

Projet MMBio

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

 **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE**
Liberté
Égalité
Fraternité

Microfermes Maraîchères Biologiques : Acquisition de références techniques et économiques pour des systèmes de microfermes maraîchères diversifiées multiperformants en Agriculture Biologique

Action 2

Synthèse des expérimentations conduites sur les pratiques innovantes issues des microfermes maraîchères

Évaluation de conduites, pratiques et systèmes de culture au sein d'un réseau d'expérimentation



LE PROJET MMBio

Les systèmes de microfermes maraîchères en agriculture biologique proposent des modèles d'exploitations financièrement accessibles pour les porteurs de projets. Ces systèmes se développent sur l'ensemble du territoire français, avec des exploitants généralement non-issus du milieu agricole. Ces exploitations aspirent à subvenir à la demande élevée en produits biologiques et locaux.

La complexité de ces microfermes maraîchères nécessite de réviser les méthodologies d'acquisition de références et de repérage des innovations. Le projet MMBio (2019 – 2023) avait les objectifs suivants :

- Identifier et étudier un réseau national de microfermes maraîchères en agriculture biologique professionnelles pour acquérir des données sur les performances techniques, économiques, agronomiques et sur la durabilité des exploitations ;
- Évaluer les systèmes et conduites de cultures innovants au sein d'un réseau de parcelles expérimentales ;
- Évaluer et diffuser les parcours socio-économiques et techniques des microfermes ;
- Valoriser ces références grâce à des méthodes et guides de conception de systèmes maraîchers et proposer des outils d'étude et d'accompagnement de ces projets.

L'ACTION 2

L'action 2 du projet MMBio regroupe des stations d'expérimentation converties à l'agriculture biologique, pour le plein champ ou sous abris. Les pratiques innovantes utilisées sur les microfermes maraîchères les plus pertinentes à étudier ont été identifiées à partir de la littérature et de l'expérience des expérimentateurs. Ces pratiques sont :

- Association de cultures ;
- Densification de cultures ;
- Apport d'amendements organiques.

Les essais ont permis d'analyser les performances agronomiques de ces pratiques ainsi que leurs dimensions techniques, économiques et leur faisabilité. Chacune des pratiques a été étudiée sur deux sites expérimentaux avec des protocoles similaires.

Le présent document présente la synthèse des essais conduits sur chaque station expérimentale, en comparant les résultats obtenus par les partenaires ayant travaillé sur les mêmes thématiques.

Association & densification de cultures

L'association de cultures a été identifiée comme pratique innovante répandue dans les microfermes maraîchères. Dans l'action 2 du projet MMBio, l'ITAB (station Awen Bio, Suscinio) et INRAE (UE Maraîchage, Alénia), ont travaillé sur des expérimentations sous abris ciblées sur l'association d'une culture de poivron à des cultures basses. Dans chaque station la densité du poivron, considéré comme culture principale, est identique pour toutes les modalités. L'objectif est de profiter de l'espace disponible aux pieds des poivrons pour produire une seconde culture de rente sans réduire le rendement du poivron.

Ces associations de cultures sont additives, c'est-à-dire que la densité de plantation n'est pas réduite par rapport à une culture seule : ces travaux correspondent donc aussi à de la densification des cultures.

Modalités étudiées – Dispositif des essais

À l'UE Maraîchage d'INRAE, la même expérimentation est conduite deux années de suite, en 2021 et 2022, dans trois tunnels maraîchers (8*50 m) selon un dispositif en blocs (1 tunnel/bloc). Les modalités sont les suivantes :

- Témoin poivron en culture pure ;
- Association poivron x salade ;
- Association poivron x persil ;
- Association poivron x basilic ;
- Association poivron x oignon ;
- Association poivron x haricot nain.

Les poivrons sont plantés sur quatre rangs simples tous les 30 cm sur les rangs, ce qui correspond à une densité de 1.5 plante/m². Dans les modalités en association de cultures, un rang de cultures basses est implanté de part et d'autre des poivrons à 30 cm de ces derniers. Les plants sont espacés de 30 cm sur le rang pour la salade, le persil, le basilic et le haricot nain soit une densité de 3 plantes/m² et 10 cm pour l'oignon, soit une densité de 9 plantes/m².

