec le lablab, une légumineuse tropicale, a ainsi été étudiée en vue d'améliorer la teneur en matière azotée totale du fourrage récolté.

Conduite culturale de l'association maïs-lablab

Le lablab est une légumineuse tropicale qui pousse naturellement en Afrique subsaharienne et à Madagascar. Dans ces environnements, elle peut établir spontanément une symbiose avec des souches de rhizobium naturellement présentes dans le sol. En métropole, cette symbiose n'est pas possible sans inoculation. L'INRAE de Dijon a ainsi travaillé à isoler des souches efficaces pour permettre cette inoculation.

Le maïs et le lablab présentent des graines de taille similaire. Après inoculation du lablab, les deux espèces peuvent donc être mélangées puis semées en un seul passage à l'aide d'un semoir monograine pour maïs. Le maïs est alors semé à 85 % de sa densité optimale, tandis que le lablab est implanté à raison de 70 000 grains/ha, soit une densité totale dépassant les 150 000 grains/ha. Étant originaire de zones tropicales, l'association est généralement semée 10 à 15 jours après la période de semis des maïs seuls, afin de garantir une levée rapide et homogène.

L'association se prête bien au désherbage mécanique (herse étrille, houe rotative et/ou bineuse). En revanche, aucun produit phytosanitaire n'est actuellement homologué pour le désherbage du lablab, et les solutions disponibles sont très peu sélectives du lablab.

Le lablab étant une plante de jours courts, il ne fleurira pas sous nos latitudes. En association avec le maïs, il reste donc en croissance végétative continue sans entamer de phase reproductive. La récolte est ainsi pilotée classiquement par la maturité du maïs, soit à 32-33 % de matière sèche.

Le dispositif d'étude de l'association

Pour étudier la conduite de l'association maïs-lablab et les différents facteurs influençant sa mise en œuvre, deux dispositifs complémentaires ont été mobilisés.

D'une part, des bandes de suivi ont été implantées directement dans des parcelles d'agriculteurs afin d'étudier la faisabilité et le comportement de l'association à l'échelle réelle. Ces bandes d'essai permettaient de comparer le maïs pur à l'association maïs-lablab dans des conditions de terrain.

D'autre part, des essais en microparcelles, conduits en blocs randomisés avec répétitions, ont permis d'évaluer l'impact de plusieurs variables : l'inoculation du lablab, la souche de rhizobium utilisée, la variété de lablab et la densité de semis de cette légumineuse. Le détail des modalités est repris dans le Tableau 1.

Tableau 1. Modalités testées dans les dispositifs d'essais en microparcelles

Facteurs Testés	Modalité	Densité de semis du maïs	Densité Lablab (gr./m ²)	Variété lablab	Inoc.
Témoin	Témoin maïs pur	Pleine dose	-	-	-
	Maïs seul réduit	Dose réduite (-15%)	-	-	-
Inoculum	M + SUSTAIN 70 non inoc	Dose réduite (-15%)	70 000	SUSTAIN	NON
	M + SUSTAIN 70 inoc.	Dose réduite (-15%)	70 000	SUSTAIN	OUI
Densité de semis du lablab	M + SUSTAIN 50 INRA	Dose réduite (-15%)	50 000	SUSTAIN	OUI
	M + SUSTAIN 30 INRA	Dose réduite (-15%)	30 000	SUSTAIN	OUI
Variétés de lablab	M + OPALE 70 INRA	Dose réduite (-15%)	70 000	OPALE	OUI
	M + RONGAI 70 INRA	Dose réduite (-15%)	70 000	RONGAI	OUI

Les suivis ont été réalisés sur trois campagnes aux conditions climatiques contrastées : un été chaud et sec en 2022, un été légèrement au-dessus des normales en 2023, et un été frais et humide en 2024. Cinq essais ont été retenus dans les résultats de l'analyse présentée ci-dessous (Figure 1).



Figure 1. Répartition géographique des essais retenus pour l'analyse statistique.

Un réseau d'essais révélateur de points clés de la conduite

Au-delà des facteurs étudiés dans les dispositifs, le réseau de microparcelles et de bandes a permis d'identifier plusieurs points de vigilance dans la conduite de l'association maïs-lablab.

