



Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

Evaluation de pratiques agricoles innovantes employées dans les microfermes maraîchères

Etude de la densification et de l'association de cultures, associées à des apports fertilisants de matières organiques

DRIE : Catherine LAGRUE

Directrice du Centre Opérationnel de Balandran : Sarah MOYSE

Responsable d'essai : Juliette PELLAT

Participants : Hugo NAVIERE, Christine FOURNIER et le personnel d'exploitation de Balandran

Rédacteurs : Christine FOURNIER & Juliette PELLAT

Collaboration : Hélène VEDIE (GRAB)

Partenaires : partenaires du projet MMBio

Code essai : 2593105

I. Thème de l'essai

Le projet CASDAR MMBio (2019-2022, repoussé à 2023) coordonné par l'ITAB, a pour objet d'acquérir, consolider et diffuser des références techniques et économiques pour les systèmes de microfermes maraîchères diversifiées en Agriculture Biologique pour lesquelles le nombre de projets ou d'installations ne cesse d'augmenter. Dans le cadre de l'action 2 « Expérimentations », les pratiques de microfermes les plus pertinentes et fréquentes sont comparées à des pratiques de maraîchage classique.

A l'issue de plusieurs échanges basés sur des éléments bibliographiques, sur l'expertise des partenaires et celle de conseillers de terrain, les partenaires impliqués dans cette action se sont orientés vers l'évaluation des pratiques suivantes : l'association et la densification des cultures et les apports massifs de matières organiques. Ces thématiques sont expérimentées pendant deux ans, en 2020 et 2021. *Exceptionnellement, pour les thématiques n'ayant pas été traitées en 2020 en raison de la crise sanitaire il est possible de les traiter en 2022 car le projet est allongé jusqu'en 2023, sans financement supplémentaire.*

II. Objectifs de l'essai

Sur le Centre Opérationnel CTIFL de Balandran, l'objectif est d'évaluer l'intérêt et la faisabilité d'une association de deux cultures commerciales (courge butternut et maïs doux) couplée à des apports fertilisants de matières organiques issues de composts.

III. Matériels et méthodes

3.1 Dispositif expérimental

Dispositif expérimental : cf. Annexe 1

Localisation de l'essai : parcelle plein champ en Agriculture Biologique (W4) – Station expérimentale du Centre Opérationnel CTIFL de Balandran (30).

Le sol est de type limono-sablo-argileux (50-30-20%). La parcelle a accueilli une culture de courgette en 2019. En 2020, la parcelle a accueilli le même essai qu'en 2021 : une association de cultures de courge butternut et maïs doux, couplée à des apports de matières organiques. L'emplacement des modalités a été maintenu identique entre les deux années afin de bénéficier de l'antécédant en matière organique sur la deuxième année d'essai.

Surface de l'essai : 607,5 m² contrôlés, 787,5 m² hors tout.

Facteurs et modalités étudiés

Dans cet essai, deux facteurs sont étudiés avec différentes modalités :

- Une association de cultures (deux modalités) :
 - Témoin : courge butternut seule ;
 - Courge butternut + maïs doux.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

- Les apports fertilisants de matières organiques (cinq modalités) :
 - Témoin : fertilisation classique, sans apport de matières organiques ;
 - Compost de déchets verts à 20 t/ha (DVD1) ;
 - Compost de déchets verts à 60 t/ha (DVD2) ;
 - Compost de fumier de mouton à 15 t/ha (FMD1) ;
 - Compost de fumier de mouton à 30 t/ha (FMD2).

Parcelles élémentaires : il y a deux modalités d'association de cultures et cinq modalités de fertilisation = 10 modalités croisées par bloc. Il y a trois répétitions par modalité soit un total de 30 micro-parcelles. Elles sont disposées en trois blocs du Nord au Sud (de 9 ml), chacun subdivisé en cinq zones d'Ouest en Est qui correspondent aux différentes modalités « apport de compost » pour une largeur de 4,5 ml chacune. Les parcelles élémentaires mesurent 9 m².

3.2 Matériel végétal

La courge butternut (*Cucurbita moschata* 'Butternut') utilisée est de la variété Havana AB (Enza Vitalis) produite en mottes par la pépinière Nimaplants.

Le maïs doux (*Zea mays* convar. *saccharata*) variété Golden Bantam AB (Agrosemens) a été semé directement.

Les cultures ont été plantées et semées le 03 juin 2021. Chaque modalité « apport de compost » est composée de deux lignes de culture avec courge seule et courge + maïs soit deux micro-parcelles élémentaires. Ces lignes « association de culture » sont réparties aléatoirement d'Ouest en Est sur les cinq zones d'essai. Les lignes de courges sont espacées de 2 m (interligne). Les plants de courge sont plantés tous les 50 cm sur la ligne de culture (inter-plant). Les grains de maïs ont été semés à l'Est de la ligne de courge concernée. Sur la ligne de culture le semis a été réalisé tous les 20 cm (5 à 6 plants de maïs par ml). Du Nord au Sud, trois modalités se succèdent sur les trois blocs de l'essai, elles sont séparées par une zone de bordure de 2 ml. Chacune des modalités « apport de compost » couvre une surface de 40,5 m².

Les plantations ont été réalisées sur une bande paillée de 1 m à plat avec un paillage biodégradable.

3.3 Conditions de culture

3.3.1 Précédent cultural

Un précédent engrais vert composé d'un mélange de pois fourrager (variété Turnia à 26.5 kg/ha) et d'avoine de printemps (variété Bison à 53.5 kg/ha) a été semé le 22 octobre 2020, broyé le 03 mai 2021 et enfoui le 06 mai 2021 (photo 1).



Photo 1 : Engrais vert enfoui le 10 mai 2021

Avant la destruction de l'engrais vert, des prélèvements de trois quadrats de 1 m² ont été réalisés pour évaluer les quantités de matière fraîche (MF) et matière sèche (MS) produites. La matière fraîche totale produite est de 26.7 t/ha et la matière sèche de 6.9 t/ha.

3.3.2 Apports des éléments fertilisants

Le rotatlabour a été passé le 18 mai 2021 suivi du piquetage et du quadrillage de la parcelle selon le même dispositif que l'année précédente (annexe 1). Le 26 mai 2021, des prélèvements de sol ont été effectués dans

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

chacune des modalités de fertilisation afin d'évaluer les teneurs en azote nitrique du sol avant apports de matières organiques. Les amendements organiques ont été épandus le même jour, tout comme le complément de fertilisation organique sur le témoin. Les différents éléments ont été enfouis au rotalabour le 27 mai 2021.

Les quantités d'éléments fertilisants apportées sont détaillées ci-après.

*** Démarche suivie pour le calcul de la fertilisation**

La stratégie de fertilisation mise en place dans cet essai est basée sur l'harmonisation des apports fertilisants à une dose d'environ 140 kg/ha d'azote efficace¹ total pour l'ensemble des modalités dans la mesure du possible. Les besoins de la courge butternut sont plutôt autour de 120 kg/ha pour l'azote, de 60 kg/ha pour le phosphore et de 100 kg/ha pour le potassium². D'après les analyses de sols effectuées le 26 mai 2021, seule la modalité fumier de mouton à 30 t/ha dépasse largement la concentration ciblée.

Le produit utilisé pour fertiliser la modalité témoin est l'Angibio 6 – 4 – 10 (guano de poisson et autres composants inconnus).

Les quantités de compost apportées sont identiques à celles de 2020, pour étudier les mêmes pratiques deux années de suite. Pour comptabiliser l'azote efficace total disponible (tableau 1), ces apports ont été additionnés à ceux de l'azote initialement présent dans le sol, au précédent engrais vert, à la fourniture d'azote par la matière organique du sol. D'après la référence FIBL- Jagger & Lindau, en mars et avril 2.5 kgN/ha sont minéralisés par semaine et de mai à mi-septembre ce sont environ 5 kgN/ha par semaine. Dans notre cas, entre mars et mai, cela correspond à environ 20 - 40 kgN/ha.

