



Couverts végétaux

Evaluation de différents couverts végétaux en intercultures

2024

Claire GOILLON, APREL

Loïc BASNONVILLE, CETA du Soleil - Céline TARDY, CETA d'Eyguières

Essai rattaché au projet MACMA : Multiperformance Agroécologique des couverts végétaux dans les systèmes maraîchers sous abri, piloté par l'APREL.

Action A738-A739



Résumé

Augmenter la diversité et la proportion des couverts végétaux dans les cultures maraîchères est l'objectif du projet MACMA pour améliorer la durabilité.

Plusieurs essais d'intercultures ont été conduits en 2023 au sein du collectif de producteurs : graminées et légumineuses ont été testés seuls ou en mélange avec des doses de semis variables.

En 2024, un screening plus complet d'espèces a été réalisé. L'accent a été mis sur les légumineuses pour introduire cette famille peu utilisée dans les rotations maraîchères. Parmi le réseau de parcelles, 2 sites ont servi à la réalisation de screenings.

Les résultats confirment l'intérêt du sorgho ou du millet en mélange avec du Trèfle de Perse. La variété de sorgho ADV S5500 (Jumbo) a confirmé son intérêt pour la gestion des nématodes. La moutarde blanche Sinex et les radis fourragers Cobra et Structurator ont eu aussi un bon comportement sur le créneau estival. Enfin, le teff grass est une nouvelle espèce qui peut présenter un intérêt sur des cycles courts en conditions séchantes.

Mots-clés : couverts végétaux, biodiversité, adventices, sol, biomasse

Réalisé avec le soutien financier de :



1- Contexte et objectif de l'essai

Le projet MACMA a été construit pour développer les couverts végétaux dans les systèmes maraîchers sous abri et accompagner les producteurs dans la transition vers une agriculture durable et résiliente. Plusieurs axes de travail font l'objet d'expérimentations au sein du réseau des 4 parcelles de producteurs partenaires.

- Les couverts végétaux en inter-cultures
- Les couverts végétaux en inter-rang
- Les couverts végétaux sur rang

Lorsque les parcelles sont libres entre deux cultures au cœur de l'été, les maraîchers utilisent le sorgho fourrager pour entretenir leurs sols sur une période de 2 à 5 mois. Le sorgho est parfaitement adapté à la fois aux conditions de cultures chaudes et ensoleillées et aux objectifs agronomiques (production rapide de biomasse, possibilité d'une conduite multicoque, amélioration de la structure du sol, étouffement des adventices). Il a aussi les avantages d'une destruction aisée et d'un coût de semence faible. Cependant, la culture répétée d'une même espèce dans un système expose la production à certains risques notamment sanitaires.

L'objectif est donc de mettre à l'essai différents espèces végétales qui pourraient constituer une alternative au sorgho fourrager ou qui pourraient être mélangées afin d'apporter de la diversité dans les systèmes de culture. Les légumineuses sont particulièrement recherchées pour

Les critères agronomiques ciblés sont :

- Rapidité de levée et de développement
- Concurrence des adventices
- Croissance en conditions de fortes chaleurs et de fort ensoleillement
- Potentiel élevé de biomasse aérienne et souterraine
- Implantation et destruction aisées
- Peu attractif pour les bioagresseurs des cultures maraîchères

2- Facteurs et modalités étudiés

GRAMINEES

- **Sorgho fourrager** : *Sorghum bicolor*, 6 variétés sont testées.

Piper : Sudan-grass, variété générique du marché, rustique. PMG = 11.4g,

Srem : type Sudan, croissance rapide, très bonne tolérance au sec, fort tallage, adapté à la multicutte avec repousse rapide. PMG = 13.8g,

ADV S5500 (Jumbo) : Sorgho bicolor x hybride Sudan-grass, résistant aux nématodes et production

Sherkan : hybride Sudan x Sudan, BMR, tardif, très bonne vigueur au départ, rapide d'installation et très fort développement végétatif. Adapté à la multicutte, PMG = 18g

d'exsudats racinaires. Bonne tenue à la verse PMG = 32.4g,

Karim : hybride multi-coups avec une bonne tenue à la verse. PMG = 26g,

Bovital : hybride à haut potentiel de rendement. PMG = 23.6g,

- **Millet perlé** : *Pennisetum glaucum*, le millet est très proche du sorgho avec un port de plante souvent plus court, 3 variétés différentes.

ADR300 : propriétés anti-nématodes, variété utilisée dans des essais précédents PMG = 7.4g,

Epic : BMR, implantation rapide sur sol réchauffé, excellente aptitude à la repousse. Fort tallage, PMG = 8g.

Minotaure : forte production de biomasse en peu de temps, capacité de repousse très rapide. PMG = 11g,

- **Alpiste des canaries** : *Phalaris canariensis*, (PMG = 7g)
- **Teff grass** : Graminée *Eragrostis Teff*, variété *Moxie*. Végétation très fine, tolérante aux fortes températures et à la sécheresse. Peut être associé à du trèfle annuel (Herbataff), du sorgho (Moxie max) ou encore du moha (Moxie plus). PMG = 0.4g

CRUCIFERES

- **Moutarde** : *Sinapis alba*, 4 variétés testées.

Bardavos : moutarde blanche tardive permettant une couverture rapide du sol avec une bonne production de biomasse, propriété anti-nématodes. PMG = 6.8g),

Sinex : moutarde blanche très tardive de floraison, propriété anti-nématodes. PMG = 7g,

Terminator : moutarde brune tardive avec une bonne vitesse de développement et production de biomasse. PMG = 3g

Eline : Moutarde d'Abyssinie, la plus tardive des moutardes (PMG = 5g)

- **Radis fourrager** : *Raphanus sativus*, 3 variétés testées.

Romesa : effet nettoyant sur les adventices, bon piégeage des nitrates. PMG = 11g

Cobra : variété à cycle long PMG = 12.2g,

Structurator variété très tardive, pénétration du sol et restructuration hors norme, PMG = 15.2g

ASTERACEES

- **Nyger** : *Guizotia abyssinica*, variété *Naga*. Bien adapté aux conditions estivales et aux semis précoces après récolte. Résistant aux fortes températures et aux stress hydriques. Assure une action restructurante du sol grâce à sa racine pivotante (PMG = 2.8g)

LEGUMINEUSES

- **Crotalaire** : Légumineuse, *Crotalaria juncea*, variété *Crescent Sun*. Elle présente l'avantage d'appartenir à une famille différente du sorgho fourrager. PMG= 34g
- **Trèfle de Perse** : Légumineuse *Trifolium resupinatum*, variété *Maral*. Plante basse, pouvant être utilisée en mélange. PMG = 1.4g
- **Légumineuses tropicales** : **Lablab** (*Lablab purpureus* PMG = 222.4g) et **Niebe** (*Vigna unguiculata* cycle court. PMG = 60.2g). Ces variétés ont uniquement été évaluées en mélange car elles ne sont pas assez couvrantes pour établir une bonne couverture du sol à elles seules.

MELANGES

Des modalités supplémentaires sont testées en combinant plusieurs de ces espèces.

