

 Fiche de Culture de Carotte assainissante TERAPUR (Vilmorin Mikado) Plante de service Plan d'adaptation/mutation Nématode – Bassin Côte ouest Manche			
Date d'édition version 1	05/05/2021	Fiche élaborée en collaboration avec les services techniques OP régionales	Dernière mise à jour : 05/05/2021
Version n°	1		

Contexte :

Cette fiche de culture s'inscrit dans le cadre du plan collectif de lutte contre le nématode de la carotte dans le bassin sableux de la côte ouest de la Manche. Elle repose sur une conduite culturale de la variété TERAPUR (Vilmorin Mikado), carotte piège résistante au nématode *Heterodera carotae*, en tant que plante de service tel que référencé dans le plan quinquennal. Cette fiche est assortie de recommandations particulières de conduite dans un but d'optimiser le rôle de cette culture dans la rotation et en particulier de son service attendu de réduction des populations de nématodes.

Objectifs :

Bénéficier de l'intérêt agronomique de la culture de la carotte assainissante TERAPUR dont la mise en place cible une réduction des populations de nématodes de l'espèce *Heterodera carotae*.

Bénéficier d'intérêts agronomiques d'amélioration de la qualité sanitaire des sols (effet sur d'autres bio agresseurs telluriques) et des caractéristiques physico chimiques des sols (amélioration de la teneur en matières organiques et de la fertilité).

Modes d'actions ciblés / nématode de la carotte : Stimulation des éclosions de larves, y compris contenues dans les kystes, couplée à une rupture du cycle de reproduction du nématode de la carotte. Terapur agit comme une plante piège à effet nématicide spécifiquement sur l'espèce *Heterodera carotae*.

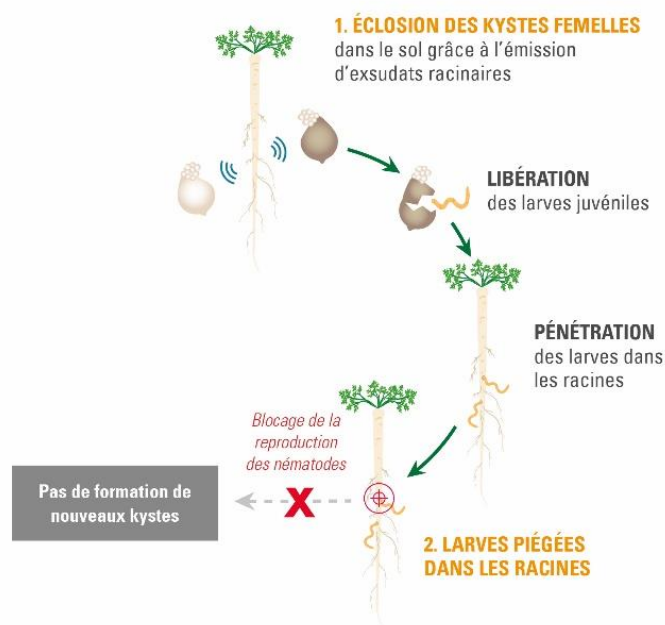


Figure 1 - Schéma de mode d'action la variété TERAPUR - Source : Vilmorin – Mikado

Remarque : Les recommandations mentionnées dans cette fiche de culture sont amenées à évoluer dans la mesure où cette variété innovante, récemment inscrite en France, fait toujours l'objet d'essais visant à préciser les conditions d'itinéraires techniques les mieux adaptés.

LA CULTURE

La carotte TERAPUR est une variété spéciale dont le phénotype est différent d'une carotte destinée à la consommation. En particulier, le développement du pivot racinaire est couplé à celui d'un chevelu de racines secondaires abondant avec une bonne capacité de colonisation du sol. La **vigueur au départ de cette variété est moyenne** ce qui induit une période favorable pour la mise en culture relativement limitée. Ainsi, dans les conditions du bassin de la côte ouest de la Manche, il est **recommandé d'implanter la carotte TERAPUR entre mi-mai et mi-juin**. Malgré une phase d'installation lente, **cette variété est rustique** car elle présente notamment une bonne tolérance vis-à-vis des autres bio agresseurs de la carotte impliqués dans les maladies foliaires ou telluriques. Cette tolérance n'est toutefois pas totale (ex : sensibilité au rhizoctone violet).

Compte tenu d'une durée de **cycle cultural assez courte (90 à 150 jours maximum)**, l'itinéraire technique pourra être réalisé avec une protection phytosanitaire très réduite comparativement à une carotte de consommation. Néanmoins, la culture de cette plante de service nécessitera une vigilance par rapport aux différents « risques phytosanitaires carotte » dont notamment les insectes ravageurs (mouche de la carotte, pucerons ...), les maladies et surtout une bonne maîtrise du désherbage.

Bien que la culture soit peu exigeante sur le plan agronomique, un suivi d'irrigation pratiquement comparable à une culture de carotte classique sera nécessaire. Plus particulièrement en début de cycle de culture, **l'irrigation pourra compenser le manque de vigueur au départ** de la variété et **optimiser les applications herbicides**.

La durée du **cycle de culture est établie à 3 mois minimum et peut être prolongée de 1 à 2 mois au maximum, afin de prévenir le risque de contournement de résistance** et d'assurer la durabilité du potentiel génétique de la variété TERAPUR.