Sur la station Awen Bio à Suscinio, l'essai réalisé en 2021 n'a pas été concluant à cause de l'hétérogénéité parcellaire qui n'était pas maîtrisée par le dispositif expérimental. Par ailleurs, le choix variétal du poivron et des cultures basses associées n'ont pas été pertinents au regard du contexte pédoclimatique. Enfin, le système d'irrigation s'est révélé insuffisant avec une seule gaine de goutte-à-goutte sous le paillage. Seul l'essai 2022 est donc pris en considération dans cette synthèse.

L'essai 2022 concerne les associations de cultures suivantes :

- Témoin poivron en culture pure ;
- Association poivron x blette à tondre ;
- Association poivron x laitue puis haricot sec (non-palissé) ;
- Association poivron x haricot nain (non-palissé) puis chicorée ;
- Association poivron x persil.

En culture pure, les poivrons sont plantés sur deux rangs simples écartés de 60 cm et tous les 60 cm sur les rangs, soit une densité de 3,3 plantes/m². Dans les modalités en association de cultures, le poivron est planté sur une ligne centrale, tous les 30 cm, ce qui correspond à une densité de 3,3 plantes/m². Un rang de cultures basses est implanté de part et d'autre du rang de poivron à 30 cm de ce dernier. Les plantes sont espacées de 30 cm sur le rang pour la blette, le haricot, la chicorée et le persil ce qui représente une densité de 3,3 plantes/m². L'essai est mis en place après un précédent cultural de laitues et un apport de 30 t/ha de fumier de bovin. Les cultures sont implantées sur paillage polyéthylène, sous lequel une double gaine d'irrigation est mise en place. L'irrigation est pilotée grâce à l'utilisation de tensiomètres.

Résultats synthétiques

À l'UE Maraîchage d'INRAE, les résultats des expérimentations ont montré une réduction significative du diamètre de tige du poivron lorsqu'il était associé au haricot (-9 %), au basilic (-6 %) et au persil (-6 %) par rapport au témoin. La croissance du poivron était réduite par les associations culturales avec

une intensité et une temporalité variable selon l'espèce associée. Des phénomènes de compétition pour les ressources sont à l'œuvre entre les cultures associées.

Le rendement commercialisable en poivron est inférieur au témoin pour toutes les modalités associées. Ces différences ne sont pas significatives lorsque l'on considère les deux années d'essai. Par ordre décroissant de rendement de poivron, on retrouve : le témoin suivi des modalités salade (-6 %), persil (-14 %), oignon (-14 %), haricot (-17 %) et basilic (-19 %). Les cultures basses ont toutes produit des volumes commercialisables conséquents.

La teneur en nitrate du sol est plus faible dans les modalités en association de cultures. Cette différence est significative pour le haricot (-42 %) mais pas pour les autres productions. La teneur en nitrate dans la sève de poivron est significativement réduite par rapport au témoin dans les modalités haricot (-35 %), basilic (-18 %) et oignon (-15 %). Les cultures basses entrent donc en concurrence avec le poivron pour l'acquisition des nitrates avec des intensités variables selon la culture basse.

Le temps de travail total (hors conditionnement) est toujours augmenté par les associations de cultures quelle que soit la culture basse. Par ordre croissant de temps de travail on retrouve, le témoin suivi des modalités salade (+13 %), oignon (+48 %), persil (+55 %), basilic (+110 %) et haricot (+291 %). Les interventions spécifiques au poivron n'ont pas ou peu été impactées par les associations. Les temps supplémentaires en association correspondent essentiellement à des interventions de plantation et de récolte des cultures basse.

Le produit économique brut généré par le poivron en association de cultures est réduit de 6 % à 19 % par rapport au témoin, les valeurs s'échelonnent de 14,1 €/m² à 17,2 €/m². Le produit brut généré par les cultures basses varie beaucoup selon l'espèce : par ordre décroissant on retrouve le basilic (27.5 €/m²), le persil (19.8 €/m²), le haricot (9.2 €/m²), l'oignon (6.1 €/m²) et la salade (3.1 €/m²). Il dépasse le produit brut de la culture principale pour les modalités basilic et persil. Les charges d'intrants sont assez proches entre toutes les modalités (entre 3.5 €/m² et 4.8 €/m²), ces différences sont essentiellement dues aux prix des plants des cultures basses. Les charges de main-d'œuvre en association de cultures sont augmentées de 13 à 291 % par rapport au témoin, les valeurs s'échelonnent de 2.5 €/m² à 9.7 €/m². La marge brute est réduite par rapport au témoin pour la modalité haricot (-19 %) et améliorée pour les autres modalités salade (+14 %), l'oignon (+17 %), le persil (+140 %) et le basilic (+188 %). Les valeurs s'échelonnent de 9.1 €/m² à 32.4 €/m².