- Graminée (Millet, Sorgho) + Légumineuses (Trèfle de Perse, Crotalaire, Lablab ou Niebe)
- Mélanges commerciaux : Barmeteil sorghum (Sorgho, pois, trèfle d'Alexandrie), Moxie max (Teff grass + Sorgho Srem), Moxie plus (Teff grass + Moha) et Herbateff (Teff grass + Trèfle de Perse + Trèfle d'Alexandrie)

Les doses ont été choisies en fonction des résultats d'essais 2023 pour les espèces déjà testées. Sans référence sous abri, les doses ont été calculées en doublant la dose recommandée pour le fourrage de manière à assurer rapidement un couvert concurrentiel pour les adventices et assurer une biomasse suffisante.

Tableau 1 : Liste des modalités de couvert testés en 2024 sur 3 parcelles du collectif MACMA

Fournisseur	Espèce 1 – dose (kg)	Espèce 2 – dose (kg)	Espèce 3 – dose (kg)	Nb de graines/m²	Site 1	Site 2	Site 3
	Sorgho Piper 80			700	x	x	
CLF	Sorgho S5500 (Jumbo) 80			250	x	x	
Semental	Sorgho Karim 80			310		x	
Barenbrug	Sorgho Bovital 80			340	x	x	
Barenbrug	Sorgho Srem 80			580	x	x	
Semental	Sorgho Sherkan 80			445		x	
Sem de Provence	Millet Minotaure 50			455	x	x	
Semental	Millet Epic 50			625		x	
Caussade (Lidea)	Millet ADR300 50			680	x		
Barenbrug	Teff Moxie 20			5000	x	x	
Sem de Provence	Alpiste 40			570	x	x	
Sem de Provence	Nyger 20			715	x	x	
Sem de Provence	Moutarde Sinex 20			285	x	x	
Barenbrug	Moutarde Bardavos 20			294	x		
Semental	Moutarde Terminator 20					x	
Barenbrug	Radis Cobra 30			250	x	x	
Barenbrug	Radis Remesa 30			270	x	x	
Sem de Provence	Radis Structurator 30			200	x	x	
Caus. / Semillas	Millet ADR300 30	Crotalaire 50		270		x	x
CLF / Semillas	Sorgho S5500 40	Crotalaire 40		240	x		x
Caus / Sem de Pr	Millet ADR300 25	Trèfle de P 25		2130	x	x	
Barenbrug	Teff grass 20	Moha 20		~5000	x	x	
Barenbrug	Teff grass 12	Sorgho Srem 88		~3000	x		
Semillas / Sement	Crotalaire 50	Lablab 60		174		x	
Semental	Sorgho Karim 40	Lablab 50		177		x	
Semental	Sorgho Karim 40	Niébé 50		238		x	
Barenbrug	Teff grass 10	Trèfle de P 10	Trèfle Alex. 10	~3000	x	x	
Barenbrug	Sorgho Srem 52	Pois four. 40	Trèfle Alex. 8	~500	x		
Sem de Pr/ Caus	Gesse 50	Millet ADR300 20	Trèfle de P 20	1729		x	

3- Matériel et méthodes

3.1- Site d'implantation

Les essais sont réalisés sur 3 sites à des dates de semis différents.

Tableau 2 : caractéristique des sites d'essai

Site	Abri	Surface d'essai	Date de semis	Mesure de biomasse	Durée du couvert
1 - Tarascon	Tritunnel	587 m ²	07/05	18/06	30 j (6 sem)
2 - Châteaurenard	Multichapelle	840 m ²	29/05	16/07	47 j (6-7 sem)
3 - Lambesc	Tunnels	1300m ²	12/07	2/09	52 j (7-8 sem)

Particularités des différents sites :

Sur le site de Tarascon, il n'y a pas eu de cultures avant le semis de couverts végétaux (parcelle non exploitée temporairement). Après le semis à la volée, un passage au semoir à vide permet d'enfouir les graines légèrement en surface. La conduite d'arrosage a consisté à arroser 2h au semis puis 1h à 1h30 pendant 3-4j puis environ 2h/semaine. Le couvert végétal a été broyé à 6 semaines puis laissé en repousse. Seule la biomasse de 1^{re} coupe est estimée. Sur ce site, les réserves nutritives sont moyennes à faibles.

Sur le site de Châteaurenard, le couvert est installé entre 2 cultures de laitue. La spécialisation sur cette culture oriente le choix des couverts vers des espèces avec un effet sur les champignons du sol comme la fusariose (crucifères). Un broyat de déchet vert de 30 à 40 t/ha est apporté juste après le semis. Après le broyage du couvert une solarisation est mise en place jusqu'à la prochaine plantation de salade. Sur ce site, les réserves nutritives sont moyennes à fortes.

Sur le site de Lambesc, le semis a été réalisé par le producteur.

3.2- Dispositif expérimental

Chaque dispositif est adapté aux contraintes des exploitations. Compte tenu des microparcelles, le semis est fait à la volée. Pour les petites graines, les semences sont mélangées au préalable avec de la terre fine pour homogénéiser le semis

A Tarascon (ci-contre), un tiers d'un tritunnel est exploité et chaque modalité représente 28m². Les 2 chapelles de bordure sont semées avec le sorgho témoin Piper.

NORD		largeur 9,60 m	
		4,8	4,8
Mélange témoin : Moutarde + Radis Fourrager	Bordure		
	Millet + TP	Moutarde Sinex	double semis
	Millet Epic	Moutarde Eline	
	Millet Minotaure	Moutarde Terminator	non semé
	Herbataeff	Moutarde Bardavos	
	Moxie plus	Crot + Millet	
	Moxie max	Barmeteil	Mélange témoin
	Teff grass	Gesse + Millet + TP	Moutarde + Radis Fourrager
	Alpiste	Lablab + crotalaire	
	Sorgho Srem	Lablab + sorgho	
	Sorgho Piper	Niebe + sorgho	
	Sorgho Sherkan	Nyger	
	Sorgho Bovital	Radis Cobra	
	Sorgho Jumbo	Remesa	
	Sorgho Karim	Structurator	
	Bordure		

largeur 22m

4

4

Sorgho PIPER	Moxie max	Moxie +	Sorgho PIPER
	Teff	Herbateff	
	Millet + TP	Alpiste	
	M Minotaure	Mout Bardavos	
	M ADR	Mout Sinex	
	S + Crot	R Cobra	
	S S5500	R Remesa	
	S Piper	R Structurator	
	S Srem	Barmeteil sorg	
	S Bovital	Nyger	

OUEST

A Châteaurenard (ci-contre), une chapelle au milieu de la multichapelle est consacrée à l'essai et chaque modalité représente 30 m².

Les chapelles de bordure sont semées avec un mélange Moutarde + radis fourrager.

Une erreur de semis a généré la perte de 2 modalités de moutardes (Bardavos et Eline).

A Lambesc, les 2 modalités sont évaluées à l'échelle de 2 tunnels complets de 650 m²

3.3- Observations et mesures

Observations qualitatives : le passage régulier dans les parcelles permet de suivre le développement général du couvert (hauteur,), le comportement en fonction des conditions pédoclimatiques et les problématiques sanitaires. L'estimation de la densité de couverture et d'adventices est réalisée sur une échelle de 1 (faible) à 5 (forte)

Mesures de biomasse : pesée avant broyage de la biomasse aérienne fraîche dans un quadrat de 0.25 m². Le nombre de modalités ne nous permet pas de répéter les mesures pour chaque modalité. La matière sèche d'un échantillon de chaque modalité est évaluée après passage à l'étuve durant 2j à 60°C

Mesures du taux de levée : un comptage du nombre de plantes dans les quadrats permet d'estimer la densité de plantes

Observation des racines : caractérisation (fasciculé, pivotant, volume, longueur, présence de nodules...)