Tableau 1 : Bilan des apports en azote efficace sur l'ensemble des modalités

	Témoin	DVD1	DVD2	FMD1	FMD2
Engrais vert (kg/ha)	32.9	32.9	32.9	32.9	32.9
Sol (kg/ha)	48.8	65	54	36.4	63.7
Minéralisation (kg/ha)	30	30	30	30	30
Amendements organiques (kg/ha)	0	9	26.9	43.2	86.4
Engrais organique (kg/ha)	29.4	0	0	0	0
Total (kg/ha)	141	137	143.8	142.5	213

Témoin sans compost

Le coefficient d'équivalence azote (KeqN) n'a pas été identifié avec certitude pour le produit Angibio. Néanmoins, d'après l'étude de la dynamique de minéralisation sur des produits similaires (CTIFL, AZOPRO), 55 % de l'azote est minéralisé au bout de 28 jours à 28°C. On choisit un KeqN à 0.7. D'après le calcul COMIFER pour une dose équivalente souhaitée à 29.4 kg/ha d'azote efficace (pour atteindre les 140 kg/ha d'azote fixés), il est nécessaire d'apporter 29.4/0.7 = 42 kg/ha d'Angibio.

Les quantités d'éléments fertilisants apportées à l'hectare sont 700 kg/ha soit 42 kgN/ha, 28 kgP/ha et 70 kgK/ha. Cela revient à apporter 2.8 kg d'Angibio par parcelle de 40.5 m².

Modalités avec apports de matières organiques

Les apports d'azote efficaces par l'engrais vert, la minéralisation, la teneur du sol et les amendements organiques sont suffisants pour qu'il ne soit pas nécessaire de les compléter avec des engrains organiques.

- Compost de déchets verts**

Le coefficient d'équivalence azote pour un compost de déchets verts de plus de 6 mois apporté au printemps est de 0,1. Il est de 0 pour un compost de déchets verts de moins de 6 mois (référence du COMIFER). Dans notre

¹ Azote efficace : somme de l'azote présent dans les fertilisants azotés sous forme minérale et sous forme organique minéralisable pendant le temps de présence de la culture en place ou de la culture implantée à la suite de l'apport, ou le cas échéant pendant la durée d'ouverture du bilan (DDTM du Gard, 2021).

² Denard, F., 2017. *Production de plein champ potimarron et butternut* – Fiche technique. APABA

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

cas, le compost est de 6 mois, nous prendrons donc un KeqN de 0,05. Ces dernières années, le compost a apporté en moyenne 9 kgN/t.

Pour une dose de 20 t/ha, suivant le calcul du COMIFER, l'effet direct du compost de déchets verts est estimé à $20 \times 9 \times 0,05 = 7,5$ kgN/ha. Pour chaque surface de 40,5 m², il faut apporter 81 kg de compost de déchets verts.

Pour une dose de 60 t/ha, suivant le calcul du COMIFER, l'effet direct du compost de déchets verts est estimé à $60 \times 9 \times 0,05 = 26,9$ kgN/ha. Pour chaque surface de 40,5 m², il faut apporter 243 kg de compost de déchets verts.

- Compost de fumier de mouton**

Le coefficient d'équivalence en azote pour un fumier de mouton est de 0,3. Ce dernier apporte en moyenne 9,6 kgN/t.

Pour une dose de 15 t/ha, suivant le calcul du COMIFER, l'effet direct du compost de fumier de mouton est estimé à : $15 \times 9,6 \times 0,3 = 43,2$ kg N/ha. Pour chaque surface de 40,5 m², il faut apporter 60,75 kg de compost de fumier de mouton.

Pour une dose de 30 t/ha, suivant le calcul du COMIFER, l'effet direct du compost de fumier de mouton est estimé à : $30 \times 9,6 \times 0,3 = 86,4$ kg N/ha. Pour une surface de 40,5 m², il faut apporter 121,5 kg de fumier de mouton.

3.3.3 *Mise en place du paillage*

Le paillage biodégradable utilisé est le Biopolyane noir (1,4 m de large et 15 µ d'épaisseur). Il a été déroulé après la mise en place des deux lignes de goutteurs par planche de culture le 31 mai 2021. Sa pose n'a pas présenté de difficultés majeures en raison d'une préparation de sol assez fine et homogène. La fragilité de ce type de paillage nécessite toutefois un travail à faible allure sans modifications de la tension du film. En fin de culture ce paillage biodégradable a été broyé et enfoui selon les normes en vigueur.

3.3.4 *Plantation*

Les plants de courge ont été livrés le 02 juin 2021 par le pépiniériste Nimaplants, le stade était homogène, deuxième feuille pointée. Quelques pucerons et aleurodes ont été repérés dessus. La plantation a eu lieu le 03 juin 2021, tout comme le semis du maïs doux. Les courges sont plantées à une densité de 1 plant/m² tandis que le maïs doux est à 10 plants/m². Pour cette espèce, deux graines sont placées par trou et un démarriage a eu lieu le 18 juin 2021 pour ne laisser qu'un plant.

Un arrosage à la lance a eu lieu à hauteur de 10 mm pour les parcelles de courge seule et de 15 mm pour les parcelles d'association de cultures.

Une protection contre les sangliers a immédiatement été mise en place autour de la parcelle. Les plants ont bien repris dans l'ensemble et la levée du maïs a été observée dès le 07 juin 2021.

Le maïs doux a été récolté le 31 août 2021 et la courge butternut le 27 septembre 2021. L'essai a donc duré environ quatre mois (figure 1).

3.3.5 *Irrigation*

Deux rampes de goutte-à-goutte sont installées sur les deux modalités de cultures. Elles sont installées de part et d'autre des plants sauf que pour l'association de culture, le goutteur Est éloigné pour être plutôt à proximité du premier rang de maïs. Les réseaux d'irrigation sont séparés pour les deux modalités.



Figure 1 : Déroulé de l'essai sur l'année 2021

IV. Observations et mesures

4.1 Suivi des conditions climatiques

Le suivi climatique de la parcelle W4 a été effectué grâce à des enregistrements de la station météo Celsius sur le site expérimental.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

4.2 Suivi de l'état hydrique du sol

Lors des prélèvements de sol pour réaliser les analyses Nitracheck, l'humidité des parcelles courge et courgette au niveau de l'horizon 0 - 30 cm est estimée « à la main » sur les boudins de sol prélevés à la tarière. En fonction des observations effectuées, les consignes d'irrigation sont modifiées en conséquence.

Les réseaux d'irrigation indépendants des lignes de culture étaient également équipés de compteurs volumétriques. Les relevés nous permettent d'établir un graphique des arrosages réalisés sur la saison 2021.

4.3 Suivi de l'état azoté du sol et des plantes

4.3.1 Suivi de l'azote nitrique du sol

Une analyse de l'azote nitrique du sol a été effectuée le 26 mai 2021 avec la méthode Nitratest pour chacune des modalités d'apports de matières organiques utilisées en 2020 pour déterminer la stratégie de fertilisation.

Les teneurs en azote nitrique ont été suivies tout au long de la culture. Des prélèvements sur l'horizon 0 - 30 cm étaient effectués suivis d'analyses Nitratest toutes les trois semaines. Les prélèvements ont été faits à l'aide d'une tarière manuelle à raison de trois trous par micro-parcelle. Les échantillons des micro-parcelles ayant reçu la même conduite sont mélangés (10 analyses). Les premières analyses ont débuté le 21 juin 2021.

4.3.2 Suivi de l'azote nitrique pétioinaire

L'azote nitrique contenu dans le jus pétioinaire a été suivi pendant tout l'essai. Toutes les trois semaines, les prélèvements étaient effectués sur 30 pétioles de jeunes feuilles adultes de courge par modalité « croisée » puis analysés au Nitratest (2 niveaux d'association de culture*5 niveaux apports de matières organiques = 10 échantillons) suivant la méthode PILazo®. Les jeunes feuilles adultes correspondent à la troisième/quatrième feuille en partant de l'apex d'une tige. 30 feuilles (10 par parcelle élémentaire) sont nécessaires pour recueillir suffisamment de jus (1 ml) pour l'analyse Nitratest. Les premières analyses sur pétioles ont débuté le 21 juin 2021.