Les résultats 2022 du site de Suscinio (ITAB) ont montré une réduction significative du diamètre de tige du poivron lorsqu'il est associé au haricot suivi d'une chicorée (33 %) et aux autres modalités (23 % pour la laitue suivie du haricot sec ; 20 % pour la blette et 13 % pour le persil). Des phénomènes de compétition pour les ressources (eau, nutriments) sont plus ou moins importants en fonction de l'espèce associée et particulièrement importants dans le cas de l'association avec le haricot nain.

Le rendement commercial du poivron en association de cultures est toujours inférieur au témoin (culture de poivron pure). La baisse de rendement est significative, de l'ordre de 40 % pour les associations avec la blette et le persil, jusqu'à 55 % pour les modalités avec le haricot nain (puis chicorée) et la laitue (puis le haricot sec). La proportion de déchets est plus importante dans la culture pure car l'agencement des plants favorise l'exposition des fruits au soleil provoquant des flétrissements ou des brûlures. Les cultures basses implantées avec le poivron (blette, haricot nain, laitue et persil) ont donné des résultats satisfaisants, malgré quelques dégâts de pucerons (laitue, blette) ou des plants montés à graines à cause de la chaleur (blette). Les cultures secondaires, haricot sec après laitue et chicorée après haricot nain, ont donné de faibles rendements commerciaux, à cause du sol qui commence à s'épuiser et de la concurrence forte de la culture de poivron à la période d'implantation.

La teneur en azote du sol est légèrement plus faible (non-significatif) dans les modalités en association de cultures, la teneur la plus faible étant enregistrée pour l'association de cultures poivron x blette. Ce suivi ne permet pas de discriminer les différentes modalités. La consommation d'azote du sol semble donc indépendante de la modalité concernée. La teneur en azote de la sève du poivron est légèrement réduite dans les cultures associées, sauf pour la modalité où le poivron est associé à la blette mais les différences ne sont pas significatives. Ces résultats ne montrent pas de concurrence pour l'azote entre les différentes modalités.

Le temps de travail (hors conditionnement) est augmenté pour toutes les modalités associées, quelle que soit la culture basse. La plus forte augmentation du temps de travail est observée pour l'association de cultures poivron x haricot nain puis chicorée. Ce sont les récoltes (notamment pour le haricot et dans une moindre mesure les cultures à couper/botter) qui sont les plus chronophages. Par ordre croissant le temps de travail augmente de 22 % pour la laitue (suivie du haricot sec), de 71 % pour la blette (plusieurs récoltes), de 84 % pour le persil (plusieurs récoltes) et de 152 % pour le haricot nain (suivi de la chicorée). Les opérations spécifiques au poivron sont peu impactées par l'association de cultures,

en-dehors du palissage sur deux rangs en culture pure, qui prend plus de temps que sur un rang en culture associée.

Le gain économique a été calculé sur la base du rendement commercial, des prix de vente des produits par le Lycée de Suscinio et du temps de travail. Les modalités poivron x laitue puis haricot sec et poivron x haricot nain puis chicorée présentent des marges supérieures par rapport à la modalité poivron seule. Les autres modalités ne dégagent pas de marges différentes de la modalité poivron seul.

Points communs/divergences

Tableau 2 : Synthèse et comparaison des résultats obtenus sur l'association de cultures et la densification de cultures à INRAE UE Maraîchage et à l'ITAB (station Awen Bio à Suscinio).