Certains essais ont présenté de mauvaises levées du lablab, probablement liées à des températures trop fraîches pour cette espèce tropicale. En 2022, ce phénomène a été aggravé par des épisodes de phytotoxicité liés à la réactivation d'herbicides racinaires suite à des pluies orageuses marquées. La sensibilité de la phase d'installation du lablab, combinée à un désherbage chimique très restreint, a pu entraîner des échecs de désherbage dans certains cas. Un semis dans un sol bien réchauffé, favorisant une levée rapide, semble donc recommandé.

En 2022 également, les semis ont été réalisés après une période marquée par des pics de chaleur et de stress hydrique précoce. Dans ce contexte, les échecs d'inoculation semblent plus fréquents, compromettant la mise en place de la symbiose et la capacité de fixation azotée du lablab.

Enfin, avec un semis de maïs à 85 % de la densité optimale et un lablab à 70 000 grains/ha, certaines machines ont atteint leurs limites techniques. Sur certains sites, le semoir n'a pas permis d'atteindre la densité totale visée, supérieure à 150 000 grains/ha. Lorsque ces modalités n'ont pas atteint la dose cible, les sites d'essai en question ont été exclus de l'analyse des résultats en microparcelles.

Bilan des performances de l'association maïs–lablab

Un rendement total à la baisse

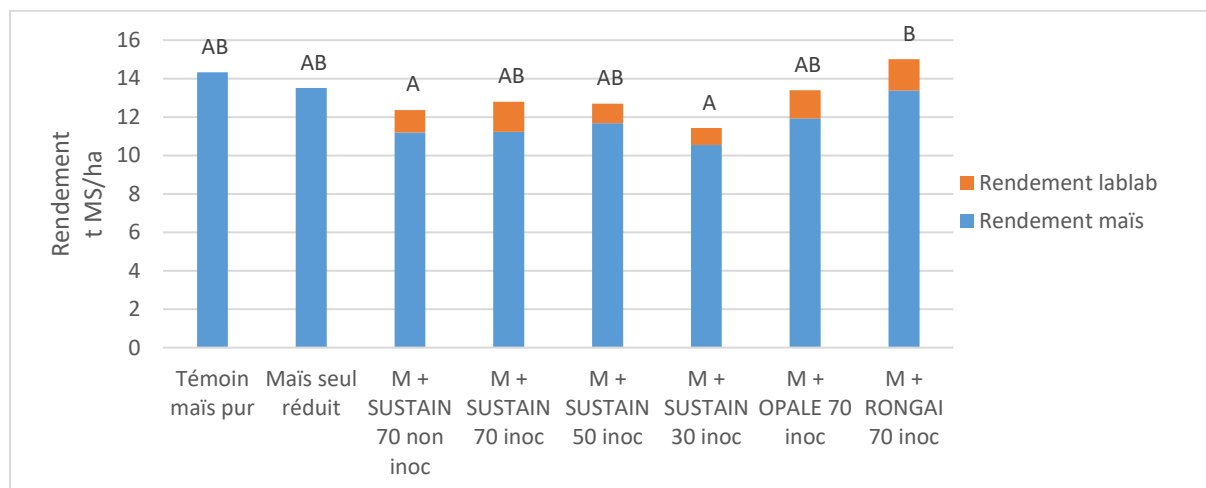


Figure 2. Rendement du maïs fourrage et du lablab dans le réseau d'essai microparcelles du CASDAR TROPICOW (5 essais retenus). Lettre = test de Tukey ($\alpha=5\%$)

La réduction de densité du maïs entraîne une baisse de rendement du maïs de 0,8 t MS/ha. Cette perte est accentuée de 2,3 t MS/ha par la concurrence exercée par le lablab, soit une diminution totale de 3,1 t MS/ha sur la composante maïs. Le lablab apporte en moyenne 1,6 t MS/ha, ce qui conduit à un rendement global de l'association inférieur de 1,5 t MS/ha par rapport au maïs pur. Le lablab représente alors entre 10 et 15 % de la biomasse récoltée.

L'inoculation du lablab, bien que non significative statistiquement, a permis un léger gain de rendement (+0,4 t MS/ha). La baisse de densité de semis du lablab est corrélée à une diminution de son rendement. En revanche, les trois variétés étudiées n'ont pas montré de différences marquées. Il convient toutefois de noter que la variété Rongai n'a été testée que sur un seul des cinq dispositifs inclus dans la synthèse.