4.4 Suivi phytosanitaire

Un suivi phytosanitaire hebdomadaire a été effectué : observations et notations des bioagresseurs présents sur les deux cultures permettant le déclenchement des interventions phytosanitaires en fonction de la pression de chacun d'entre eux.

4.5 Suivi des adventices

Si des disparités venaient à apparaître entre les différentes modalités étudiées au regard des populations d'adventices, des notations d'identification et d'importance sont prévues.

4.6 Suivi de la productivité des cultures

Les courges et le maïs ont été récoltés sur l'ensemble des parcelles élémentaires de chaque modalité. Les rendements bruts et commerciaux sont évalués sur l'ensemble de la production et les catégories de défauts sont consignées.

V. Résultats

5.1 Suivi des conditions climatiques

Les températures sous abris se sont maintenues en moyenne entre 20 et 30°C, tout au long de la culture (figure 2). Ce n'est seulement qu'à fin septembre qu'elles passent en-dessous des 20°C. Au plus fort, les températures sous abris sont de l'ordre de 27°C, de mi-juillet à mi-août 2021.

Les précipitations ont été régulières tout au long du mois de juillet et jusqu'au 07 août 2021, ne passant que rarement 10 mm par pluie. Les précipitations sont revenus durant le mois de septembre, dépassant les 45 mm au 15 septembre.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

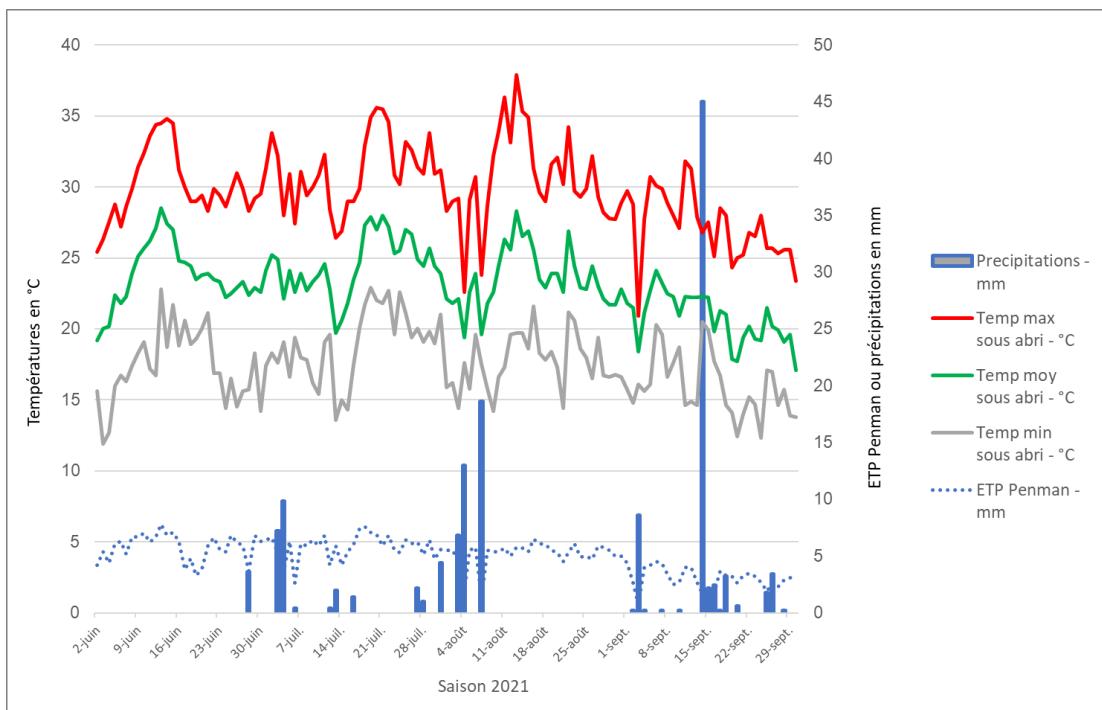


Figure 2 : Suivi climatique Celsius de la parcelle W4 du 02 juin 2021 au 29 septembre 2021

5.2 Suivi de l'état hydrique du sol

Les apports en eau ont été plus importants sur la modalité d'association de cultures courge + maïs (452.9 mm) en raison de la densification de cultures sur cette modalité. Les apports sont de 346 mm pour la modalité courge seule, soit 106.9 mm d'écart. Cependant, les apports suivent la même logique pour les deux modalités pendant la totalité de l'essai (figure 3). Les écarts entre les consignes et les apports réels sont satisfaisants.

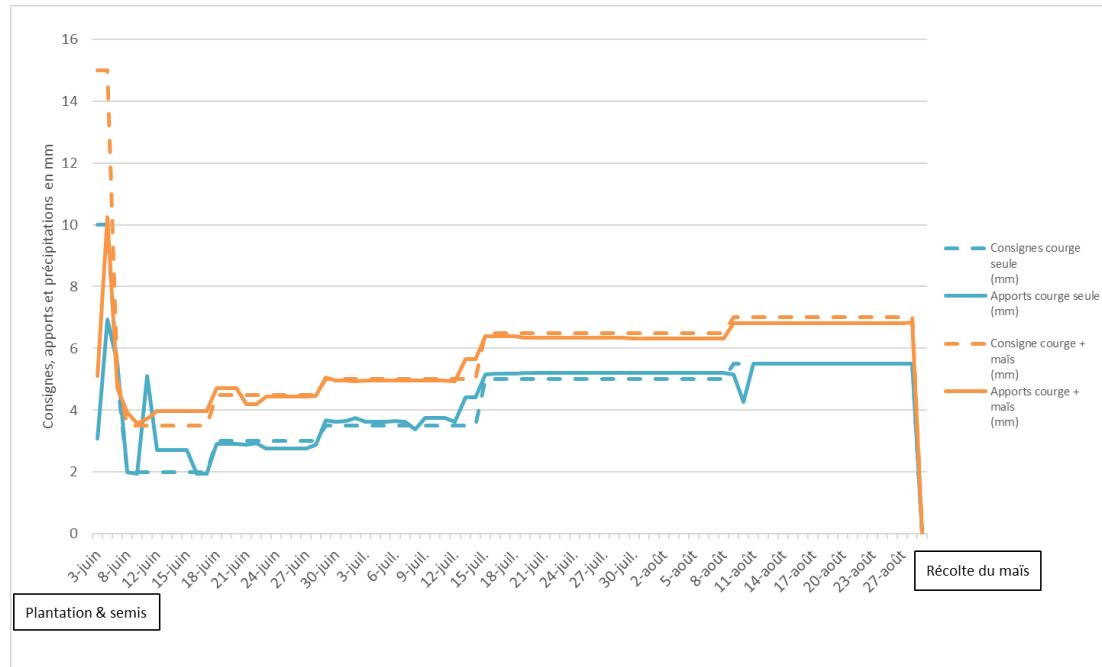


Figure 3 : Suivi des arrosages des deux modalités de culture pendant la totalité de la durée de l'essai

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

5.3 Suivi de l'état azoté du sol et des plantes

5.3.1 Suivi de l'état azoté du sol

5.3.1.1 Facteur association de cultures

Au 26 mai 2021, la teneur initiale en azote nitrique du sol est de 51.4 kg/ha avant apport des matières organiques. Cette teneur en azote nitrique augmente dans la suite de l'essai (figure 4).

Au 21 juin 2021, en parcelle de courge seule la teneur est de 204.2 kg/ha. Cette teneur diminue à 65 kg/ha le 05 juillet 2021 puis augmente de nouveau jusqu'à atteindre 119.8 kg/ha le 09 juillet 2021. Pour finir, la teneur en azote nitrique du sol va diminuer sur la suite de l'essai : elle est de 29.4 kg/ha au 29 juillet 2021 puis de 12.6 kg/ha au 20 août 2021, date de la dernière analyse.