Site expérimental	UE Maraîchage INRAE					Awen Bio (ITAB)*			
Modalité de culture associée	Haricot nain	Salade	Persil	Basilic	Oignon	Blette	Persil	Haricot nain (puis chicorée)	Laitue (puis haricot sec)
Croissance du poivron	-	0	-	-	0	-	-	-	-
Rendement commercial du poivron	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Déchets du poivron	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rendement commercial des cultures basses	Satisfaisant	Pression élevée en pucerons	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant Pression de pucerons	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant Pression de pucerons
Teneur en azote nitrique dans le sol	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Teneur en azote nitrique dans la sève du poivron	-	0	0	-	-	0	0	0	0
Temps de travail	+	+	+	+	+	+	+	+	+/-
Marge économique	-	+	+	+	+	+	-	+	+

* Seules les données 2022 ont été utilisées pour compléter le tableau.

Un « + » montre une augmentation de la variable sous l'effet de la modalité testée, un « - » montre une diminution.
 « 0 » montre une absence d'effet.

Association & densification de cultures, apports de matières organiques

Les thématiques association de cultures et fertilisation ont été identifiées comme pratiques innovantes répandues dans les microfermes maraîchères. Dans l'action 2 de MMBio, le GRAB (Avignon) et le CTIFL (Bellegarde), ont travaillé sur ces thématiques avec des expérimentations en plein champ ciblées sur l'association de cultures courge butternut et maïs doux ainsi que sur des apports de composts composés de différentes sources de matière organique.

Ces associations de cultures sont additives, c'est-à-dire que la densité de plantation n'est pas réduite par rapport à une culture seule : ces travaux correspondent donc aussi à de la densification des cultures.

Modalités étudiées – Dispositif des essais

ASSOCIATION DE CULTURES

Sur le centre expérimental du CTIFL, les modalités d'association de cultures étudiées sont au nombre de deux. Le témoin est une culture de courge butternut seule, disposée au centre d'une planche de maraîchage paillée avec du paillage plastique. La deuxième modalité est une association de courge butternut et de maïs doux, également paillée avec du paillage plastique. Le maïs doux est alors semé en deux rangs, sur la même planche maraîchère que la courge butternut. En 2020, les rangs de maïs encadraient la production de courge, centrée sur la planche. Cependant, cette disposition a entraîné des difficultés pour l'entretien de la culture puisque le maïs empêchait l'accès aux courges. Il a donc été décidé, pour 2021, d'installer les rangs de maïs du même côté de la courge, à l'Est.

Sur la station expérimentale du GRAB à Avignon, l'association courge butternut et maïs doux a aussi été étudiée en comparaison à un témoin courge seule pendant deux ans. Les cultures sont implantées sur sol nu (sauf sur la modalité compost, voir ci-après) de façon concomitante et irriguées au goutte-à-goutte : une ligne de goutteurs par ligne de culture. En 2020 chaque rang de courge était encadré par deux lignes de maïs doux, comme au CTIFL. En raison de la compétition observée, en 2021 une seule ligne de maïs doux a été semée par rang de courge.

FERTILISATION

Au CTIFL, deux composts différents ont été étudiés, à différentes doses d'apport : un compost de déchets verts à 20 et 60 t/ha et un compost de fumier de mouton à 15 et 30 t/ha. Ces composts étaient enfouis avant l'installation de la culture. Le témoin était fertilisé avec des engrais organiques. Pour homogénéiser la fertilisation azotée de l'ensemble des modalités, la quantité d'azote efficace a été calculée pour chaque modalité. Si nécessaire, de l'engrais organique était apporté pour mettre toutes les modalités au même niveau d'azote. Les apports de matières organiques ont été effectués à la même dose et sur les mêmes micro-parcelles en 2020 et 2021 afin de bénéficier de l'antécédent. Cependant, pour la modalité compost de fumier de mouton à 30 t/ha cela a entraîné un apport d'azote plus élevé que pour les autres modalités en 2021.

Au GRAB, deux modalités ont été étudiées : le sol nu et l'apport massif de compost de déchets verts (CDV) épandu en surface à la dose d'environ 210 t/ha (couche de 6 cm d'épaisseur). L'objectif de cet apport massif est à la fois d'augmenter le taux de matière organique du sol, mais aussi d'assurer la maîtrise des adventices et de diminuer les besoins en eau d'irrigation. Les apports d'engrais à la plantation sont identiques entre le témoin et la modalité compost. Le dispositif expérimental est un essai à deux facteurs croisés, soient quatre modalités et quatre répétitions. Les modalités sont placées aux mêmes emplacements les deux années, de façon à évaluer un effet cumulatif éventuel.