A l'issue de cette durée de cycle, la culture est détruite par broyage et incorporation dans le sol, de la même manière qu'un engrais vert.

Préparation du sol :

En sol sableux, la préparation du sol ne pose pas de difficultés particulière et correspond à celle d'une préparation au semis d'une carotte de consommation. Cependant, sur le plan technique, il sera préférable de réaliser un semis en pleine surface, sans formation de planches.

Fertilisation – Irrigation :

La variété TERAPUR développe un système racinaire dru permettant une colonisation importante du sol et d'exploiter au mieux sa fonction assainissante vis-à-vis des populations de nématodes.

La pratique de fertilisation peut s'apparenter à celle d'une carotte de consommation, toutefois les besoins sont potentiellement plus faibles pour un cycle de culture TERAPUR. Un apport P2O5 K2O est recommandé à la mise en culture. Un fractionnement des apports azotés en culture est possible.

Tableau 1 - Recommandations d'apports pour couvrir les besoins de la culture

Fertilisation (en unités /Ha)	N	P2O5	K2O
Sols sableux irrigués	40 à 80 U	70 à 100	150 à 200

Semis :

Période de semis recommandée : mi-mai à mi-juin

Compte tenu des caractéristiques techniques des semences, du coût d'emblavement /Ha (environ 2 200 € /Ha pour une densité de 2 millions de graines /Ha), du besoin d'un peuplement régulier, l'utilisation d'un semoir pneumatique mono graine est recommandé pour un semis en ligne à une densité homogène et maîtrisée.

L'utilisation d'un matériel dédié au semis de carottes est possible mais il sera **préférable d'utiliser un matériel permettant un semis en pleine surface** tel qu'un semoir de précision pour couverts végétaux. Un **semis en ligne est indispensable pour permettre des interventions en désherbage mécanique** en cours de culture. Quel que soit le matériel utilisé, **un semis à une profondeur régulière de 1 à 1.5 cm est recherché**, dans un sol frais.

Peuplement / Ha :

Une **densité de semis de 1.5 à 2 millions de semences /Ha est recommandée** dans le but d'obtenir une couverture rapide du sol, de faciliter la gestion du désherbage et d'assurer une colonisation maximale du sol par les systèmes racinaires. Les densités de semis reportées dans le tableau ci-dessous sont données à titre indicatif. Une répartition en totalité de la surface (sans planches) permet d'optimiser la répartition du **peuplement /Ha qui pourra s'établir entre 1 million et 1.5 million de plantes /Ha environ**.

Tableau II - Densité de semis et peuplements /Ha – Culture de service variété TERAPUR

Voie de travail (m)	Espacement inter lignes moyen (cm)	Ecartement entre graines / ligne (cm)	Nb graines / ml	Peuplement théorique /Ha (Semis)	Peuplement pratique /Ha (1)
3	20	3.6	20	1 850 000	1 333 000
3	15	3.6	20	1 388 000	1 000 000
1.65	20	3.6	50	1 683 000	1 200 000
1.65	20	2.9	40	1 346 000	970 000

(1) Peuplement pour un taux d'efficacité du semis de 80%

Désherbage :

En termes d'usages phytosanitaires, la variété TERAPUR est assimilée à la culture de carotte destinée à la consommation humaine. (cf Jardins du littoral Spécial phyto et usages autorisés <https://ephy.anses.fr/>).

Le **désherbage de la variété TERAPUR constitue une difficulté** dans un contexte retrait de substances actives herbicides et en raison de caractéristiques spécifiques de TERAPUR : une **implantation lente** et une **sensibilité à la metribuzine, substance active à proscrire dans un programme de désherbage sur cette variété**. Etant donné l'absence de solutions en rattrapage précoce (BBCH 10-11), il est important d'optimiser le désherbage de post semis prélevée.

Le désherbage chimique doit être complété par des interventions mécaniques pour optimiser la réussite du désherbage en programme mixte. Sur des stades précoces, la **bineuse cage** figure parmi les outils les mieux adaptés pour intervenir dans l'inter rang et en présence de fumier de terrage.

Exemple de programme de désherbage chimique sur culture de TERAPUR.

Stade culture	Post semis pré levée	Post Levée (cotylédons – 1 feuille vraie)	Post levée (2 à 4 feuilles vraies)	Post levée (4 – 5 feuilles vraies)
---------------	-------------------------	--	--	--

Stade BBCH	00 - 03	10-11	12-14	14-15
Produits et doses	Centium CS 36 0.15 à 0.2 l/Ha + Prowl 400 0.7 à 1 l/ha + Challenge 600 0.7 à 1 l/ha	Absence de solutions	Défi 1.5 à 2.5 l/Ha Challenge 0.3 à 0.5 l/Ha	Défi 1.5 à 2.5 l/Ha Challenge 0.3 à 0.5 l/Ha