4- Résultats

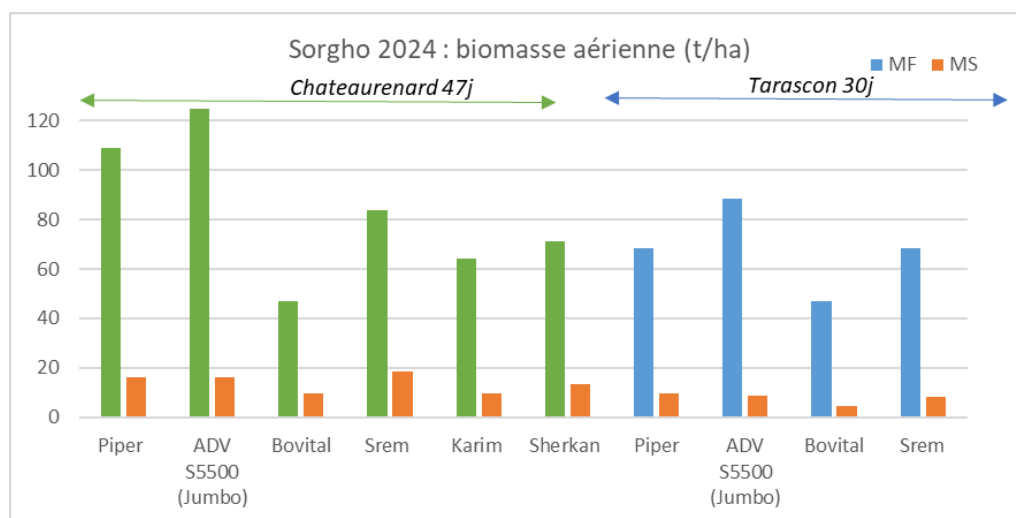
L'ensemble des mesures réalisées ne permet pas de fournir des références très précises du fait du manque de répétition et de l'hétérogénéité de développement dans une parcelle de producteur. Cependant, elle permet d'observer ces espèces en conditions de production et d'en tirer des informations de faisabilité. Le site à Châteaurenard a permis globalement une production plus importante de biomasse du fait d'un sol plus riche et entretenu mais aussi d'une durée de cycle plus longue (+2 sem)

4.1- Evaluation de couverts à base de graminées

➤ Sorgho fourrager seul

Site	Variété	Dose (kg/ha)	Nb graines/m² théorique	% levée	Poids/plant (en g)	MF (en t/ha)	% MS	MS (en t/ha)	Densité couvert*	Densité adventices*
Châteaurenard	Piper	80	702	67	14,8	108,8	15%	16,3	5	1
	ADV S5500 (Jumbo)	80	247	57	32,3	124,6	13%	16,2	5	1
	Bovital	80	339	45	47,7	46,8	21%	9,8	5	1
	Srem	80	580	100	37,5	84	22%	18,5	5	1
	Karim	80	308	52	40	64	15%	9,6	5	1
	Sherkan	80	444	100	13,5	71	19%	13,5	5	1
Tarascon	Piper	80	702	81	12	68,4	14%	9,6	5	1
	ADV S5500 (Jumbo)	80	247	83	43,4	88,6	10%	8,9	5	1
	Bovital	80	339	61	22,6	47	10%	4,7	5	1
	Srem	80	580	74	15,8	68,4	12%	8,2	5	1

*Notation de 1 (faible) à 5 (fort) en fin de cycle



Tous les sorghos sont semés à 80 kg/ha, ce qui est une dose plus élevée que la référence plutôt à 50 kg/ha. La densité de plants varie beaucoup du fait de la taille variable des graines selon les variétés : Piper (sorgho type Sudan) a les graines les plus petites et donc la densité de graines la plus élevée, suivi de Srem et Sherkan (hybrides Sudan) puis de Karim, ADV S5500 et Bovital (hybrides sorgho grain).

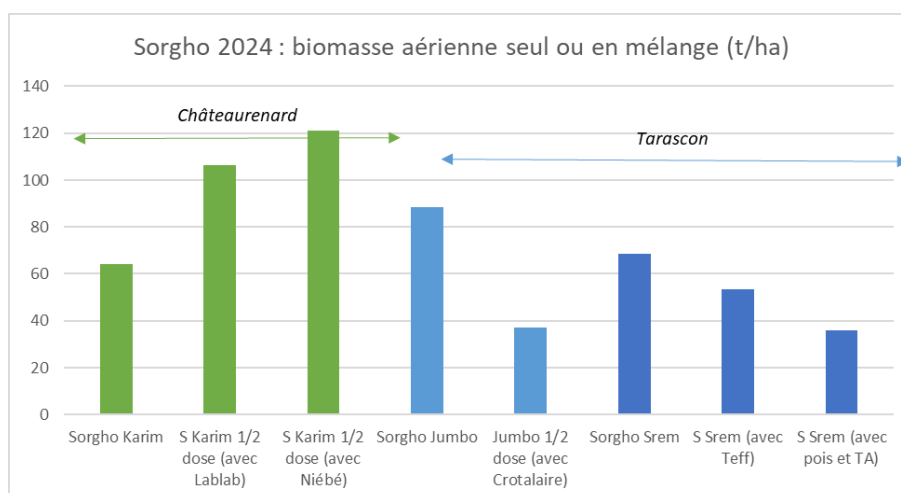
Les conditions de semis ne semblent pas favoriser la germination des grosses graines sur le site de Châteaurenard, alors qu'il y a moins de différence sur le 2^e site.

- **Biomasse** : Toutes les variétés ont une forte production de biomasse entre 50 t/ha (Bovital) et 125 t/ha (ADV S5500) de matière fraîche. La variété Bovital est la moins productive. Sur les 2 sites, la variété ADV S5500 (Jumbo) est très performante avec un poids moyen par plant de 30 à 40g mais un % de matière sèche relativement faible. Pour les variétés avec une génétique Sudan grass (plants plus fins) Srem et Sherkan semblent être de bonnes alternatives à la référence Piper.
- **Hauteur** : très comparables entre variétés. 1.5 m au bout de 6 semaines à Tarascon et 2 m à Châteaurenard. Les variétés Srem, Bovital et Sherkan sont légèrement plus basses. Piper est souvent le plus haut.
- **Racines** : fasciculées, plus ou moins fournies. Développement entre 15 et 25 cm de long.
- **Sensibilité** : du fait des fortes densités de semis et des conditions poussantes sous abri on a observé de la verse dans le couvert : Piper, Sherkan et Bovital sont les plus sensibles. La tige marque un coude au pied.
- **Adventices** : Toutes les variétés de sorgho ont un bon taux de recouvrement. Karim, Bovital et ADV S5500 marquent une moins bonne concurrence au début du couvert du fait de la densité moins importante. Cependant, les adventices sont rapidement étouffées par le couvert. Quelles que soient les modalités de sorgho, en mélange ou seul, le recouvrement est optimal.