Résultats synthétiques sur l'association de cultures

Dans les conditions d'essais du centre expérimental CTIFL, le rendement commercialisable en courge butternut associée au maïs doux est significativement plus faible que celui de la courge butternut témoin,

de 44 % en 2020 et de 30 % en 2021. Malgré tout, les rendements obtenus sont toujours cohérents voire plus élevés que ce qui est attendu en production de courge butternut biologique. Les rendements commerciaux en maïs doux sont négligeables les deux années, en grande partie parce que des attaques de pyrales et de sangliers dévaluent la qualité des épis. Le Land Equivalent Ratio (LER)¹ calculé ne permet donc pas de faire état d'un intérêt de la production en association de cultures. Les rendements bruts en maïs doux étant plutôt dans les normes, il semble donc que la combinaison de maïs doux et de courge butternut puisse entraîner une production satisfaisante une fois les problèmes phytosanitaires maîtrisés sur le maïs doux. Sa trop faible productivité entraîne un manque de rentabilité économique de cette association de cultures, en comparaison d'une culture de courge butternut seule.

Sur la station expérimentale du GRAB à Avignon, la compétition entre le maïs doux et la courge butternut a également été mesurée, se traduisant en 2020 par une baisse significative de 34 % du rendement en courge associée par rapport à la courge seule témoin et de 17 % en 2021 avec moitié moins de maïs. La production de maïs peut donc être d'intérêt dans le système avec une ligne par rang de courge, mais l'intérêt économique est à évaluer au cas par cas car le chiffre d'affaires issu de la courge est réduit de 17 %.

Résultats synthétiques sur les apports d'amendements organiques

Dans les conditions d'essais du centre expérimental CTIFL, les apports d'amendements organiques n'ont pas montré de différences significatives entre eux pour la productivité de la courge butternut ou du maïs doux. Cependant, on observe en 2021 que les apports de matières organiques avec les doses les plus élevées entraînent une plus faible minéralisation tout au long de la culture. Cela était déjà le cas en 2020 pour les apports de compost de déchets verts à 60 t/ha. Une hypothèse avancée pour expliquer cette observation est que les micro-organismes du sol saturent lorsque les apports sont trop élevés et qu'ils ne sont alors plus en mesure de minéraliser l'azote apporté. Les apports importants peuvent également avoir entraîné une faim d'azote réduisant la disponibilité en azote dans le sol pour les plantes. Il ne semble donc y avoir aucun intérêt à apporter des doses élevées de compost chaque année mais peut-être à les espacer davantage dans le temps.

Dans l'essai conduit au GRAB, l'apport massif de CDV en surface permet un développement plus vigoureux des plantes, un rendement plutôt supérieur sur courge (significatif au seuil de 10 %) et sur maïs en 2021. Il semble libérer une partie de son azote au début de la culture et améliore ainsi la nutrition azotée des courges. Il a permis par ailleurs de tamponner la température du sol, de réduire un peu les quantités d'eau d'irrigation par rapport à un sol nu et de limiter efficacement les adventices donc le temps de désherbage. Les résultats obtenus sont similaires pour les deux années d'essais, il n'y a donc pas eu d'impact négatif de l'enfouissement du compost résiduel en fin de première année.

¹ Le Land Equivalent Ratio (LER) est un indicateur qui compare la surface nécessaire pour produire une monoculture et celle nécessaire pour produire une polyculture.

Points communs/divergences

Tableau 1 : Synthèse et comparaison des résultats obtenus sur l'association de cultures et la fertilisation au GRAB (Avignon) et au CTIFL.