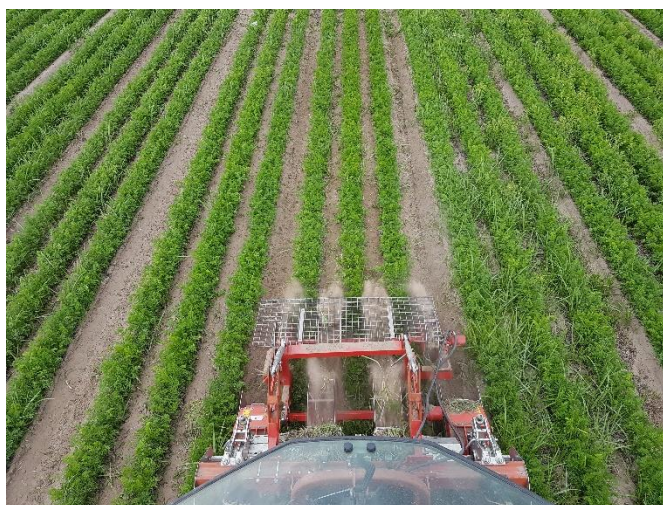


Figure 2 - La bineuse cage permet d'intervenir tôt dans le cycle de culture pour contrôler l'inter rang dans une configuration de semis similaire à une carotte de consommation



En présence de souchets (*Cyperus esculentus*), la maîtrise du désherbage pourra être très difficile voire inopérante.

Il y a peu de références dans les conditions régionales (sols sableux) concernant les possibilités de programmes herbicides sur cette culture de service.

Gestion post culture de service :

Compte tenu du cycle de culture recommandé de la variété TERAPUR, l'implantation de la culture suivante peut intervenir à partir de la seconde quinzaine d'août. Sur cette période, il sera possible d'implanter un couvert hivernal ou une culture de rente.

En année suivant la culture de TERAPUR, il est possible d'implanter une culture de carotte de consommation. Toutefois, la recommandation d'une culture de rente intermédiaire (exemple : poireau) est conseillée.

Bibliographie :

- Brochure technique TERAPUR – Vilmorin-Mikado (2020)
- Note d'information variété CZ 111 - Vilmorin-Mikado (mars 2020)
- Communiqué de presse - Sival d'or pour TERAPUR – Décembre 2020
- Fiche Contrats de solutions n°62 – Carottes Ravageurs.
- Thèse exsudats racinaires nématodes phytoparasites - Camille Gautier. Les exsudats radiculaires de plantes comme nouveaux produits de biocontrôle contre les nématodes phytoparasites. Biodiversité et Ecologie. Agrocampus Ouest, 2020.
- Rapports de Programme National Carotte.
- Nématodes phytophages des cultures légumières. Des alternatives à la désinfection chimique. Ctifl Infos n°169 – Mars 2001.

- *Heterodera carotae*, nématode à kyste de la carotte. Connaissances et dernières avancées sur le bio agresseur. Ctifl Infos n° 369 – Mars 2021
- L'innovation pour gérer l'impasse -Jardins du littoral n° 152 Spécial nématodes – Juin 2020
- News letter SILEBAN n°6 – Mars 2020



Fiche de Culture de service SORGHO destiné la biofumigation Plan collectif de lutte contre le nématode de la carotte

Date d'édition version 1	10/02/2020	Fiche élaborée en collaboration avec les services techniques OP régionales	Dernière mise à jour : 29/03/2023
Version n°	7		

Contexte :

Cette fiche de culture s'inscrit dans le cadre du plan collectif de lutte contre le nématode de la carotte dans le bassin sableux de la côte ouest de la Manche. Elle repose sur une conduite de la culture du sorgho destiné à la biofumigation. Cette fiche est assortie de recommandations particulières de conduite dans un but d'optimiser le rôle de cette culture dans la rotation et en particulier de son service attendu de réduction des populations de nématodes.

Objectifs :

Bénéficier de l'intérêt agronomique de la culture du sorgho dont la mise en place cible principalement une réduction des populations de nématodes du groupe Goettingiana et plus particulièrement de l'espèce *Heterodera carotae*.

Bénéficier d'intérêts agronomiques d'amélioration de la qualité sanitaire des sols (effet sur d'autres bio agresseurs telluriques) et des caractéristiques physico chimiques des sols (amélioration de la teneur en matières organiques et de la fertilité).

Modes d'actions ciblés / nématodes : effet allélopathique, effet nématicide par production d'acide cyanhydrique en phase de bio fumigation.

LA CULTURE

Le Sorgho est une culture d'été peu exigeante sur le plan agronomique et relativement tolérante aux conditions de sécheresse. Néanmoins le recours à l'irrigation sera nécessaire en période sensible (plein été, après coupe-broyage des parties aériennes) et en phase de bio fumigation. D'après les données bibliographiques, le risque d'introduire des bio agresseurs (ravageurs ou maladies) néfastes pour les cultures légumières de la rotation est pratiquement nul. Sur la base de la conduite en culture de service intégrant la phase de biofumigation, la durée du cycle est d'environ 5 mois.

Variétés :

Les variétés recommandées ont été sélectionnées suivant des critères de précocité, vigueur, potentiel de production de biomasse, potentiel à concentrer la durrhine (toxine naturellement synthétisée par la plante) dont la dégradation en phase de bio fumigation présente un effet biocide sur les pathogènes du sol (nématodes, ...). Ces variétés ont été expérimentées dans les conditions régionales et leur référencement pourra évoluer en fonction de nouvelles données acquises en cours de plan collectif de lutte.