➤ Sorgho fourrager en mélange

Site	Modalité	Dose sorgho (kg/ha)	Dose esp 2/3 (kg/ha)	% levée	Poids/plant (en g)	MF sorgho (en t/ha)	MF mélange (en t/ha)	Densité couvert*	Densité adventices*
Châteaurenard	Sorgho Karim + Lablab	40	50	100	46.6	106.2	109	5	1
	Sorgho Karim + Niebe	40	50	100	50.4	121.0	126.2	5	1
Tarascon	Sorgho ADV S5500 + Crotalaire	40	40	72	42.3	37.2	40.4	5	2
	Sorgho Srem + Teff	28	12	100	22	53.6	56.2	5	1
	Sorgho + TA +Pois	52	8/40	100	10.9	36	45.2	5	1

*Notation de 1 (faible) à 5 (fort) en fin de cycle



Suite aux bons résultats de 2023, le mélange du sorgho avec une légumineuse a été travaillé. Les résultats à Châteaurenard confirment l'augmentation de la biomasse du sorgho lorsqu'il est associé à une légumineuse (Lablab ou Niebe) alors qu'il est semé à demi-dose. Sur le site de Tarascon, l'association du sorgho ADV S5500 (Jumbo) avec la crotalaire ou du sorgho Srem avec le pois et la gesse ne vont cependant pas dans ce sens. En association avec le teff, la biomasse produite est assez comparable au sorgho seul.

➤ **Millet perlé**

Etude de 3 variétés de Millet

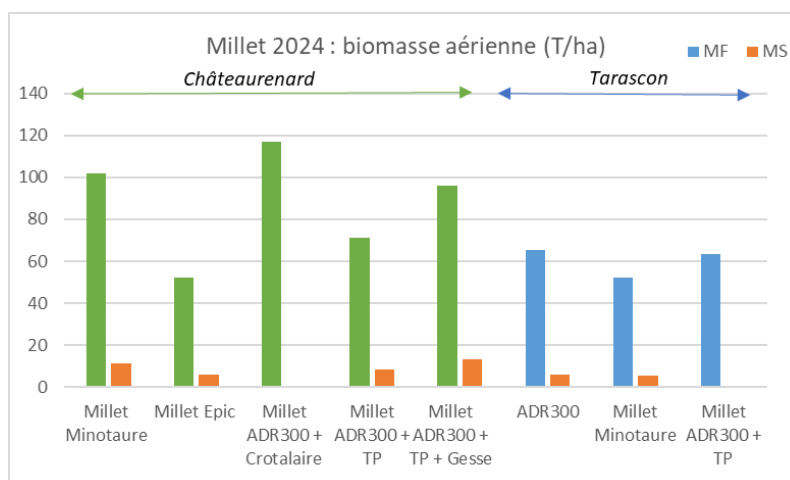
Site	Variété	Dose (kg/ha)	Nb gr/m ² théorique	% levée	Poids/plant (en g)	MF (en t/ha)	% MS	MS (en t/ha)	Densité couvert*	Densité adventices*
Châteaurenard	Minotaure	50	455	47	47,1	101,8	11%	11,2	5	1
	Millet Epic	50	417	74	17	52,4	11%	5,8	5	1
Tarascon	ADR300	50	676	71	13,6	65,4	9%	5,9	5	1
	Minotaure	50	455	66	17,5	52,4	10%	5,2	5	1

*Notation de 1 (faible) à 5 (fort) en fin de cycle

Etude du millet ADR300 en mélange

Site	Modalité	Dose Millet (kg/ha)	Dose esp 2/3 (kg/ha)	% levée	Poids/plant (en g)	MF Millet (en t/ha)	MF mélange	Densité couvert*	Densité adventices*
Châteaurenard	Millet ADR300 + Crotalaire	30	50	73	39,5	116,8	120,4	5	1
	Millet ADR300 + TP	25	25	93	22,6	71,4	75	5	1
	Millet ADR300 + TP + Gesse	20	20 / 50	90	15,8	96,2	100	5	1
Tarascon	Millet ADR300 + TP	25	25	75	25,2	63,6	64	5	1

*Notation de 1 (faible) à 5 (fort) en fin de cycle



Le millet seul est semé à 50 kg/ha ce qui est une forte densité (référence 35 à 40 kg/ha sous abri). En association avec le trèfle, il est semé à moitié dose (25 kg/ha). Le taux de levée est plutôt satisfaisant et assez comparable entre les 2 sites. La variété Minotaure a une germination plus difficile, qui a été compensée par des plantes plus trapues (17,5 à 47 g/plant contre 14 à 22 g/plant pour les autres modalités).

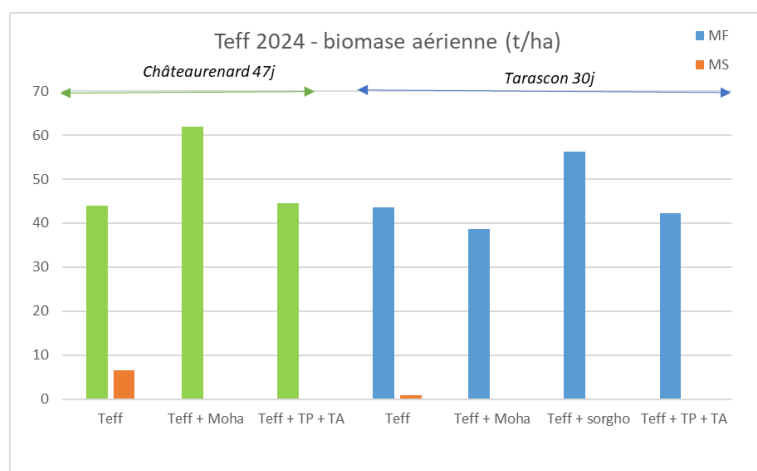
- **Biomasse** : La biomasse produite par les millets est équivalente à celle du sorgho : entre 52 et 100 t/ha. La variété Epic se distingue par une biomasse plus faible dans nos essais. L'association avec une légumineuse semble bénéfique à la production de biomasse du millet : on obtient une production de MF équivalente avec une dose réduite de moitié. Les plants sont plus trapus (>20 g/plant).
- **Hauteur** : Le millet a atteint 75 cm à Tarascon et 175 cm à Châteaurenard. Cet écart important entre les 2 sites laisse supposer que le millet est plus sensible que le sorgho à la richesse du sol, notamment la variété Epic plus basse que Minotaure, moins poussante
- **Racines** : fasciculées comme le sorgho, plus ou moins fournies. Développement entre 10 et 15 cm de long.
- **Sensibilité** : pas de verse observée à Châteaurenard. A Tarascon, la variété ADR300 présente une verse importante et des chloroses sur les pointes. Associé au trèfle, la verse n'est pas observée (densité plus faible) mais les chloroses sont aussi présentes

- **Adventices** : La variété Minotaure a moins bien assuré la concurrence des adventices au début du couvert et laissé le pourpier se développer (Tarascon). Toutefois, quelles que soient les modalités, la densité de couvert est optimale au moment du broyage et a permis de maîtriser les adventices
- **Epiaison** : A Châteaurenard, Epic présentait une épiaison à 30% et Minotaure à 15% environ au moment de la coupe. Pas d'épiaison sur les autres variétés