Site expérimental	GRAB		CTIFL				
Modalité	Association de cultures	Compost de déchets verts en surface à 210 t/ha	Association de cultures	Compost déchets verts enfoui à 20 t/ha	Compost déchets verts enfoui à 60 t/ha	Compost fumier de mouton enfoui à 15 t/ha	Compost fumier de mouton enfoui à 30 t/ha
Rendement commercialisable courge butternut	-	+	-	0	0	0	0
Rendement commercialisable maïs doux	Non-mesuré	+	Non-mesuré	0	0	0	0
Minéralisation de l'azote nitrique du sol	0	0	0	-	-	-	-
Teneur en azote nitrique de la sève pétiolaire	Non-mesuré	+	-	0	0	+	0
Intensité d'attaque de l'oïdium	0	0	-	0	0	0	0
Valorisation économique	Non-mesuré	+	-	Non-mesuré	Non-mesuré	Non-mesuré	Non-mesuré

Un « + » montre une augmentation de la variable sous l'effet de la modalité testée, un « - » montre une diminution.
« 0 » montre une absence d'effet.

Les études conduites sur les deux centres expérimentaux montrent qu'une association de cultures courge butternut et maïs doux entraîne une réduction du rendement commercialisable en courge butternut. Ces essais montrent également que certains apports de matières organiques augmentent la teneur en azote nitrique de la sève pétiolaire.

Densification de culture & fertilisation

La dernière thématique étudiée dans le projet MMBio est l'intensification et la densification des cultures. Ainsi, dans le cadre de l'action 2 du projet, la SERAIL (Brindas) et la Chambre d'Agriculture de Côte d'Or (Bretenière) ont travaillé sur ces thématiques avec des expérimentations en plein champ ciblées sur la densité de semis en culture de carotte ainsi que sur la fertilisation.

Les variétés de carottes utilisées sur les deux sites sont issues des mêmes lots de graines, variété Napoli (Bejo) pour les carottes bottes et Nipomo (Bejo) pour les carottes conservation.

Modalités étudiées – Dispositif des essais

A la SERAIL, tous les essais ont été réalisés sur deux créneau de production par an : un créneau de carotte botte (créneau de printemps) et un créneau de carotte de conservation (carotte d'été). Trois répétitions de chaque modalité ont été réalisées.

La Chambre d'Agriculture de Côte-d'Or a également décliné les essais entre carotte botte et carotte de conservation.

DENSIFICATION DES CULTURES

A la SERAIL, le facteur « densité de semis » a été divisé en deux sous-facteurs : nombre de rangs sur la planche et densité de semis sur la ligne. En 2020, le facteur « semoir » a également été étudié. Les modalités évaluées sont alors :

- **M1** : Semoir pneumatique, 4 rangs – densité de semis sur le rang classique (66-70 graines/ml) ;
- **M2** : Semoir EBRA, 4 rangs – densité de semis sur le rang classique (66-70 graines/ml) ;
- **M3** : Semoir EBRA, 8 rangs – densité de semis sur le rang classique (66-70 graines/ml) ;
- **M4** : Semoir EBRA, 4 rangs – densité de semis sur le rang double (120-125 graines/ml) ;
- **M5** : Semoir EBRA, 8 rangs – densité de semis sur le rang double (120-125 graines/ml).

En 2021, le facteur « semoir » a été retiré et l'ensemble de l'essai a été semé au semoir Ebra. Les modalités évaluées sont les suivantes :

- **M1** : 4 rangs – densité de semis sur le rang classique (66-70 graines/ml) ;
- **M2** : 4 rangs – densité de semis sur le rang double (120-125 graines/ml) ;
- **M3** : 8 rangs – densité de semis sur le rang classique (66-70 graines/ml) ;
- **M4** : 8 rangs – densité de semis sur le rang double (120-125 graines/ml) ;
- **M5** : 6 rangs – densité de semis sur le rang classique (66-70 graines/ml).

A la Chambre d'Agriculture de Côte-d'Or, le même protocole a été appliqué, prenant en compte la variation de densité sur le rang et le nombre de rangs. Pour l'essai de carotte botte 2020, un semoir manuel Terradonis multirangs a été utilisé mais s'est montré fastidieux d'usage dans les conditions de l'essai. Un semoir Ebra, de même modèle qu'à la SERAIL, a ensuite été employé pour l'essai carotte de conservation et les essais 2021. En 2020, pour l'essai carotte botte, les modalités évaluées sont :

- **M1** : 4 rangs – densité de semis sur le rang classique (60-64 graines/ml) ;
- **M2** : 8 rangs – densité de semis sur le rang classique (60-64 graines/ml) ;
- **M3** : 4 rangs – densité de semis sur le rang double (118-122 graines/ml) ;
- **M4** : 8 rangs – densité de semis sur le rang double (118-122 graines/ml).