Variétés référéncées	Obtenteur ou distributeur	Type de variété	Caractéristiques
PIPER	voir votre distributeur	Sorgho Soudan	Variété dans le domaine public. Productif
LURABO	Caussade	Sorgho Soudan x Bicolor	Précoce, bonne vigueur et productif
JUMBO STAR	Caussade	Sorgho Soudan x Bicolor	Tardif, bonne vigueur et productif
<i>FUMIGATOR (1)</i>	<i>Caussade</i>	<i>Mélange d'espèces à dominante Sorgho</i>	<i>Tardif, vigueur au départ moyenne. Bon potentiel d'effet bio fumigation</i>

Tableau 1 - Variétés de Sorgho recommandées pour un usage en tant que plante de service dans le cadre du plan de lutte nématode (Bassin côte ouest Manche). (1) Mélanges d'espèces : Sorgho TIEBREAK (38%) – Sorgho JUMBO STAR (18%) Crotalaire CROTALE (30%)

Préparation du sol :

En sol sableux, la préparation du sol ne pose pas de difficultés particulière ; elle sera destinée à un semis en pleine surface, sans formation de planches.

Fertilisation – Irrigation :

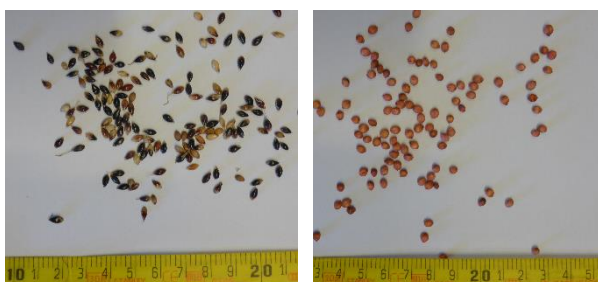
Le sorgho développe un système racinaire puissant permettant une colonisation importante du sol et d'exploiter au mieux les éléments disponibles. Une fertilisation PK est recommandée à la mise en culture. Un fractionnement des apports azotés en cours de culture est préconisé dont un apport après coupe-broyage au stade repère 9-10 feuilles. Le tableau ci-dessous (source Arvalis) indique des références d'apports en éléments majeurs que la conduite d'irrigation permettra d'optimiser. Malgré la rusticité du sorgho, l'irrigation devra pouvoir être mobilisée sur les périodes critiques : post semis, sécheresse estivale, ré application d'apport azoté, phase de bio fumigation.

Tableau I - Recommandations d'apports pour couvrir les besoins de la culture / objectif de Rdt de 10 T de MS /Ha

Fertilisation	N	P2O5	K2O
Sols sableux irrigués	80 à 130 U	60 à 80	80 à 120

Semis :

Les semences de sorgho sont de faible taille et l'utilisation d'un semoir pneumatique mono graine (type semoir à couvert végétaux) est recommandé pour une densité de semis homogène et maîtrisée. L'utilisation d'un semoir mécanique à céréales récent est envisageable sous réserve d'étanchéité et d'une bonne régularité de distribution des graines.



La période d'objectif de semis est mi-mai à fin juin en sol suffisamment réchauffé (mini 12 - 13 °C). Profondeur de semis (sans tenir compte du risque de volage de sable) : optimum 1 à 2 cm. (limite maxi 2 cm). Le roulage est conseillé.

Peuplement / Ha :

Un peuplement /Ha élevé est recherché dans le but d'obtenir une couverture rapide du sol, de faciliter la gestion du désherbage et d'assurer une colonisation maximale du sol par les systèmes racinaires. Les densités de semis recommandées (tableau ci-dessous) sont donc supérieures à celles d'une implantation type sorgho fourrager par exemple, notamment en raison d'écarterments interlignes réduits. Pour des interlignes de 15 à 20 cm et pour 7 à 10 graines par mètre linéaire, l'objectif de peuplement pourra s'établir entre 350 à 480 000 plantes /Ha environ.

Tableau II - Densité de semis et peuplements /Ha du Sorgho de service.

Espacement inter lignes (cm)	Ecartement entre graines / ligne (cm)	Nb graines / ml	Peuplement théorique /Ha	Peuplement pratique /Ha (1)
15	15.00	6.7	444 444	400 000
15	12.50	8.0	533 333	480 000
20	12.50	8.0	400 000	360 000
20	10.00	10.0	500 000	450 000

(1) Peuplement pour un taux d'efficacité du semis de 90%

Désherbage :

Une gestion du désherbage est nécessaire en phase d'implantation, période de sensibilité du sorgho à la concurrence des mauvaises herbes et au risque de développement de flore d'adventices en parcelle.

Les interventions en désherbage chimique seront potentiellement réduites par :

- l'implantation d'un peuplement dense de la culture
- la possibilité d'intervenir en binage mécanique par herse étrille en post semis prélevée du sorgho ou à partir du stade 3 feuilles
- la coupe-broyage des parties aériennes au stade 9-10 feuilles qui permettra d'éliminer les adventices développées.

La maîtrise du désherbage pourra être plus particulièrement difficile en présence de graminées estivales et surtout de *Cyperus* (souchets). Les usages phytosanitaires permettent de couvrir des possibilités d'intervention en désherbage chimique de post semis pré levée ou post levée, à partir de 3 feuilles du sorgho.