➤ Teff grass

Site	Modalité	Dose Teff (kg/ha)	Dose esp 2/3 (kg/ha)	MF mélange (en t/ha)	Densité couvert*	Densité adventices*
Châteaurenard	Teff	20		44	5	1
	Teff + Moha	20	20	62	5	1
	Teff + Sorgho Srem	12	28	NE	5	1
	Herbateff (Teff + TP + TA)	10	10 / 10	44.6	5	1
Tarascon	Teff	20		43.6	5	1
	Teff + Moha	20	20	38.6	5	1
	Teff + Sorgho Srem	12	28	56.2	5	1
	Herbateff (Teff + TP+TA)	10	10 / 10	42.2	5	2

*Notation de 1 (faible) à 5 (fort) en fin de cycle



Le teff grass a été semé en pur à 20 kg/ha (environ 5000 graines/m²). La plante a germé très rapidement et a assuré un couvert intégral avec une végétation dense et très fine. Au bout de 3 semaines, on note une tendance à s'aplatir (plantes très fines), ce qui augmente le pouvoir de couverture du sol mais peut générer le maintien d'humidité et le développement de champignons. Les arrosages doivent être réduits pour cette espèce adaptée à la sécheresse

- Biomasse : 44 T/ha sur les 2 sites (poids moyen de 1 à 2 g/plant).
- Hauteur : 43-45 cm.
- Racines : système très fasciculé avec beaucoup de racelles, peu profond (7 cm)
- Adventices : très bonne concurrence des adventices.

En mélange avec du sorgho (Moxie max), le teff est rapidement étouffé et disparaît. Cette modalité a montré une moins bonne concurrence contre les adventices au départ (du fait de la densité de graines plus faible) mais le couvert de sorgho a ensuite compensé les espaces vides.

Avec du Moha (Moxie plus), le comportement est meilleur en termes de couverture du sol, par contre l'épiaison du teff et du Moha sont observés au bout de 30j, ce qui oriente ce couvert pour des cycles courts.

Avec du trèfle (Herbateff), le comportement du teff à ½ dose est similaire au teff seul, ce qui permet d'envisager l'introduction de légumineuse tout en assurant une bonne couverture de sol.

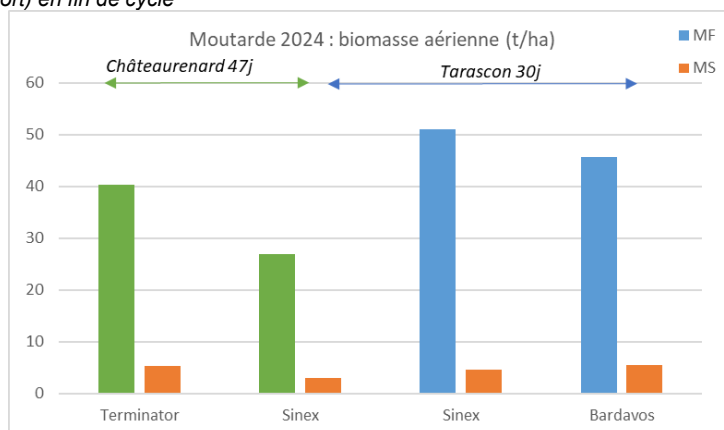
4.2 - Evaluation de couverts à base de crucifères

➤ Moutarde

L'intérêt des crucifères est de produire des composés soufrés qui ont un effet assainissant une fois la végétation enfouie dans le sol. Leur système racinaire pivotant permet un bon décompactage du sol. Par ailleurs certaines variétés ont des propriétés anti-nématodes (Bardavos, Sinex). La durée du cycle pour atteindre la floraison est très variable d'une espèce à l'autre et peut être très rapide en été sous abri. L'objectif est d'arriver le plus tard possible en floraison.

Site	Modalité	Dose kg/ha	Nb gr/m ² théorique	% levée	Poids/plant (en g)	MF (en t/ha)	% MS	MS (en t/ha)	Densité couvert *	Densité adventices*	Stade au broyage
Château renard	M brune Terminator	20	286	63	22,4	40,4	13%	5,252	5	2	Fin floraison, 1res gousses
	M blanche Sinex	20	286	50	18,8	27	11%	2,97	3	4	Floraison 90%
Tarascon	M blanche Sinex	20	286	32	55,4	51	9%	4,59	5	1	Floraison <10%
	M blanche Bardavos	20	294	57	27,1	45,6	12%	5,472	5	1	100% floraison, 1res gousses

*Notation de 1 (faible) à 5 (fort) en fin de cycle



Toutes les variétés de moutarde sont semées à 20 kg/ha, représentant environ 300 graines/m². Les dimensions des graines sont très comparables (PM de 7g environ). On constate un taux de levée faible à moyen sur les 2 sites. La variété Sinex a eu plus de manque que les autres.

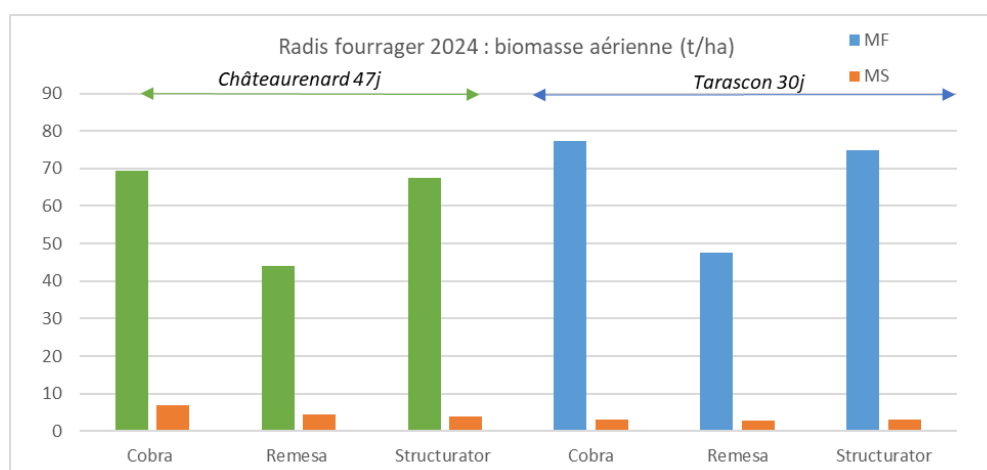
- **Biomasse** : La biomasse produite par les moutardes est plus importante sur le site de Tarascon, malgré le cycle plus court. Elle atteint 30 à 50 t/ha de matière fraîche. Les plantes pèsent entre 18 et 27 g et ont atteint 55g lorsque la densité était plus faible (Sinex/Tarascon). On note sur Bardavos des tiges assez denses et des grandes feuilles qui occasionnent le développement de champignons au sol.
- **Hauteur** : Les moutardes atteignent environ 1m. La variété Terminator est plus haute que les autres (140 cm)
- **Racines** : fasciculées comme le sorgho, plus ou moins fournies. Développement entre 10 et 15 cm de long.
- **Sensibilité à la verse** : Avec ses grandes tiges, Bardavos a marqué un peu de verse.
- **Adventices** : On note une faible concurrence avec les adventices sur le site de Châteaurenard, en particulier Sinex mais sur le site de Tarascon, la couverture a été bonne pour les 2 variétés.
- **Floraison** : Sinex ressort comme la variété la plus tardive dans cet essai

➤ Radis fourrager

Comme pour les moutardes, l'intérêt des radis fourragers est de produire des composés soufrés qui ont un effet assainissant une fois la végétation enfouie dans le sol. Leur système racinaire pivotant permet un bon décompactage du sol. Par ailleurs certaines variétés ont des propriétés anti-nématodes à kystes (Cobra). La durée du cycle pour atteindre la floraison est très variable d'une espèce à l'autre et peut être très rapide en été sous abri. L'objectif est d'arriver le plus tard possible en floraison.