Suite à la mise en place de l'essai de printemps, le nombre de rangs sur les planches a été revu pour être mieux adapté à la largeur de planche, de 110 cm sur le site côte-d'orien, contre une largeur de 140 cm dans le Rhône. Ainsi pour l'essai carotte de conservation 2020 et les essais 2021, le nombre de rangs est de 3 ou 6 sur la largeur de planche pour l'essai en Côte-d'Or.

En 2021, les deux sites appliquent donc exactement le même protocole, seul le nombre de rang est adapté à la largeur de la planche (4, 6 et 8 rangs à la SERAIL pour une planche de 140 cm, 3 et 6 rangs à la Chambre d'Agriculture pour des planches de 120 cm).

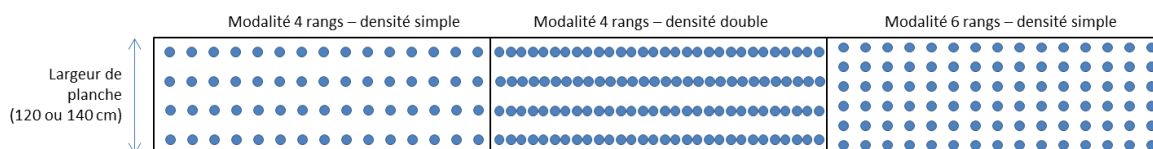


FIGURE 1 : SCHÉMA REPRÉSENTANT LA DIFFÉRENCE DE DENSIFICATION DES SEMIS EN FONCTION DES MODALITÉS (NOMBRE DE RANGS ET DENSITÉ DE SEMIS SUR LE RANG)

FERTILISATION

Dans les essais des deux stations, le facteur « fertilisation » a été étudié selon deux modalités : fertilisation classique et sur-fertilisation (1/3 d'azote en supplément). Les modalités du facteur « Densification des cultures » sont croisées avec chacune des modalités du facteur « fertilisation », avec les mêmes modalités en 2020 et 2021 :

- **M1'** : fertilisation classique à hauteur de 85 unités d'azote (produit utilisé : Dix) ;
- **M2'** : fertilisation avec 1/3 d'apport en supplément à hauteur de 115 unités d'azote (produit utilisé : Dix).

Résultats synthétiques

A la SERAIL et dans les conditions d'essai, le semoir Ebra a montré un meilleur taux de levée et un meilleur comportement sur les deux créneaux de carotte, comparé au semoir pneumatique. Il a donc ensuite été choisi durant les essais suivants. En ce qui concerne la densité de semis, les résultats sont variables selon les conditions de l'année. Néanmoins, il semble que le doublement du nombre de rangs permet d'obtenir un meilleur rendement commercialisable mais engendre un temps de désherbage manuel plus important à cause de rangs serrés nécessitant une précision plus importante. Il apparaît donc primordial d'anticiper ce semis en réduisant la banque de graines en amont.

A l'inverse, le doublement du nombre de graines sur le rang a permis de réduire le temps de désherbage manuel car la couverture de la culture sur la planche est plus importante. Cependant, il augmente aussi le nombre de déchets du fait de la densité importante induisant des carottes trop petites. Ce doublement de la densité semble préjudiciable pour le créneau de carottes d'été avec un faible rendement commercialisable, un taux de déchets important et un coût en graines important. En revanche, il semble apporter un léger avantage pour le créneau de printemps : malgré un fort taux de déchets, la diminution du désherbage et l'augmentation du rendement commercial apportent une plus-value. Ceci peut s'expliquer par le fait que les carottes de printemps sont commercialisées à un calibre inférieur aux carottes de conservation. Les modalités 4 rangs – densité classique et 6 rangs – densité classique ont montré les meilleurs résultats, des comportements homogènes sur les deux créneaux de plantation : un faible taux de déchets ainsi qu'un temps de désherbage relativement faible. Le facteur « fertilisation » n'a eu aucun impact sur l'ensemble des essais réalisés à la SERAIL.