Sur les parcelles d'association de culture, il n'y a pas eu d'analyses le 21 juin 2021. La teneur en azote nitrique du sol est de 107.1 kg/ha au 05 juillet 2021 puis en diminution continue jusqu'à la fin des analyses. Elle est de 55.9 kg/ha au 09 juillet 2021, de 38.1 kg/ha au 29 juillet 2021 puis de 10.8 kg/ha au 20 août 2021.



Figure 2 : Evolution de la teneur en azote nitrique (kg/ha) du sol en fonction de la modalité d'association de cultures

5.3.1.2 Facteur apports de matières organiques

Lorsqu'on regarde la teneur en azote nitrique du sol pour les deux modalités d'association de cultures confondues, la dynamique est similaire pour l'ensemble des modalités à l'exception du témoin (figure 5).

Au 26 mai 2021, avant épandage des matières organiques, la teneur en azote nitrique du sol est la plus élevée pour la modalité compost de fumier de mouton (30 t/ha) : elle atteint 63.7 kg/ha. Elle est la plus faible pour la modalité compost de fumier de mouton à 15 t/ha avec 36.4 kg/ha. Globalement, les teneurs sont assez similaires pour l'ensemble des modalités.

Au 05 juillet 2021, le témoin présente la teneur en azote nitrique du sol la plus élevée avec 248 kg/ha. Les autres modalités sont inférieures à 100 kg/ha, avec comme extrêmes la modalité compost de déchets verts (20 t/ha) à 68.6 kg/ha et le compost de fumier de mouton à 30 t/ha qui ne dépasse pas les 25 kg/ha (24.1 kg/ha).

Au 09 juillet 2021, les données sont proches de celles observées au 05 juillet 2021, l'ordre des modalités est identique. La modalité témoin est la seule présentant un changement important, elle atteint 281.8 kg/ha d'azote nitrique dans le sol.

Lors des analyses du 29 juillet 2021, une diminution de la teneur en azote nitrique est observée pour l'ensemble des modalités. Le témoin a chuté à 78 kg/ha mais reste supérieur aux autres modalités. Vient ensuite le compost de déchets verts (60 t/ha) avec 36.4 kg/ha. Le compost de fumier de mouton (30 t/ha) est toujours la modalité la plus faible avec 14.3 kg/ha, c'est la seule qui présente une augmentation de la teneur en azote nitrique du sol.

Enfin, lors de la dernière analyse du 20 août 2021, les modalités présentent des teneurs en azote nitrique du sol proches les unes des autres. La plus élevée est cette fois-ci le compost de fumier de mouton (30 t/ha) à 15.6 kg/ha, qui continue d'augmenter légèrement. En revanche, le témoin est la modalité la plus faible avec 10.1 kg/ha. les modalités compost de fumier de mouton (15 t/ha) et compost de déchets verts (60 t/ha) sont équivalentes, à 10.4 kg/ha. Le compost de déchets verts (20 t/ha) présente une teneur en azote nitrique du sol de 12.2 kg/ha.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

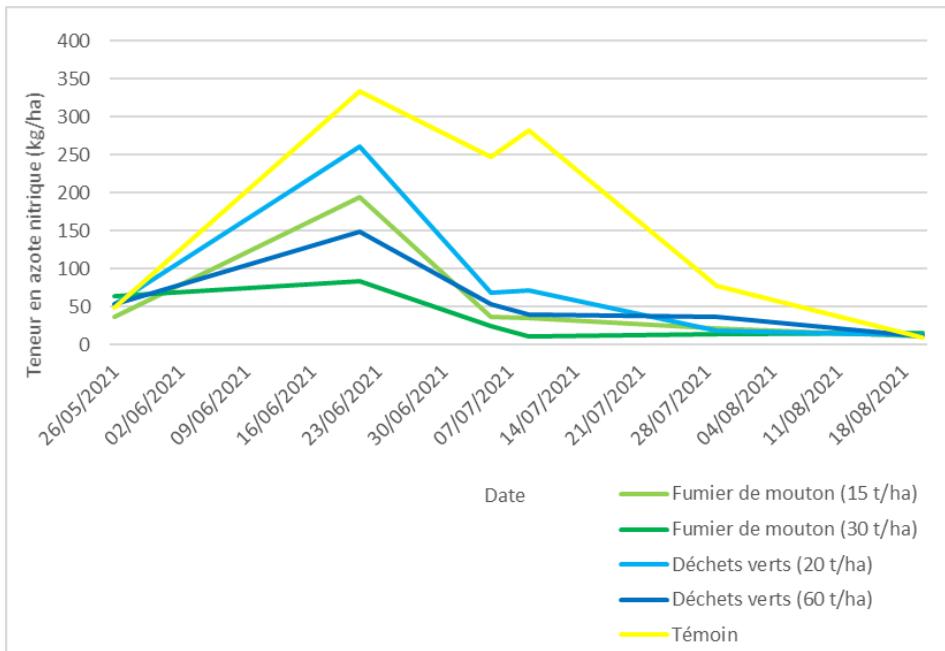


Figure 3 : Evolution de la teneur en azote nitrique (kg/ha) du sol en fonction de la modalité d'apport de matières organiques

5.3.1.3 Courge seule x apports de matières organiques

Les teneurs en azote nitrique du sol au 26 mai 2021 sont similaires à celles présentées dans le paragraphe précédent (figure 6).

Au 21 juin 2021, la teneur en azote nitrique du sol est la plus élevée pour le témoin (333.5 kg/ha). Le compost de déchets verts (20 t/ha) est à 261.3 kg/ha, suivi par le compost de fumier de mouton à 15 t/ha (195 kg/ha) et le compost de déchets verts à 60 t/ha (148.2 kg/ha). La modalité la plus faible est le compost de fumier de mouton (30 t/ha) à 83.2 kg/ha.

Lors de l'analyse du 05 juillet 2021, l'ensemble des modalités présente une diminution de la teneur en azote nitrique du sol. Le compost de déchets verts (20 t/ha) est le plus élevé avec 119.6 kg/ha. Il est suivi de près par le témoin. Le compost de déchets verts (60 t/ha) est à 48.8 kg/ha tandis que les autres modalités sont inférieures à 25 kg/ha.

Lors de l'analyse du 09 juillet 2021, le témoin montre une augmentation drastique de sa teneur en azote nitrique du sol avec 449.8 kg/ha. Le compost de fumier de mouton (15 t/ha) présente lui-aussi une petite augmentation, avec 27.3 kg/ha. Les trois autres modalités ont une teneur en azote nitrique du sol qui diminue : la plus faible est pour le compost de fumier de mouton (30 t/ha) à 9.8 kg/ha.

Le 29 juillet 2021, la dynamique est variable selon les modalités. Le compost de fumier de mouton (30 t/ha) et le compost de déchets verts (60 t/ha) présentent une augmentation de leurs teneurs en azote nitrique du sol, avec respectivement 18.9 kg/ha et 46.8 kg/ha. La teneur la plus élevée reste attribuée au témoin (57.2 kg/ha) tandis que la plus faible est le compost de fumier de mouton (15 t/ha) avec 7.8 kg/ha.

Enfin, lors de la dernière analyse du 20 août 2021, seules les modalités compost de fumiers de mouton (15 et 30 t/ha) présentent une augmentation de leurs teneurs en azote nitrique du sol, avec respectivement 10.4 kg/ha et 20.2 kg/ha. Cette dernière est également la plus élevée. La valeur la plus faible est attribuée au témoin, avec 9.1 kg/ha.

5.3.1.4 Courge + maïs x apports de matières organiques

Les analyses effectuées le 26 mai 2021 sur les parcelles des différentes modalités de matières organiques de distinguent pas les modalités de l'association de culture : elles sont identiques à celles présentées dans les précédents paragraphes (figure 7).