Une amélioration modeste de la valeur azotée

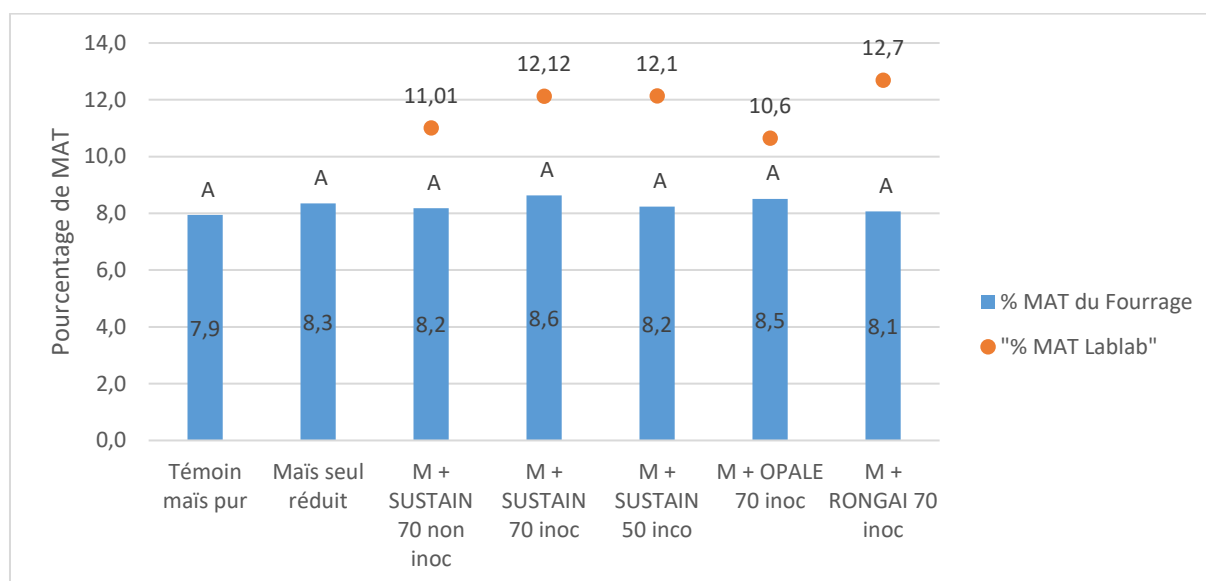


Figure 3. Teneur en MAT du Lablab (point orange) et du fourrage final (Histogramme bleu). Lettre = test de Tukey sur la MAT totale du fourrage ($\alpha=5\%$) (5 essais retenus)

La teneur en matière azotée totale (MAT) du lablab, bien que supérieure à celle du maïs, reste inférieure aux attentes pour une légumineuse, avec des valeurs comprises entre 10,6 % et 12,7 % de MAT. L'inoculation semble avoir un effet positif (+1,1 point de MAT), mais cette différence n'est pas significative. Combiné au gain de rendement, cela représente un gain de 63 kg de MAT/ha pour le lablab.

La densité de semis n'a pas eu d'effet significatif sur la teneur en MAT du lablab. Les écarts observés entre variétés semblent davantage liés à des effets de site et d'année qu'à de réelles différences génétiques. La variété Rongai, par exemple, n'ayant été testée que dans un seul essai présent dans cette synthèse. L'impact de l'association sur la teneur en MAT du fourrage final (maïs + lablab) reste modeste et non significatif : un gain de 0,7 point de MAT est observé avec l'association inoculée, par rapport à un maïs seul conduit à pleine dose.

Effets du co-ensilage maïs–lablab sur la digestion ruminale

En parallèle des essais au champ, un dispositif *in sacco* a été mis en place pour évaluer la digestibilité ruminale du lablab et de son mélange avec du maïs. Des co-ensilages ont été réalisés avec différentes proportions de lablab (0, 15, 33, 50 et 100 %) en mélange avec du maïs fourrage et fermenté 60 jours. La digestibilité ruminale de l'azote, de l'amidon et de la matière sèche a été mesurée chez des vaches fistulées.

Les résultats montrent que le co-ensilage n'affecte pas la digestibilité de l'azote ni celle de la matière sèche, qui évoluent de manière linéaire selon la proportion de chaque fourrage dans le mélange. Bien que cette méthode ne soit pas la référence pour l'évaluation de la valeur énergétique, une estimation basée sur la matière sèche digérée donne une valeur UFL de 0,93 pour le lablab utilisé dans ce dispositif. Une valeur bien supérieure aux références INRAE historiques. Cependant, avec un encombrement de 1.18 UEL/kg MS, l'intégration de lablab dans le fourrage diminue la densité énergétique du fourrage final (UFL/UFL). Pour une ration contenant 12 kg de maïs ensilage, le remplacement par un mélange maïs-lablab à 15% induirait une baisse d'environ 0,8 UFL pour un même encombrement.