A la Chambre d'Agriculture de Côte d'Or, les conditions météo du printemps 2020 ainsi que le choix de la parcelle, particulièrement bien préparée, ont eu une influence positive sur le temps de désherbage et les rendements bruts et commerciaux obtenus. La modalité en 4 rangs, densité simple et sur-fertilisation a montré les meilleurs résultats commerciaux, presque 1 kg/rang/ml, avec peu de déchets. Pour les carottes de conservation 2020, le stock semencier d'adventices était très fort dans la parcelle choisie et a fortement impacté le temps de désherbage et le résultat final. Les résultats 2020 montrent un effet positif de la sur-fertilisation au printemps et du semis en 3 ou 4 rangs.

En 2021, l'essai de printemps s'est bien déroulé et a confirmé l'intérêt d'utiliser le semoir Ebra monorang. Les conditions humides de 2021 associées à une parcelle riche en adventices ont impacté fortement le temps de désherbage. L'intérêt de la sur-fertilisation s'est confirmé, mais ce sont les modalités en 6 rangs qui montrent les meilleurs rendements bruts et commerciaux et peu de déchets. Pour les carottes de conservation 2021, un souci de réglage du semoir pour les modalités en densité double sur le rang, associé à un gros orage deux jours après le semis ont fortement impacté les résultats, qui ne portent finalement que sur les modalités en densité de graines simple sur le rang. L'enneigement et la croûte de battance formée suite à l'orage ont de plus impacté la levée sur les modalités restantes. Les résultats n'ont donc pas pu être traités statistiquement. Le meilleur rendement commercial est celui des modalités en 6 rangs et fertilisation classique avec 1.25 kg/rang/ml et 22 % de

déchets. Dans les conditions de 2021, les modalités en 6 rangs ont montré de meilleurs résultats, l'effet positif de la sur-fertilisation au printemps s'est confirmé. Le suivi de la dynamique de minéralisation de l'azote du sol a été réalisé sur les quatre parcelles. Globalement pour la Côte-d'Or, sont à retenir les modalités suivantes, en sol sableux et dans les conditions de l'essai :

- Pour les carottes de printemps en bottes :
 - Sur-fertilisation ;
 - 4 ou 6 rangs ;
 - Densité simple de graines sur le rang.
- Pour les carottes de conservation :
 - Fertilisation simple ;
 - 3 rangs ;
 - Double densité de graines sur le rang.

Attention cependant au temps de désherbage pour les carottes de printemps en 6 rangs, le choix de la parcelle et sa préparation sont des points déterminants.

Points communs/divergences

Tableau 2 : Synthèse et comparaison des résultats obtenus sur la densification de cultures et la fertilisation à la Chambre d'Agriculture de Côte d'Or et à la SERAIL.

Site expérimental	SERAIL			
Modalité	Semoir	Augmentation du nombre de rang	Augmentation de la densité sur le rang	Fertilisation
Temps de désherbage	/	+	-	0
Nombre de déchets	/	Résultats variables	Résultats variables	0
Rendement commercial en carottes	Semoir Ebra a montré le meilleur comportement	+	+ (créneau botte) 0 (créneau conservation)	0

Site expérimental	Chambre d'Agriculture de Côte d'Or			
Modalité	Semoir	Augmentation du nombre de rang	Augmentation de la densité sur le rang	Fertilisation
Temps de désherbage	/	+	-	0
Nombre de déchets	/	Résultats variables	+	0
Rendement commercial en carottes	Semoir Ebra a montré le meilleur comportement	+	+	+ (carottes bottes) / 0 (créneau conservation)

Un « + » montre une augmentation de la variable sous l'effet de la modalité testée, un « - » montre une diminution.
 « 0 » montre une absence d'effet.

POUR ALLER PLUS LOIN : [site internet du projet MMBio](#) ; www.ctifl.fr ; [plateforme R&D-Agri](#)

AUTEURS : MATHIEU CONSEIL (ITAB) ; ANNE-LAURE GALIMARD (CHAMBRE D'AGRICULTURE DE CÔTE-D'OR), PIERRE LASNE (SERAIL), JULIETTE PELLAT (CTIFL) ; BENJAMIN PERRIN (INRAE) ; HÉLÈNE VÉDIE (GRAB)

CONTACT : CTIFL CENTRE DE BALANDRAN – 751, LE BALANDRAN 30127 BELLEGARDE – 04 66 01 10 54