Le 05 juillet 2021, la teneur en azote nitrique du sol est largement plus élevée pour la modalité témoin avec 379.6 kg/ha. Les autres modalités ne dépassent pas 100 kg/ha d'azote : la plus élevée est le compost de déchets verts (60 t/ha) avec 58.5 kg/ha tandis que la plus faible est le compost de déchets verts (20 t/ha) avec 17.6 kg/ha.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

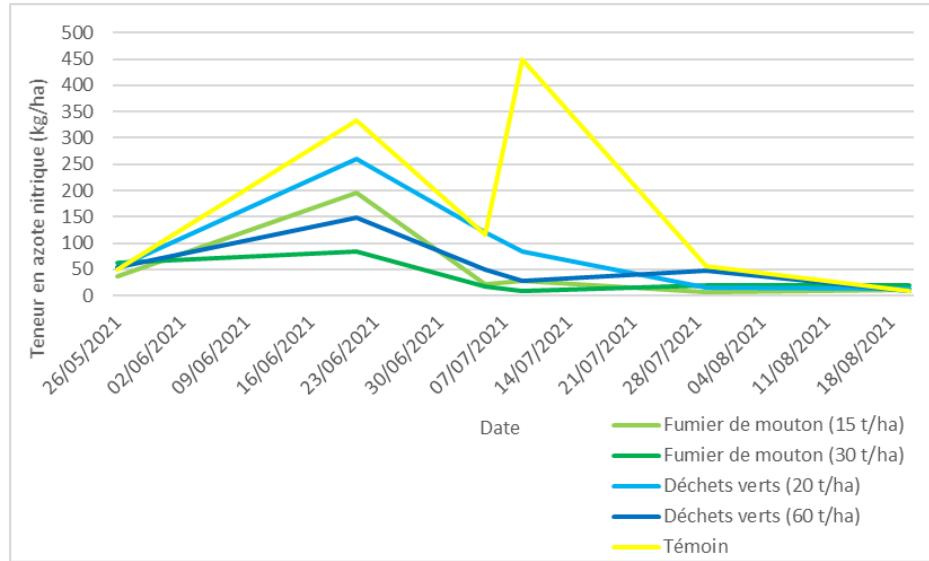


Figure 4 : Evolution de la teneur en azote nitrique (kg/ha) du sol en fonction de la modalité de fertilisation pour les parcelles de courge seule

Lors de l'analyse du 09 juillet 2021, le témoin reste largement plus élevé mais diminue malgré tout à 113.8 kg/ha. La modalité compost de déchets verts (20 t/ha) augmente jusqu'à 60.5 kg/ha d'azote nitrique du sol tandis que le compost de fumier de mouton (30 t/ha) chute à 11.7 kg/ha. Les autres modalités restent équivalentes.

Le 29 juillet 2021, l'ensemble des modalités présente une diminution de la teneur en azote nitrique du sol. Le témoin est à 98.8 kg/ha tandis que le compost de fumier de mouton est le plus faible, à 9.8 kg/ha.

Enfin, le 20 août 2021, lors de la dernière analyse, la diminution observée précédemment se retrouve. Seule la modalité compost de fumier de mouton (30 t/ha) augmente puisqu'elle atteint 11.1 kg/ha, tout comme le témoin et le compost de déchets verts à 60 t/ha. Les modalités compost de fumier de mouton (15 t/ha) et compost de déchets verts (20 t/ha) sont elles aussi égales, à 10.4 kg/ha d'azote nitrique du sol.

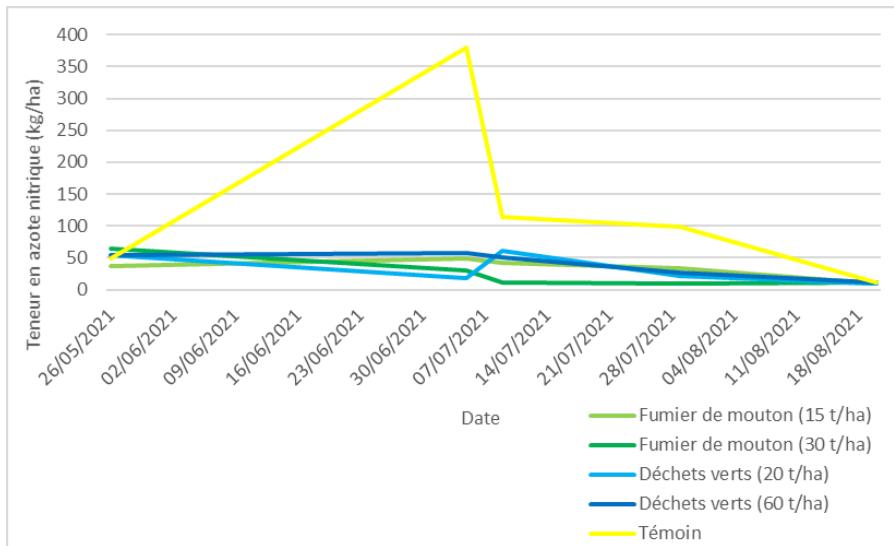


Figure 5 : Evolution de la teneur en azote nitrique (kg/ha) du sol en fonction de la modalité de fertilisation pour les parcelles de courge + maïs

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

5.3.2 Suivi de l'état azoté des plantes

5.3.2.1 Facteur d'association de cultures

Au 21 juin 2021, la teneur en azote nitrique pétioinaire n'a pas été évaluée pour la modalité d'association de cultures (figure 8). Les dynamiques sont similaires pour les deux modalités sur l'ensemble de l'essai.

Au 05 juillet 2021, la teneur en azote nitrique pétioinaire est plus élevée pour les courges de la modalité de cultures associées (1146 mg.l^{-1}) mais cet écart est dérisoire.

Au 28 juillet 2021, cet écart s'est encore réduit bien que l'ordre des modalités reste identique : les parcelles de courge + maïs présentent en moyenne 385 mg.l^{-1} d'azote nitrique pétioinaire contre 303 mg.l^{-1} dans les parcelles de courge seule.

Lors de la dernière mesure, le 20 août 2021, les deux modalités montrent une légère augmentation de leur teneur en azote nitrique pétioinaire et la modalité de courge seule passe devant : elle atteint 640 mg.l^{-1} contre 456 mg.l^{-1} pour les courges en association de cultures.

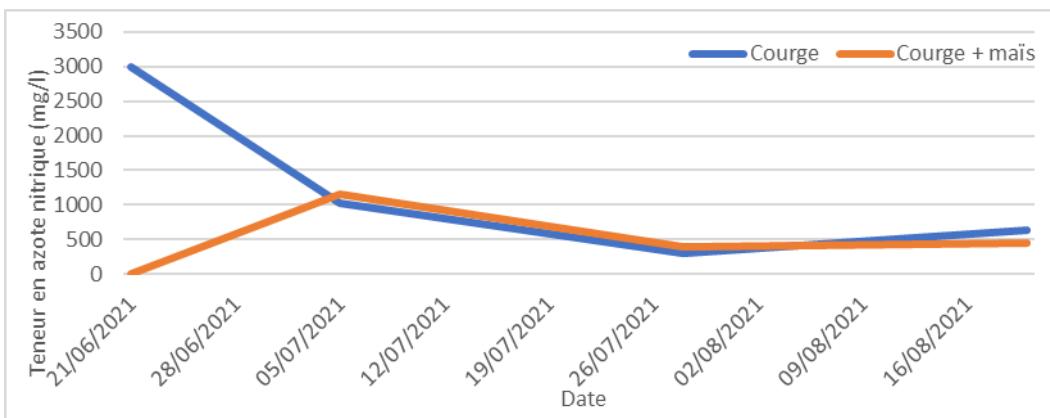


Figure 6 : Evolution de la teneur en azote nitrique pétioinaire (mg.l^{-1}) en fonction de la modalité d'association de culture

5.3.2.2 Facteur d'apports de matières organiques

La dynamique est similaire pour l'ensemble des modalités, à l'exception du compost de fumier de mouton (15 t/ha) qui est riche en azote nitrique pétioinaire dès le début de l'essai (figure 9).