Le résultat le plus inattendu concerne la dégradabilité de l'amidon, qui diminue nettement avec l'augmentation de la proportion de lablab. La digestibilité théorique de l'amidon (Dt Amidon),

initialement de 84,9 %, chute à 80,6 % avec 15 % de lablab, puis se stabilise autour de 74 % dès 33 % de lablab. Cette baisse de 11 points représente, pour un maïs contenant 30 % d'amidon, l'équivalent de 60 g de blé à ajouter par kilogramme de maïs dans la ration.

Bilan économique de la modalité maïs-lablab

À partir des résultats obtenus dans les dispositifs expérimentaux, il semble pertinent d'évaluer les coûts générés et les économies potentielles associées à l'implantation du maïs-lablab, en comparaison avec un maïs pur à pleine dose. Ce dernier, utilisé comme référence, a produit 14,3 tMS/ha avec une teneur en MAT de 7,9 %. La modalité testée avec lablab (var. Sustain inoculée) a permis d'atteindre 11,2 tMS/ha de maïs et 1,6 tMS/ha de lablab, soit un total de 12,8 tMS/ha à 8,6 % de MAT.

Plusieurs postes de coûts et d'ajustements sont à considérer :

- **Semences** : l'introduction du lablab engendre un surcoût, partiellement compensé par une économie de 15 % sur la dose de semences de maïs.
- **Valeur énergétique** : le mélange présente une densité énergétique inférieure à celle du maïs pur, avec un déficit de 0,06 UFL par kilogramme de fourrage intégré. Cela implique un besoin de complémentation énergétique, estimé à 20 g de blé/kg MS de fourrage distribué.
- **Valeur azotée** : la hausse de 0,7 point de MAT sur 12,8 tMS représente un gain d'environ 90 kg de MAT. Cette quantité est valorisée en équivalent tourteau de soja, et le besoin énergétique associé est corrigé via l'ajout de blé.
- **Rendement** : la baisse globale de rendement génère un déficit fourrager à combler par un achat extérieur, valorisé à 135 €/tMS.

L'ensemble de ces postes est synthétisé dans le Tableau 2, avec un résultat économique final négatif de 364 €/ha. Ainsi, malgré l'économie potentielle sur les concentrés azotés, la baisse de rendement et de valeur énergétique du fourrage associé annule ces bénéfices. Il est également important de noter que cette évaluation ne prend pas en compte la charge de travail supplémentaire, notamment le temps nécessaire à la préparation des semences de lablab ou le possible ralentissement du débit de chantier au semis et à la récolte.

Dans ces conditions, et en l'absence d'un maintien du rendement ou d'un réel effet sur la teneur en MAT du fourrage, l'association maïs-lablab, telle qu'expérimentée dans le cadre du projet TROPICOW, ne présente pas d'intérêt économique immédiat pour les élevages. Toutefois, plusieurs pistes d'amélioration méritent d'être approfondies. Il s'agira notamment d'optimiser l'efficacité de l'inoculation sur le terrain, dans l'objectif d'améliorer la teneur en MAT et le rendement du lablab. Par ailleurs, le positionnement de cette légumineuse tropicale au sein du système de culture pourrait être reconsidéré : d'autres modalités d'intégration, en dérobée ou dans des associations différentes, pourraient offrir des conditions d'expression plus favorables à ses atouts agronomiques et nutritionnels.

Tableau 2. Budget partiel du passage d'un maïs en culture pure vers une association maïs-lablab.

Charge en plus		Charges en moins	
Semences de Lablab + inoculum	100 €/ha	Semences de Maïs (-15%)	40 €/ha
Complément énergétique valeur du fourrage <i>20 kg blé x 12.8 tMS x 215 €/t blé</i>	55 €/ha	Complément azoté <i>+0.7pt MAT x 12.8tMS/ha = +90kg MAT/ha</i>	98 €/ha

		Soit 196 kg de tourteaux de soja 46% à 500 €/t
Complément énergétique retrait du soja <i>1kg tourteaux soja pour 1.06kg de blé Soit 208 kg blé x 215 €/t</i>	45 €/ha	
Complément de fourrage (pertes rendement) <i>-1.5 tMS/ha x 130€/tMS</i>	202 €/ha	
	+ 402 €/ha	-138 €/ha
+ 264 €/ha		