⚠ Il y a très peu de références dans les conditions régionales (sols sableux) concernant les possibilités de programmes herbicides en culture de sorgho et une absence de références sur mélange d'espèce (FUMIGATOR)



Lutte contre les adventices - 2023

Post-semis pré-levée		Post-levée antigraminées + antidicotylédones (à partir de 3 feuilles)		Post-levée antidicotylédones
semis	levée	3 feuilles	4 feuilles	
Herse étrille		Herse étrille	BINAGE(S)	
AG + AD		AG + AD	AD	
☒ Herbicides à pénétration racinaire et action par contact clomazone+pendiméthaline (CS) ALCANCE SYNTEC 2.5 l/ha ☒ Herbicides à pénétration racinaire et foliaire et action systémique mésotrione 480g/l SC CALLIPRIME_XTRA / LUMESTRA 480 0.2l/ha		☒ Herbicides à pénétration racinaire et action par contact dmta-p (EC) ISARD / SPECTRUM 1.2 l/ha dmta-p + pendiméthaline (EC) DAKOTA-P / BELOGA-P / WING-P 4 l/ha péthoxamide (EC) JUAN, SUCCESSOR 600 2 l/ha s-métolachlore (EC) MERCANTOR G/ELINA/LECAR ; AMPLITEC/PARBEL ; DELUGE960EC/ATOL ; S-METOLASTAR/ANCOR G 1.04 l/ha s-métolachlore+bénoxacor (EC) DUAL GS / ALISEO GS ; GRAMINASTAR P / OSLOO P ; INFINOR S /DEFLEXO S 1.09 l/ha pendiméthaline (SC) PROWL 400 / BAROUD SC 3 l/ha pendiméthaline (CS) ATIC AQUA 2.6 l/ha ☒ Herbicides à pénétration foliaire et action systémique mésotrione 100 g/l (SC) STARSHIP 0.5 l/ha (2 applications) sulcotrione (SC) DECANO / RIKKI / SULCOTRINA / VENEUR 0.5 l/ha pénoxsulame (OD) BOA 0.8 l/ha ☒ Herbicides à pénétration foliaire et action par contact bentazone (SG) BASAGRAN SG / ADAGIO 1.1 kg/ha (SL) BENTA 480 SL 2.5 l/ha pyridate (EC) ONYX / YURI UP 0.5 l/ha (2 applications)		
		☒ Herbicides à pénétration foliaire et action systémique tritosulfuron (WG) BIATHLON 0.07 kg/ha prosulfuron+dicamba (WG) CASPER 0.3 kg/ha tritosulfuron+dicamba (WG) PREDOMIN / MIDWEST 0.2 kg/ha tritosulfuron+dicamba (WG) CONQUERANT/ ARRAT DF 0.3 kg/ha clopyralid (SL) LONTREL 100 1.25 l/ha clopyralid(SG) LONTREL SG / RUBY / TRITON SG 0.174 kg/ha fluroxypyr (EC) STARANE 200 / TOMIGAN 200 1 l/ha		

Figure 2 - Programmes de désherbage chimique sur culture de sorgho - Source Arvalis Synthèse nationale 2022-2023

Calendrier agronomique (2021-2022) pour un système 100% bio

Mois : Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre

Activités :

- Mai :** Fertilisation, Semis ⁽¹⁾, Désherbage
- Juin :** Irrigations
- Juillet :** Ré apport azoté (si double coupe), Irrigations ⁽²⁾
- Août :** Biofumigation ⁽²⁾, Irrigations ⁽²⁾
- Septembre :** Biofumigation ⁽²⁾, Irrigations ⁽²⁾

Stades de développement des cultures :

- 3 - 6 feuilles :** Juin
- 9-10 feuilles :** Juillet
- 9-10 feuilles :** Août

Autres informations :

- Semences :** Semis couverts et de...

- 4

Bibliographie :

- Les plantes au service du maraichage - Gustavo Perez Gomez, Caussade semences
- Utiliser le sorgho pour lutter contre les nématodes à galle – Phytoma n°698 Novembre 2016.
- Fiches techniques des variétés référencées Caussade semences, Vital concept
- Fiche technique FUMIGATOR (Caussade semences)
- Les conduites de culture, choisir son Sorgho 2013 – Arvalis Institut du végétal page 62 à 70
- Sorgho Variétés et interventions – Choisir & Décider – Arvalis Institut du végétal
- Le désherbage du sorgho, synthèse nationale 2018-2019 - Arvalis Institut du végétal page 53 à 55
- Le sorgho du Soudan, les techniques alternatives. Ressources collection 1, document 1B – Station d'expérimentation APREL & la Pugère
- Compte rendu d'expérimentation L12 LR8 : Evaluation de différentes variétés de Sorghos en inter culture d'été sous abri pour la pratique de bio désinfection – GRAB 2012 Hélène Védie
- Compte rendus d'expérimentation : 32.2010.04_1 Identification de plantes mauvais hôte d'*Heterodera carotae* (2014) – SILEBAN/Ctifl / 32.2010.04_2 Référencement de l'itinéraire technique de la culture du sorgho pour optimiser son effet nématocide (2014) – SILEBAN/Ctifl, Essai OPTI[C]² 2016 Evaluation de stratégies de protection mixte – SILEBAN
- La bio fumigation par le sorgho à l'épreuve dans le bassin de Créances – Jardins du littoral n°128 – Décembre 2013 page 12 à 14.
- Comment cultiver le Sorgho – Semences de Provence Edition 2012
- Sorgho fourrager, de la culture à la valorisation – Sorghum ID
- Sorghum - Sudan grass Hybrids Hector Valenzuela and Jody Smith Departments of 1 Tropical Plant and Soil Sciences and 2 Natural Resources and Environmental Management – University of Hawai.