Au 21 juin 2021, la teneur en azote nitrique pétioinaire est de 3860 mg.l^{-1} pour le compost de fumier de mouton (15 t/ha), plus élevé que les autres. La plus faible teneur est mesurée pour le compost de déchets verts (20 t/ha) avec 2600 mg.l^{-1} .

Au 05 juillet 2021, l'ensemble des modalités présente une diminution des teneurs en azote nitrique pétioinaire. La modalité témoin est la plus élevée avec 1373 mg.l^{-1} tandis que le compost de déchets verts (60 t/ha) est la plus faible avec 910 mg.l^{-1} . Les autres modalités sont comprises entre 1000 et 1100 mg.l^{-1} .

Au 28 juillet 2021, la diminution de la teneur en azote nitrique pétioinaire se poursuit. La modalité compost de fumier de mouton (15 t/ha) est la plus élevée avec 363 mg.l^{-1} tandis que la plus faible est le témoin (225 mg.l^{-1}).

Enfin, lors de la dernière mesure le 20 août 2021, une augmentation de la teneur en azote nitrique pétioinaire est observée pour l'ensemble des modalités. La plus élevée est le compost de déchets verts (20 t/ha) avec 603 mg.l^{-1} tandis que la plus faible est le compost de déchets verts à 60 t/ha (365 mg.l^{-1}).

5.3.2.3 Courge seule x apports de matières organiques

Lorsqu'on s'intéresse à ces modalités croisées, la dynamique des teneurs en azote nitrique pétioinaire est sensiblement la même pour l'ensemble des modalités.

Au 21 juin 2021, les teneurs en azote nitrique pétioinaire sont identiques à celles présentées dans le paragraphe précédent (figure 10).

Au 05 juillet 2021, la teneur en azote nitrique pétioinaire est nettement plus élevée pour la modalité témoin (1520 mg.l^{-1}) tandis qu'elle est la plus faible pour le compost de fumier de mouton (15 t/ha) avec 815 mg.l^{-1} . Les autres modalités sont comprises entre 840 et 1085 mg.l^{-1} .

Au 28 juillet 2021, la teneur en azote nitrique pétioinaire est la plus élevée pour la modalité compost de fumier de mouton (15 t/ha) avec 350 mg.l^{-1} . Elle est suivie de près par le compost de fumier de mouton (30 t/ha) avec 345 mg.l^{-1} . La modalité la plus faible est le témoin (210 mg.l^{-1}).

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

Enfin, lors de la dernière mesure en date du 20 août 2021, la plupart des modalités présentent une augmentation de leur teneur en azote nitrique pétioinaire, à l'exception du compost de déchets verts 60 t/ha (290 mg.l⁻¹). La plus élevée est la modalité compost de fumier de mouton (30 t/ha) avec 790 mg.l⁻¹, suivie de près par le compost de déchets verts à 20 t/ha (780 mg.l⁻¹).

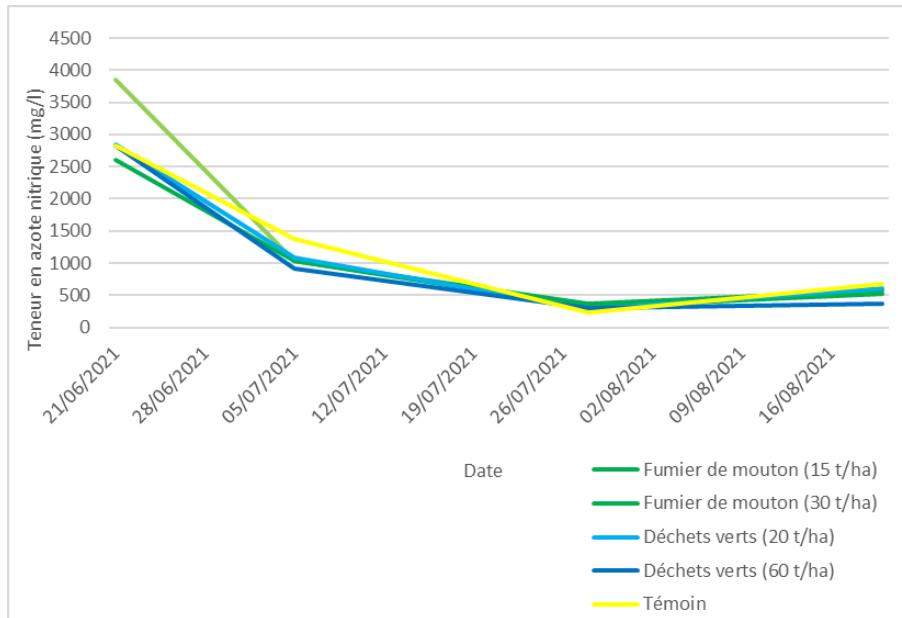


Figure 7 : Evolution de la teneur en azote nitrique pétioinaire (mg.l⁻¹) en fonction de la modalité d'apport de matières organiques

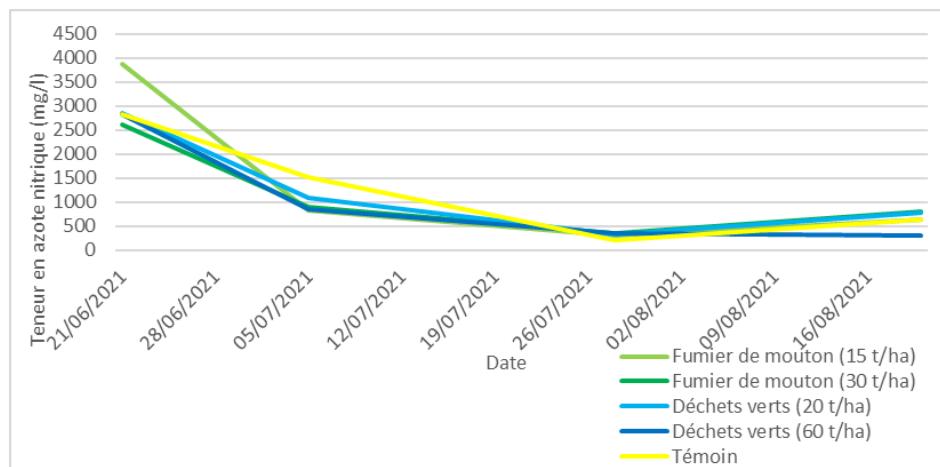


Figure 8 : Evolution de la teneur en azote nitrique pétioinaire (mg.l⁻¹) en fonction de la modalité courge seule x apport de matières organiques

5.3.2.4 Courge + maïs x apports de matières organiques

Les dynamiques sont similaires pour l'ensemble des modalités croisées (figure 11).

Au 05 juillet 2021, la teneur en azote nitrique pétioinaire est plus élevée pour la modalité compost de fumier de mouton (15 t/ha) avec 1250 mg.l⁻¹. La plus faible est enregistrée pour la modalité compost de déchets vers (60 t/ha) avec 980 mg.l⁻¹. Les autres teneurs sont comprises entre 1190 et 1250 mg.l⁻¹.

Au 28 juillet 2021, la teneur en azote nitrique pétioinaire a diminué pour toutes les modalités. La plus élevée est toujours le compost de fumier de mouton (15 t/ha) à 430 mg.l⁻¹. Les plus faibles sont le compost de déchets verts (20 t/ha) et le témoin, avec 240 mg.l⁻¹.