Site	Modalité	Dose (kg/ha)	Nb gr/m ² théorique	% levée	Poids/plant (en g)	MF (en t/ha)	% MS	MS (en t/ha)	Densité couvert*	Densité adventices*	Stade au broyage
Châteaurenard	Cobra	30	246	44	64,3	69,4	10%	6,94	5	2	100% gousses
	Remesa	30	273	31	52,3	44	10%	4,4	4	3	100% gousses
	Structurator	30	197	89	38,4	67,6	6%	4,056	3	4	Début floraison
Tarascon	Cobra	30	246	59	53,8	77,4	4%	3,096	5	1	Floraison 10%
	Remesa	30	273	19	91,5	47,6	6%	2,856	5	1	Floraison 100%
	Structurator	30	197	65	58,4	74,8	4%	2,992	5	1	Pas de fleur

*Notation de 1 (faible) à 5 (fort) en fin de cycle



Toutes les variétés de radis sont semées à 30 kg/ha, représentant environ 200 à 300 graines/m². Structurator a des graines plus grosses qui réduisent la densité finale. Le taux de levée observé dans nos essais est très hétérogène mais la tendance qui ressort est Structurator (bonne levée) > Cobra > Remesa. Les poids moyens des plants sont très élevés de 50 à 90 g/plant.

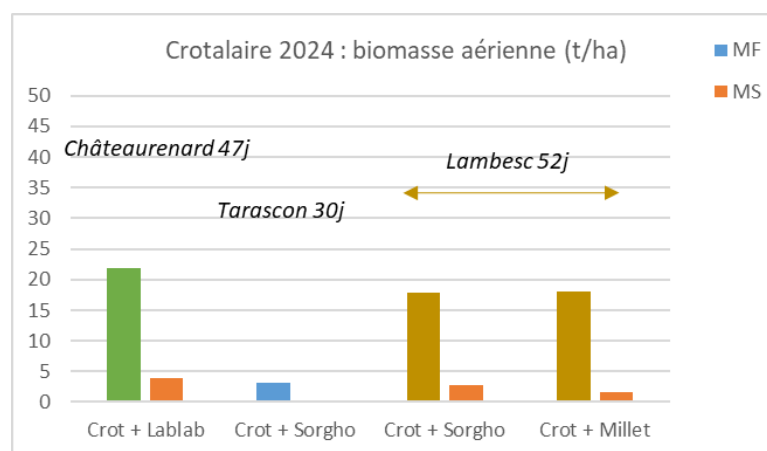
- **Biomasse** : La biomasse produite par les radis est comparable sur les 2 sites et suit la même tendance avec Remesa moins productive que les 2 autres variétés.
- **Hauteur** : Le radis fait partie des espèces de couvert inférieures à 1m de haut. La variété Structurator est plus basse que les autres (50 cm).
- **Racines** : pivot important de 18 à 20 cm. La variété Cobra présente en plus des radicelles. Structurator présente le plus gros pivot (28 cm de long) mais aucune radicelle.
- **Sensibilité** : pas de sensibilité à la verse mais une attractivité très forte pour les punaises, altises et autres ravageurs. Des champignons se développent au niveau du sol du fait des feuilles larges couvrantes et du maintien de l'humidité, en particulier pour Cobra et Structurator. On note une sensibilité à la chlorose pour Structurator (et Cobra dans une moindre mesure).
- **Adventices** : Différence importante entre les sites. A Tarascon, la couverture du sol est excellente quelle que soit les variétés et les adventices sont bien maîtrisées par ce couvert. A Châteaurenard, Cobra est la variété la plus couvrante mais elle laisse passer les adventices en 2^e partie de cycle. Structurator est le moins performant sur ce point.
- **Floraison** : de la plus précoce à la plus tardive : Remesa (précoce) < Cobra < Structurator (tardive).

4.3 - Evaluation d'autres couverts

➤ Crotalaire *C.juncea*

La crotalaire a été moins présente dans le screening en 2024 du fait des essais des années précédentes qui n'ont pas donné satisfaction. La variété Crescent Sun est testée en mélange avec le sorgho ADV S5500 (Jumbo) et le millet ADR300 à Lambesc sur des tunnels entiers avec un objectif de gestion des nématodes. Ces 3 espèces sont référencées pour leurs propriétés contre nématodes à galle.

Site	Modalité	Dose (kg/ha)	Nb graines/m ² théorique	% levée	Poids/plant (en g)	MF (en t/ha)	% MS	MS (en t/ha)
Châteaurenard	Crot + Lablab	50	147	NE	NE	21,8	18%	3,924
Tarascon	Crot + Sorgho	40	118	54	5	3,2	9%	0,288
Lambesc	Crot + Sorgho	40	118	82	18,4	17,8	16%	2,848
	Crot + Millet	50	147	100	9,6	18	9%	1,62



Les doses testées vont de 40 à 50 kg/ha (120 à 150 graines/m²). Le taux de levée n'est pas toujours satisfaisant comme à Tarascon en association avec le sorgho où la crotalaire s'est très peu développée (plants peu nombreux, étiolés)

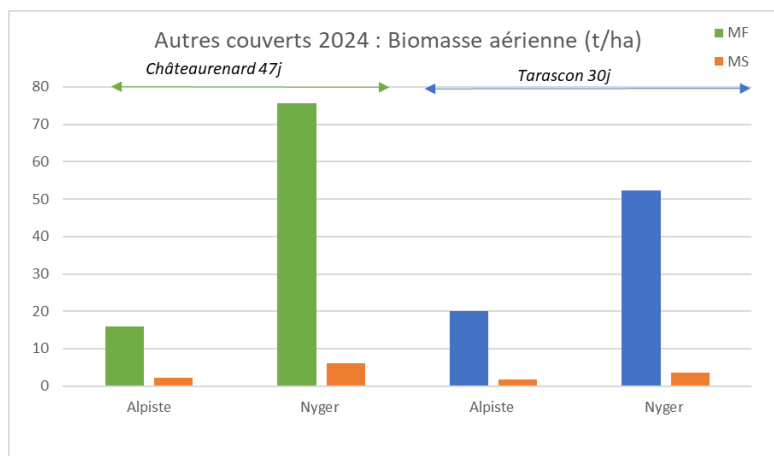
- **Biomasse** : La crotalaire est capable de produire 18 à 22 t/ha en mélange dans nos essais lorsque le couvert dure plus d'un mois. Les plants font de 10 à 20g
- **Hauteur** : 1,50 m et plus dans tous les sites, aussi haut que les graminées
- **Racines** : pivot fin de 10 à 15 cm

➤ Nyger, Alpiste

D'autres espèces moins référencées, orientées sur un développement estival ont été testées : l'alpiste des Canaries (graminée) et le Nyger (Asteracées). Les densités de semis ont été doublées par rapport aux références données en plein champ pour les fourrages.