Fiche de Culture Brassicacées – Plantes de service
Plan d'adaptation/mutation Nématode – Bassin Côte ouest Manche

Date d'édition version 1	05/08/2020	Fiche élaborée en collaboration avec les services techniques OP régionales	Dernière mise à jour : 10/05/2021
Version n°	3		

Contexte :

Cette fiche de culture s'inscrit dans le cadre du plan collectif de lutte contre le nématode de la carotte dans le bassin sableux de la côte ouest de la Manche. Elle repose sur une conduite de cultures de brassicacées en tant que plante de service tel que référencé dans le plan quinquennal. Cette fiche est assortie de recommandations particulières de conduite dans un but d'optimiser le rôle de ces cultures dans la rotation et en particulier de leur service attendu de réduction des populations de nématodes.

Objectifs :

Bénéficier de l'intérêt agronomique de la culture de Brassicacées dont la mise en place cible principalement une réduction des populations de nématodes du groupe Goettingiana et plus particulièrement de l'espèce *Heterodera carotae*.

Bénéficier d'intérêts agronomiques d'amélioration de la qualité sanitaire des sols (effet sur d'autres bio agresseurs telluriques) et des caractéristiques physico chimiques des sols (amélioration de la teneur en matières organiques et de la fertilité).

Mode d'action ciblé / nématodes : effet nématicide par production de glucosinolates puis d'isothiocyanates en phase de bio fumigation.

LES CULTURES DE BRASSICEES – Plantes de service

Les brassicacées de service sont des cultures à cycle court qui peuvent être implantées au printemps ou en été en vue de réaliser une bio fumigation pendant ou en fin de période estivale. Les espèces cultivées correspondent principalement aux moutardes et radis fourragers ainsi qu'à des mélanges d'espèces qui les incluent. Les brassicacées ont des exigences au niveau de la fertilisation azotée et soufrée qui ont un impact sur la production de glucosinolates, composé précurseur du principe actif en phase de bio fumigation. Compte tenu de cycles de culture courts, l'irrigation favorise nettement la production de biomasse, notamment en période sensible (plein été). D'après les données bibliographiques, le risque d'introduire des bio agresseurs (ravageurs ou maladies) néfastes pour les cultures légumières de la rotation est potentiellement faible mais à surveiller (en particulier nématode des crucifères ou autres espèces, sclérotinia). Sur la base de la conduite préconisée en culture de service, la durée du cycle est de 75 à 90 jours environ (y compris phase de bio fumigation), en fonction des espèces et variétés.

Espèces :

Trois espèces de brassicacées sont régulièrement référencées pour un effet nématicide sur mise en œuvre d'une bio fumigation : la Moutarde brune (*Brassica juncea*), la Moutarde blanche (*Sinapsis alba*) et le Radis fourrager (*Raphanus sativus*). Parmi ces espèces, la moutarde blanche et le radis fourrager sont référencées avec un potentiel « anti nématodes » supérieur à la moutarde brune qui agirait plus spécifiquement en phase de bio fumigation. En effet, certaines variétés de moutarde blanche et de radis fourrager ont la faculté de stimuler les éclosions de nématodes et de bloquer leur cycle de développement ce qui peut améliorer l'effet culture de service. Néanmoins, en l'état actuel, ces

références sont principalement acquises sur d'autres espèces de nématodes que le nématode à kyste de la carotte (*H.carotae*).

Les semences de ces plantes de service sont disponibles soit en espèces pures ou en mélange d'espèces dont les avantages peuvent être de stimuler les éclosions de nématodes, d'accentuer l'effet biocide et ainsi d'améliorer l'effet de la culture de service.

Variétés :

Les variétés recommandées ont été pré sélectionnées suivant des critères précocité, vigueur, potentiel de production de biomasse, potentiel à concentrer le principe actif agissant en phase de bio fumigation et présentant un effet biocide sur les pathogènes du sol (nématodes, ...). Les mélanges d'espèces se développent significativement ; ils associent différentes espèces : poacées, brassicacées, asteracées dans un but de synergie d'effet « culture de service anti nématode ». En l'état actuel, il y a peu ou pas de données d'expérimentation dans les conditions régionales permettant de situer le potentiel d'efficacité sur *Heterodera carotae* de ces différentes cultures de service possibles. Le référencement de variétés pourra évoluer en fonction de nouvelles données acquises au cours du plan collectif de lutte.

Une liste de variétés recommandées ou envisageables des différentes espèces ainsi que de mélanges d'espèces est présentée en annexe de cette fiche de culture.

Préparation du sol :

En sol sableux, la préparation du sol ne pose pas de difficultés particulières ; elle sera destinée à un semis en pleine surface, sans formation de planches.

Fertilisation – Irrigation :

Les brassicacées ont un système racinaire pivotant avec une bonne capacité de développement en profondeur. Une fertilisation azotée de 40 à 60 unités /ha est recommandée à la mise en culture. Dans la conduite de culture, l'irrigation devra pouvoir être mobilisée en particulier sur les périodes critiques : Post semis, sécheresse estivale, phase de bio fumigation.