Pour finir, au 20 août 2021, la teneur en azote nitrique pétioinaire augmente pour l'ensemble des modalités à l'exception du compost de fumier de mouton 30 t/ha (265 mg.l⁻¹). La plus élevée est le témoin avec 640 mg.l⁻¹.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

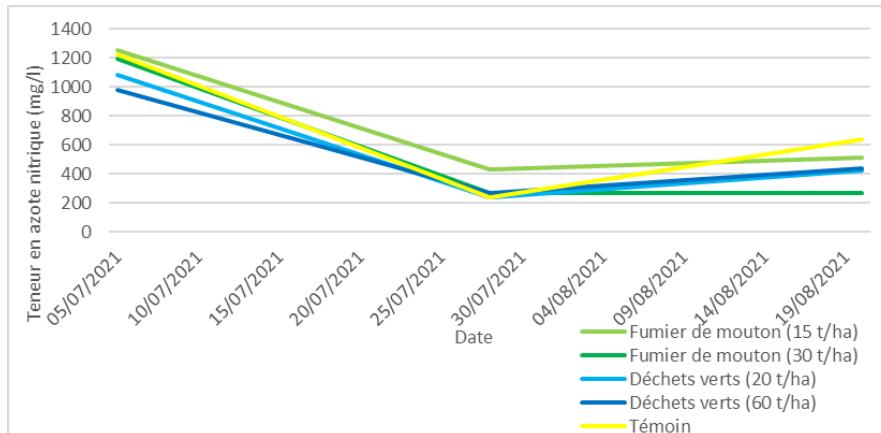


Figure 9 : Evolution de la teneur en azote nitrique pétioinaire (mg.l^{-1}) en fonction de la modalité courge + maïs x apport de matières organiques

5.4 Suivi phytosanitaire

Des observations phytosanitaires ont été effectuées toutes les semaines jusqu'à la fin du mois d'août, période à laquelle le maïs a été récolté. Ensuite, les courges ont continué de sécher jusqu'à la fin du mois de septembre, sans risque phytosanitaire particulier à ce stade.

En ce qui concerne les courges, les bioagresseurs principalement observés sont l'oïdium qui se développe à partir du 29 juin 2021 et devient vraiment important à partir du 13 juillet 2021 et les aleurodes qui sont présentes dès la mise en place de l'essai. L'oïdium ayant été important, il a été nécessaire de traiter à plusieurs reprises la culture. Les cicadelles apparaissent à partir de début juillet mais leurs populations ne semblent pas menaçantes. Par ailleurs, ce n'est pas un ravageur de la courge. Les pucerons sont présents dès le début de l'essai mais disparaissent finalement assez vite (fin juin – début juillet 2021) puis reviennent en fin de culture, à partir du mois d'août, sans nécessiter d'intervention. La modalité de compost de déchets verts (60 t/ha) présente des noctuelles à plusieurs reprises dans l'essai, c'est la seule pour qui cela se produit. Les principaux auxiliaires sont les orius et les dicyphus mais il est difficile de dresser un schéma plus détaillé des populations.

Le suivi phytosanitaire du maïs a mis en évidence une présence récurrente de cicadelles et de punaises sur l'ensemble des modalités. Les cicadelles apparaissent dès le début de l'expérimentation et les punaises sont présentes à partir de début juillet 2021. Les forficules sont aussi nombreux tout au long de l'essai. En fin de culture, des présences ponctuelles de charbon et de pyrale sont observées. Il n'y a pas beaucoup de différences entre les modalités. Sur le maïs, beaucoup moins d'auxiliaires ont été observés que sur la courge : seules trois espèces sont présentes : les orius, les chrysopes et les coccinelles. Leur répartition est variable selon les modalités.

Le suivi hebdomadaire des bioagresseurs de la parcelle a entraîné la mise en place de sept traitements de couverture, tous contre l'oïdium, à base de soufre ou d'hydrogénocarbonate de sodium (tableau 2).

Tableau 2 : Récapitulatif des interventions phytosanitaires réalisées

Semaine	Produit commercial	Dose à l'hectare Kg ou L	DAR	Application	DRE	Spécialité commerciale			Homologation	
						Composition en S.A.	Fonction	Formulation	Espèce cultivée	Cible
26	COSAVET DF	5	-	Généralisée	6h	Soufre	Fongicide	Granulés dispersables	Butternut	Oïdium
27	COSAVET DF	5	-	Généralisée	6h	Soufre	Fongicide	Granulés dispersables	Butternut	Oïdium
28	COSAVET DF	5	-	Généralisée	6h	Soufre	Fongicide	Granulés dispersables	Butternut	Oïdium
29	COSAVET DF	5	-	Généralisée	6h	Soufre	Fongicide	Granulés dispersables	Butternut	Oïdium
31	/	2000 - 5000	1	Généralisée	-	Hydrogénocarbonate de sodium	Fongicide	Poudre	Butternut	Oïdium
33	/	2000 - 5000	1	Généralisée	-	Hydrogénocarbonate de sodium	Fongicide	Poudre	Butternut	Oïdium
34	/	2000 - 5000	1	Généralisée	-	Hydrogénocarbonate de sodium	Fongicide	Poudre	Butternut	Oïdium

N.B. : Dans le cadre d'un essai avec association de culture de familles différentes, la gestion phytosanitaire devient extrêmement délicate car les spécialités communes aux deux cultures sont rares.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

5.5 Suivi des adventices

Il n'a pas été nécessaire d'assurer ce suivi pendant l'expérimentation 2021.

5.6 Suivi de la productivité des cultures

5.6.1 Rendement de la courge butternut

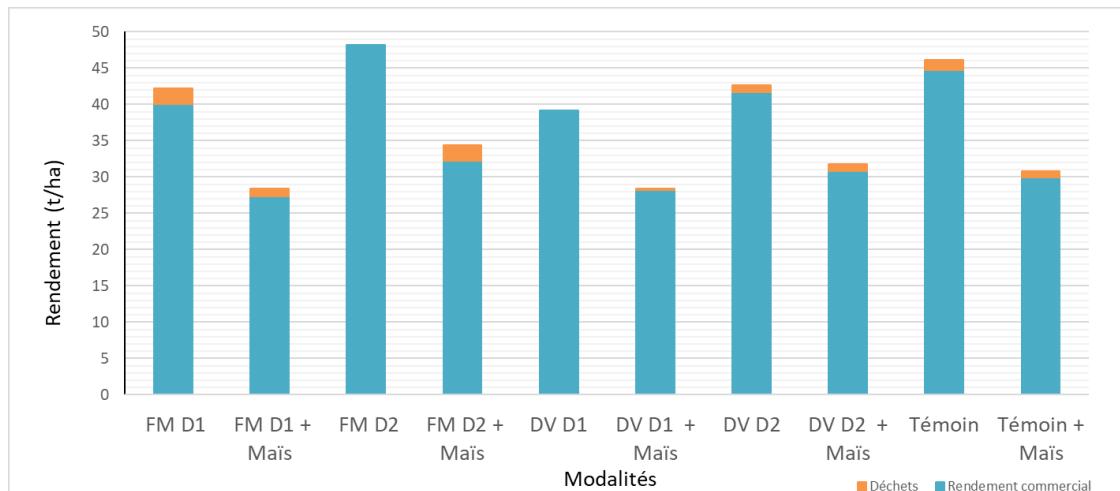


Figure 10 : Rendement commercialisable (t/ha) des fruits de courge butternut et déchets (t/ha) pour l'ensemble des modalités

Le rendement commercialisable total pour la courge butternut est le plus élevé pour la modalité compost de fumier de mouton (30 t/ha) avec 48.2 t/ha (figure 12). Elle est suivie de la modalité témoin, avec 44.7 t/ha. Le rendement le plus faible est pour la modalité compost de déchets verts (20 t/ha) en association de culture avec 28.3 t/ha. Globalement, l'augmentation de la dose de matière organique apportée augmente le rendement commercialisable en courge butternut. En revanche, l'association de culture diminue le rendement en courge.

La quantité de déchets est faible pour l'ensemble de l'essai : elle est maximale pour la modalité compost de fumier de mouton (15 t/ha) avec 2.2 t/ha.