Site	Modalité	Dose (kg/ha)	Nb graines/m ² théorique	% levée	Poids/plant (en g)	MF (en t/ha)	% MS	MS (en t/ha)	Densité couvert*	Densité adventices*
Châteaurenard	Alpiste	40	571	74	3,8	16	14%	2,24	3	4
	Nyger	20	714	71	14,9	75,6	8%	6,048	4	1
Tarascon	Alpiste	40	571	53	6,6	20	9%	1,8	4	4
	Nyger	20	714	35	20,7	52,2	7%	3,654	5	1

*Notation de 1 (faible) à 5 (forte) en fin de cycle



L'alpiste des canaries n'a pas donné satisfaction : couvert très parsemé, très peu concurrentiel des adventices, arrivé en épiaison très vite et sensible à la rouille. La biomasse produite par ce couvert a été très faible sur les 2 sites.

- Biomasse : 16 à 20 T/ha. Poids moyen de 4 à 7 g/plant
- Hauteur : 90 cm.
- Racines : système fasciculé peu profond (7 cm).

Le Nyger, semé à 20 kg/ha (714 graines/m²) a montré un développement important et une forte production de biomasse, très concurrentiel des adventices à cette densité, même si on a noté une hétérogénéité de développement

- Biomasse : 52 à 76 T/ha selon les sites avec un poids moyen de 15 à 20 g/plant. Cette espèce présente un très faible taux de matière sèche (7 à 8%). La végétation est très humide.
- Hauteur : ce sont des tiges assez hautes (1.20 m) qui ont tendance à se coucher (densité trop forte ?)
- Racines : système très fasciculé plongeant jusqu'à 25 cm avec une densité de racinelles très importante

Le Nyger est de la famille des asteracées comme la laitue cultivée et n'est pas recommandée dans des systèmes spécialisés en laitue ou avec des rotations importantes en laitue.

4.4 – Estimation des restitutions minérales

La méthode MERCI a été développée en 2010 par la Chambre d'Agriculture Nouvelle Aquitaine. A partir des mesures de biomasse végétale effectuées au champ (Matière fraîche ou matière sèche), elle permet d'estimer les teneurs N, P, K, S et Mg fournies par le couvert après destruction. Cela peut permettre d'évaluer la valeur fertilisante des couverts et conduire à la réduction des engrais apportés sur les cultures suivantes.

La méthode n'est pas paramétrée pour les couverts sous abris, ce qui implique des références peu adaptées pour les créneaux de couverts impliquant un cycle de croissance atypique. Néanmoins, il nous a semblé intéressant d'intégrer les mesures des essais dans ce logiciel pour les espèces seules.

Les paramètres suivants ont été utilisés :

- Sol limono argilo calcaire avec RU>100
- Valeur de biomasse fraîche mesurée sur une microplacette de 0.25 m²
- Le teff et l'alpiste n'étant pas référencés dans l'OAD, la catégorie « moyenne graminées » a été choisie.

Données relatives

Compte tenu d'un OAD peu adapté au système maraîcher et du manque de répétitions dans le screening réalisé en 2024, il nous a semblé plus prudent de réaliser une analyse relative permettant de comparer les modalités entre elles et non de fournir une valeur précise qui n'aurait pas de sens.

Pour chaque élément, la valeur est rapportée à la moyenne des valeurs obtenues dans l'essai. On obtient ainsi un indice plus ou moins éloigné de 1 : les restitutions sont plus élevées pour les modalités avec un indice > 1 et plus faibles pour les modalités avec un indice < 1

- **Essai à Tarascon**

		N	P2O5	K2O	S	Mg
Sorgho	Bovital	0,29	1,00	0,76	0,27	1,02
Sorgho	Srem	0,43	1,50	1,11	0,53	1,46
Sorgho	Piper	0,43	1,50	1,11	0,53	1,46
Sorgho	Jumbo	0,56	2,00	1,44	0,67	2,04
Millet	ADR300	0,43	1,42	1,06	0,40	1,46
Millet	Minotaure	0,46	0,92	0,87	0,53	0,88
Teff	Moxie (moy grami	0,26	0,67	0,78	0,53	0,58
Alpiste	Alpiste (moy gram	0,62	0,25	0,35	0,27	0,29
Moutarde blan	Bardavos	1,34	0,50	0,78	1,33	0,44
Moutarde blan	Sinex	1,50	0,58	0,87	1,47	0,58
Radis F	Cobra	2,68	1,08	1,55	2,53	1,02
Radis F	Remesa	2,03	0,67	0,95	1,60	0,58
Radis F	Structurator	2,58	1,08	1,51	2,53	1,02
Nyger	Nyger	0,39	0,83	0,86	0,80	1,17
Moyenne des valeurs de l'essai		30,57	60,00	315,36	37,50	34,29

- **Essai à Châteaurenard**

	N	P2O5	K2O	S	Mg
Sorgho Bovital	0,79	1,99	1,58	0,83	2,00
Sorgho Srem	0,90	2,27	1,82	0,97	2,35
Sorgho Piper	0,34	0,82	0,68	0,28	0,82
Sorgho Jumbo	0,60	1,51	1,22	0,55	1,53
Sorgho Karim	0,45	1,17	0,92	0,41	1,18
Sorgho Sherkan	0,53	1,30	1,04	0,55	1,29
Millet Minotaure	1,02	1,58	1,53	1,24	1,41
Millet Epic	0,53	0,76	0,78	0,55	0,71
Teff Moxie	0,30	0,55	0,70	0,55	0,47
Alpiste	0,60	0,21	0,26	0,28	0,24
Moutarde Sinex	1,32	0,21	0,41	0,83	0,24
Moutarde Terminator	0,30	0,48	0,68	1,52	0,35
Radis Cobra	2,79	0,82	1,25	2,34	0,82
Radis Remesa	2,15	0,48	0,80	1,52	0,47
Radis Structurator	2,71	0,82	1,22	2,34	0,71
Nyger	0,68	1,03	1,11	1,24	1,41
Moyenne des valeurs	26,6	72,8	351,9	36,3	42,5

Ces résultats mettent en évidence des restitutions intéressantes en azote et en soufre pour les moutardes et les radis fourragers dans les deux sites. Le radis fourrager enrichit également assez bien en Potasse, sauf pour la variété Remesa qui a produit un peu moins de Matière fraîche.

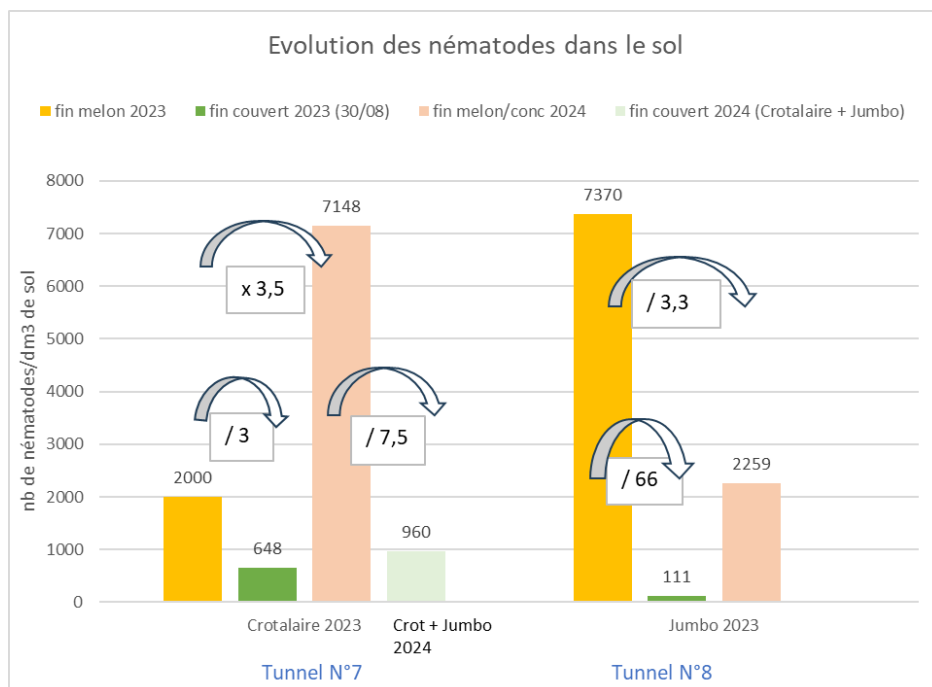
Les sorghos se démarquent particulièrement pour le phosphore, le Magnésium et la potasse lorsque la biomasse est importante (Srem et Jumbo)