Semis :

Les semences de brassicacées sont de faible taille et l'utilisation d'un semoir pneumatique mono graine en ligne (type semoir à couvert végétaux) est recommandé pour une densité de semis homogène et maîtrisée. A défaut, un semis à la volée par semoir centrifuge adapté au semis de petites graines est envisageable, suivi d'un passage d'outil pour tasser très superficiellement les semences (exemple herse étrille) puis d'un roulage, ou suivi d'un simple roulage.

Selon les espèces, les variétés et leur précocité, la période d'objectif de semis est d'avril à juillet en sol suffisamment réchauffé (mini 12 - 13 °C). Profondeur de semis : optimum 1 à 1.5 cm. (limite maxi 2 cm). Les semis précoces favorisent une montée à graines plus rapide.

Peuplement / Ha :

Un peuplement /Ha élevé est recherché dans le but d'obtenir une couverture rapide du sol, d'empêcher le développement des adventices et d'assurer une colonisation maximale du sol par les systèmes racinaires. Pour des interlignes de 10 à 15 cm et pour une densité de 15 à 20 graines par mètre linéaire, l'objectif de peuplement pourra s'établir entre 1 million à 2 millions de plantes /Ha environ. En fonction de l'espèce de brassicacées, de la variété, du matériel de semis, la consommation de semences par Ha pourra varier approximativement de 5 à 20 kg/ha, voire plus.

Tableau I - Densité de semis et peuplements /Ha Brassicacées de service.

Espacement inter lignes moyen (cm)	Ecartement entre graines / ligne (cm)	Nb graines / ml	Peuplement théorique Nb graines /Ha	Peuplement pratique /Ha (1) Nb plantes /Ha
15	5.4	15	1 234 000	1 000 000
15	4.1	20	1 646 000	1 330 000
10	5.4	15	1 851 000	1 500 000
10	4.1	20	2 469 000	2 000 000

(1) Peuplement pour un taux de germination et d'efficacité du semis de 90%

Désherbage :

La vigueur de démarrage des espèces de brassicacées, la densité de semis et la conduite de culture doivent permettre une couverture rapide du sol sans intervention particulière de désherbage.

Les attaques précoces d'insectes, en particulier coléoptères, lépidoptères, diptère (altises, chenilles, tenthrède de la rave, ...) sont à surveiller et à contrôler plus particulièrement car elles peuvent engendrer un retard de développement important avec risque d'enherbement.

Les brassicacées peuvent être conduites sans interventions de désherbage chimique grâce aux bonnes pratiques suivantes :

- implantation d'un peuplement dense de la culture
- possibilité d'intervenir en binage mécanique par herse étrille en début de cycle
- surveillance et protection anti insectes si nécessaire

La maîtrise du désherbage pourra être plus particulièrement difficile en présence de *Cyperus* (souchets).

Les espèces de brassicacées sont couvertes par des usages phytosanitaires dans les conditions ci-dessous. Dans le cas des mélanges d'espèces, les usages phytosanitaires sont déterminés par l'espèce la plus restrictive.

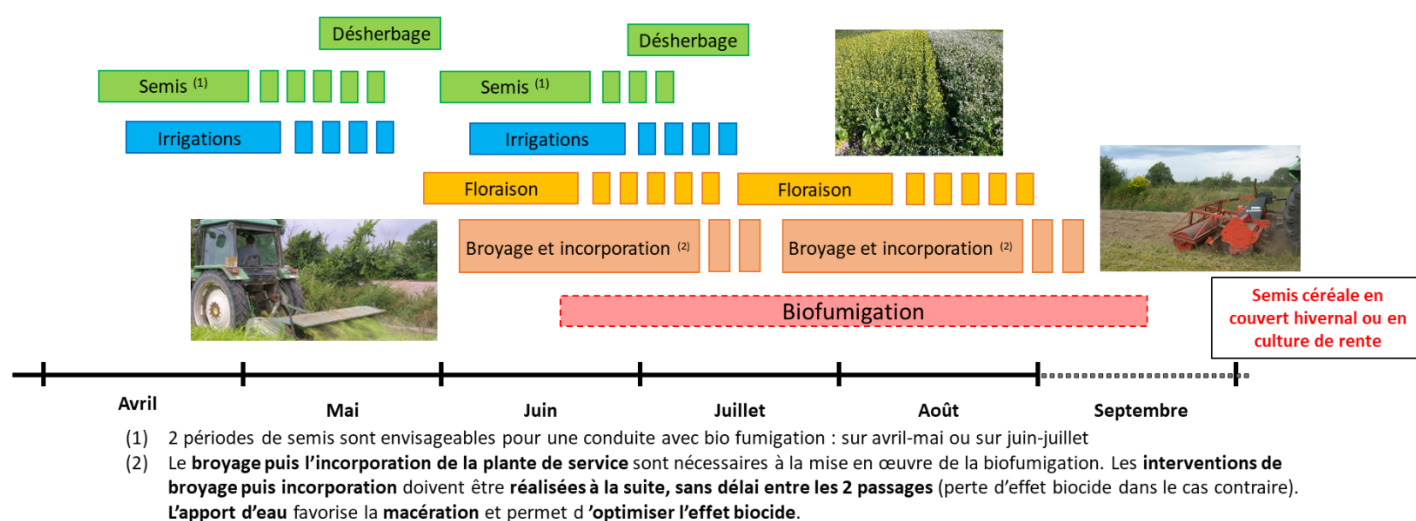
Culture de service	Rattachement / Culture de référence
Moutardes	COLZA
Radis fourrager	NAVET

Voir Jardins du Littoral Spécial Phyto - <https://ephy.anses.fr/>

 **Il n'y a pas de références dans les conditions régionales (sols sableux) concernant des possibilités d'applications herbicides en culture de brassicacées de service**

Conduite broyage de parties aériennes & bio fumigation

Brassicacées de service en biofumigation



La conduite de brassicacées implantées en tant que plante de service avec mise en œuvre d'une bio fumigation est reportée dans le schéma ci-dessus. Les principales étapes sont :

- Le semis à l'objectif de peuplement assuré par une conduite d'irrigation adaptée pour une bonne homogénéité de la culture et une production de biomasse optimale jusqu'à début floraison qui est le stade repère de destruction pour mise en œuvre de la biofumigation.
- Le broyage des parties aériennes de la culture au stade début floraison suivi de l'incorporation immédiate au sol.

Un broyeur à marteaux est recommandé pour le broyage des parties aériennes. L'incorporation finale au sol par cultivateur rotatif (type rotavator) doit être réalisée sans délai après le broyage des parties aériennes et suivie d'un roulage du sol. En fonction des conditions météorologiques, une irrigation favorisera la macération de la biomasse enfouie et l'action biocide des composés libérés dans le sol.



Figure 3 – Stade de destruction de la brassicacée de service pour mise en œuvre de la bio fumigation



Figure 4 – Incorporation au sol + roulage

Conduite sans bio fumigation :

Les semis tardifs (mi-août, septembre) ne sont pas adaptés à une conduite avec bio fumigation mais en couvert hivernal améliorant pour une destruction l'année suivant l'implantation.

Gestion post culture de service : A l'issue de la phase de bio fumigation, d'une durée estimée à 3-4 semaines environ, l'implantation d'une céréale à paille est recommandée en couvert hivernal et destruction au printemps ou implantation d'une céréale de rente.

Bibliographie :

- Moutarde cultivée pour la biofumigation – News letter Agriculture, Aquaculture et Pêches – CANADA
- Une offre couvert végétaux large et très segmentée – Semences et Progrès N°171 - Juin 2015 page 12 à 14
- Les fiches couverts Espèces pures - Arvalis Institut du végétal : Moutarde brune (*Brassica juncea*), Moutarde blanche (*Sinapsis alba*), Radis fourrager (*Raphanus sativus*). Arvalis-infos.fr - Juillet 2020
- Fiches techniques sociétés de semences disponibles en ligne (Semental, Jouffray Drillaud, Saaten Union, Deleplanque, ...) Sourcing 2020
- Bilan technique des actions du projet PERCO (Plan d'Expérimentation Recherche pour la Côte Ouest) – SILEBAN 2019

ANNEXE – Variétés de brassicacées recommandées et exemples de mélange d'espèces en tant que plantes de service dans la cadre du plan de lutte nématode (Bassin côte ouest Manche)

Espèce	Variété	Obtenteur ou distributeur	Résistances aux nématodes communiquées par les obtenteurs
Radis Fourrager	Comet	Deleplanque	heterodera schachtii
Radis Fourrager	Melotop	Deleplanque	heterodera schachtii + meloidgyne chitwoodii
Radis Fourrager	Terranova	Jouffray-Drillaud	heterodera schachtii + meloidgyne chitwoodii
Radis Fourrager	Merkur	Saaten Union	heterodera schachtii
Radis Fourrager	Control	Saaten Union	heterodera schachtii + meloidgyne chitwoodii
Radis Fourrager	Mercator	Semences de France	heterodera schachtii
Radis Fourrager	Carwoodi	Semences de France	meloidgyne chitwoodii
Radis Fourrager	Doublet	Semences de France	heterodera schachtii + meloidgyne chitwoodii
Radis Fourrager	Black Jack	Semental	heterodera schachtii + meloidgyne chitwoodii
Moutarde Blanche	Athlet	Deleplanque	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Lotus	Deleplanque	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Lucida	Deleplanque	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Accent	Deleplanque	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Abraham	Jouffray-drillaud	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Architect	RAGT	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Ultimo	RAGT	-
Moutarde Blanche	Gaudi	Saaten-Union	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Verdi	Saaten-Union	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Carline	Semences de France	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Sibeliuss	Semences de France	heterodera schachtii
Moutarde Blanche	Polka	Semental	heterodera schachtii
Moutarde Brune	Terrafit	Saaten-Union	-
Moutarde Brune	Minaret	Semental	-

Mélange	Espèces	Obtenteur ou distributeur	Résistances aux nématodes communiquées par les obtenteurs
RADIX Duo Nema	Radis + moutarde blanche	Saaten-Union	heterodera schachtii
Némazote	Moutarde blanche 70% + trèfle d'alexandrie 30%	Deleplanque	heterodera schachtii
Chlorofiltre Biocontrôle	Radis + Moutarde blanche + moutarde brune	Jouffray-Drillaud	heterodera schachtii + meloidgyne chitwoodii
Némasol RastaRoquette	Radis 80% + 20% roquette	Semences de France	heterodera schachtii + meloidgyne chitwoodii