4.5 – Effet sanitaire du sorgho ADV S5500 (Jumbo)

Les nématodes sont présents dans plusieurs parcelles du collectif Macma et provoquent des dégâts sur les cultures des rotations. La recherche de couverts assainissants est une demande des producteurs du collectif.

Sur le site de Lambesc, 2 tunnels contaminés ont été suivis depuis 2023 avec l'introduction d'un couvert assainissant après une culture sensible (melon ou concombre). Le sorgho nématicide (ADV S5500 / Jumbo) et la crotalaire Crescent Sun ont été privilégiés. Les quantifications de nématodes dans le sol sont réalisées par le laboratoire Elisol en fin de culture d'été (avant le couvert) et en fin de couvert. Elles permettent d'évaluer l'effet du couvert sur les populations de nématodes.

- ⇒ En 2023, après une culture de melon, l'installation d'un couvert de 5 semaines du sorgho Jumbo avait permis de réduire très fortement les populations de nématodes dans le tunnel 8 et leur développement semblait aussi avoir été freiné sur la culture sensible 2024 en comparaison du tunnel 7 avec la Crotalaire.
- ⇒ En 2024, les rotations en place n'ont pas permis de mettre de couvert végétal dans le tunnel 8 mais le mélange Jumbo + crotalaire a été positionné dans le tunnel 7. On constate une baisse très importante à nouveau des populations en l'espace de 7.5 semaines.



Ces analyses semblent confirmer la propriété nématocide du sorgho Jumbo qui peut s'avérer très utile dans les sols contaminés. Il faudra toutefois confirmer ces résultats dans d'autres exploitations.

5- Conclusion

Cette année a permis une ouverture plus large sur les espèces et variétés.

Couverts intéressants :

- ⇒ **Sorghos** : les essais ont permis de mettre en évidence une alternative à Piper, la variété SREM, de type Sudan. Ces sorghos sont orientés sur des cycles longs avec plusieurs coupes du fait de leur bonne capacité de repousse. Sur parcelles contaminées par les nématodes, ces variétés peuvent être envisagées en cycle court de 3 semaines.
- ⇒ **Sorgho nématocide** ADV S5500 (Jumbo). Les analyses réalisées après un couvert de cette variété confirment la baisse des populations de nématodes dans le sol observée en 2023.
- ⇒ **Millet** : Proche du sorgho,
- ⇒ **Moutarde** : Les variétés Sinex
- ⇒ **Les radis fourragers** Structurator et Cobra ont une floraison tardive qui permet de les envisager sur des couverts d'été. L'effet de leur système racinaire pivotant et leur restitution minérale du sol peut être bénéfique au sol. Structurator a le pivot le plus important. Vigilance sur ce couvert pour les systèmes sensibles au sclérotinia, et à certains ravageurs (punaises, altises, aleurodes).

Couverts à retravailler

- ⇒ **Le teff grass** a donné de très bons résultats sur la rapidité de pousse et la concurrence vis-à-vis des adventices. Sa tolérance à la sécheresse mérite de le tester en conditions plus stressantes que cette année. Son système racinaire peut être particulièrement intéressant en salade pour l'ameublissement du sol. A réserver pour des cycles courts car l'épiaison est rapide.
- ⇒ **Les mélanges de Teff** avec du trèfle (Herbateff)

Couverts non retenus

- Sorgho Bovital : Germination difficile dans nos essais. Biomasse moins importante que les autres variétés.
- Moutarde Bardavos : Floraison plus précoce que les autres variétés. Le développement végétatif est important mais les tiges sont sensibles à la verse et le sol est très humide sous le couvert.
- Radis Remesa : Germination difficile dans nos essais. Biomasse moins importante que les autres variétés. Floraison précoce.
- Alpiste : graminée peu adaptée au créneau estival car peu couvrant et cycle court.
- Nyger : plante permettant une bonne biomasse mais très turgescente et manque de tenue au champ. Risque avec rotations salades
- Mélange Moxie max (Teff + Sorgho) : le sorgho étouffe le teff
- Mélange Moxie + (Teff + Moha) : cycle court des 2 graminées, manque de diversification d'espèces
- Mélange Barmeteil sorghum (Sorgho Srem + Pois + trèfle d'Alexandrie)

La technique de mélange du millet, ou du sorgho à ½ dose avec le trèfle de perse (15-20 kg/ha) a confirmé son intérêt dans les essais de 2024. Il permet d'introduire une légumineuse tout en assurant la production de biomasse. Dans les prochains suivis, il serait intéressant de vérifier si les propriétés nématicides du sorgho (ADV S5500 Jumbo) sont maintenues dans cette configuration et quel est l'impact sur l'azote dans le sol.

Le tableau suivant synthétise les données obtenues depuis 2 ans sur les intercultures d'été :

2023-2024	Hauteur 6 sem	Vitesse de dvp	Capacité de repousse	Concurrence adventices	Biomasse	Restitutions minérales	Tolérance au sec	Dose optimale en pur (kg/ha)	Remarques
Sorgho Sudan	>2 m	3	3	3	3	2	2	50 - 100	Variété Piper, Srem. Cycles courts sur parcelles avec nématodes. Mélange 1/2 dose avec Trèfle de Perse (15-20 kg)
Sorgho hybride	>1,80 m	3	2	2	3	3	2	50 - 75	Variété Jumbo, nématicide sur cycle long.
Millet perlé	1,50 m	3	3	3	3	3	2	30 - 50	Mélange 1/2 dose avec trèfle de Perse (15-20 kg)
Teff grass	<1m	3	nd	3	1	1	nd	20	
Alpiste des canaries	<1m	1	nd	1	1	1	nd	40	
Nyger	1,20 m	3	nd	2	3	2	nd	20	
Moutarde	1,40 m	3	1	2	2	1	1	25	De préférence tardive (Sinex)
Radis fourrager	<1m	3	1	2	2	3	1	30	Var tardives Cobra, Structurator
Crotalaire	1,50 – 1,75 m	1	1	1	2	2	1	70	sensible aux acariens
Trèfle de Perse	<0,50 m	3	3	2	1	2	3	15 - 20 en mélange	

Renseignements complémentaires auprès de :

Claire GOILLON, APREL, 13210 Saint-Rémy de Provence, tel 04 90 92 39 47, goillon@aprel.fr

Réalisé avec le soutien
financier de :



RÉGION
SUD



PROVENCE
ALPES
CÔTE D'AZUR