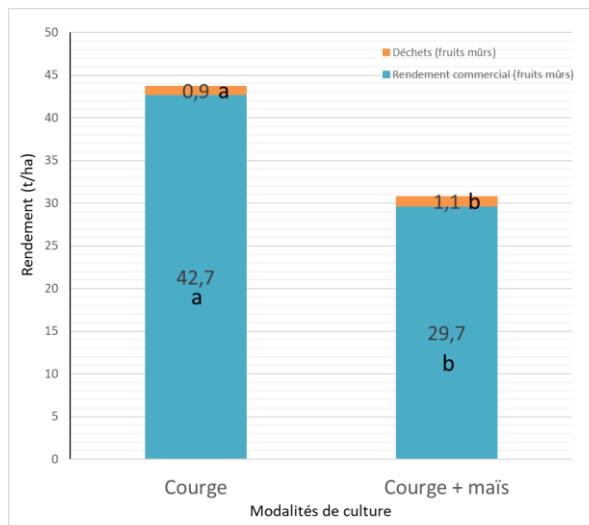


Figure 11 : Rendement commercialisable (t/ha) des fruits de courge butternut et déchets (t/ha) pour les modalités d'association de culture. Les différentes lettres représentent des groupes significativement différents au seuil de 0.05 avec une analyse de variance à deux facteurs.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

En ce qui concerne le facteur d'association de culture (figure 13), le rendement des courges butternut est significativement plus élevé pour la modalité courge seule (42.7 t/ha) que la modalité courge + maïs (29.7 t/ha). Cela représente une diminution de 30 % du rendement commercialisable. Cette différence se joue en nombre de fruits puisque la modalité courge seule produit un fruit de plus (3.5 fruits/m²) que la modalité associée (2.5 fruits/m²) pour la même surface. Le poids moyen des fruits n'est pas impacté par l'association de culture, il est de 1.2 kg pour les deux modalités.

Par ailleurs, le nombre de déchets est significativement plus élevé pour la modalité de courge associée au maïs (1.1 t/ha).

En revanche, les différences ne sont pas significativement lorsqu'on regarde le rendement commercialisable en courge butternut en fonction de la modalité de fertilisation (figure 14). La modalité compost de fumier de mouton (30 t/ha) a un rendement de 40.2 t/ha tandis que les modalités compost de déchets verts (20 t/ha) et compost de fumier de mouton (15 t/ha) ont un rendement de 33.7 t/ha. Les autres modalités ont des rendements compris entre 36 et 37.5 t/ha.

Il n'y a pas non plus de différences en ce qui concerne le nombre de déchets. La modalité compost de fumier de mouton (15 t/ha) présente 1.7 t/ha de déchets tandis que la modalité compost de déchets verts (20 t/ha) est à 0.1 t/ha. Les autres modalités sont comprises entre 1.0 et 1.2 t/ha.

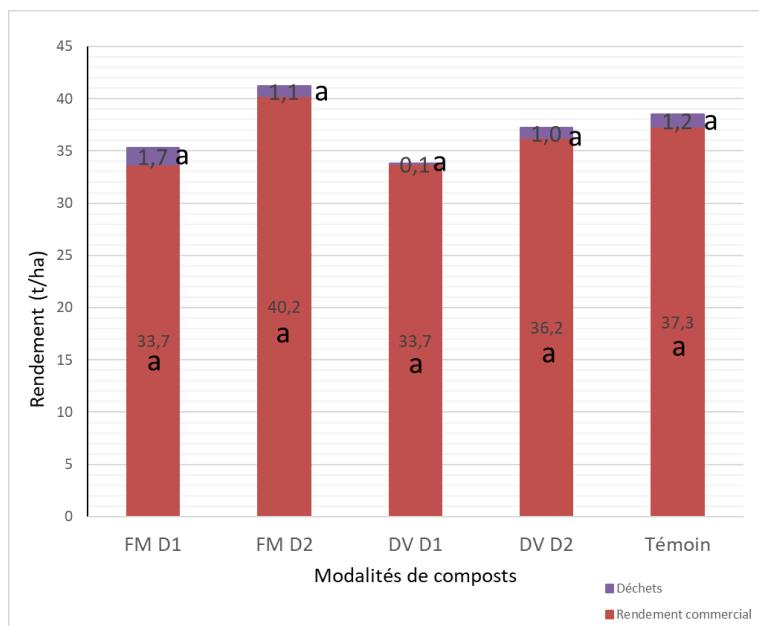


Figure 12 : Rendement commercialisable (t/ha) des fruits de courge butternut et déchets (t/ha) pour les modalités d'apports de matières organiques. Il n'y a pas de différences significatives au seuil de 0.05 avec une analyse de variance à deux facteurs.

5.6.2 Rendement du maïs doux

Le rendement brut en maïs doux ne présente pas de différences significatives en fonction de la modalité d'apport de matières organiques. Le témoin a un rendement brut de 11.3 t/ha tandis que la modalité compost de fumier de mouton (15 t/ha) est à 7.6 t/ha. Les autres modalités sont comprises entre 8.9 et 10.7 t/ha (figure 15).

Le rendement commercialisable est extrêmement faible quelle que soit la modalité considérée, en raison de l'importante quantité de déchets présents lors de la récolte. La modalité témoin est la seule qui dépasse 0.1 t/ha mais il n'y a pas de différences significatives. Le taux de déchets des différentes modalités n'est pas significativement différent. La modalité témoin est à 79.5 % de déchets tandis que la modalité compost de fumier de mouton (15 t/ha) est à 86.2 %, proche de la modalité compost de déchets verts (60 t/ha) à 85.5 %. Les deux autres modalités sont comprises entre 81 et 84 % de déchets. Il n'y a pas de différences significatives sur le nombre ou le poids des déchets. Le nombre de déchets est compris entre 60 et 70 avec un poids moyen d'environ 110 g.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

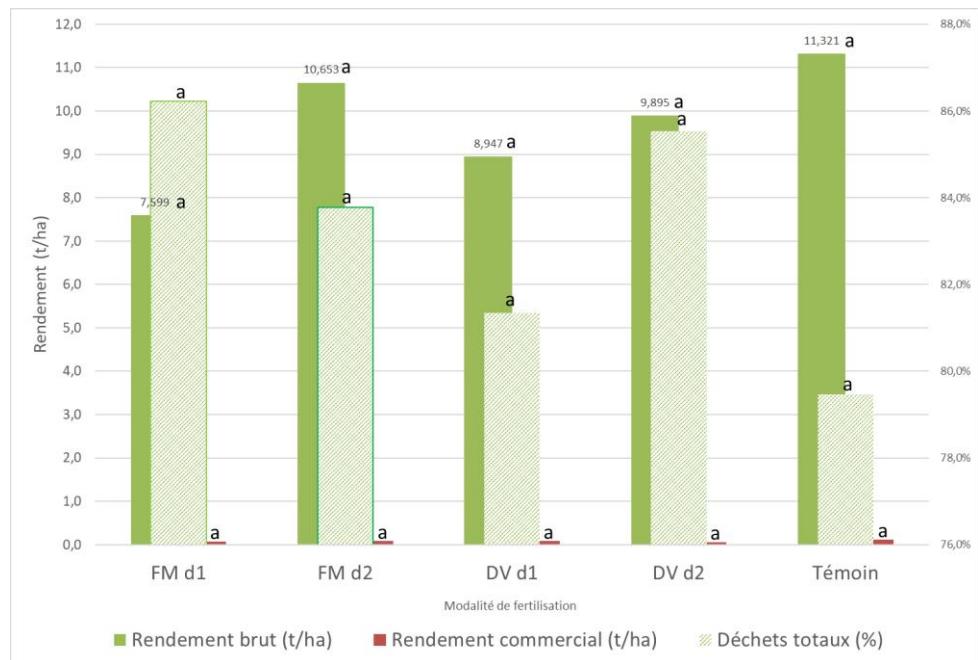


Figure 13 : Rendement brut et commercialisable (t/ha) ainsi que pourcentage de déchets (%) des épis de maïs doux pour les modalités d'apports de matières organiques. Il n'y a pas de différences significatives au seuil de 0.05 avec une analyse de variance.

Il n'y a pas de différences significatives sur le poids moyen des épis ou leur nombre (figure 16). Pour chaque modalité, il y a entre 3 et 6 épis commercialisables, avec un poids moyen après parage d'environ 170 g.

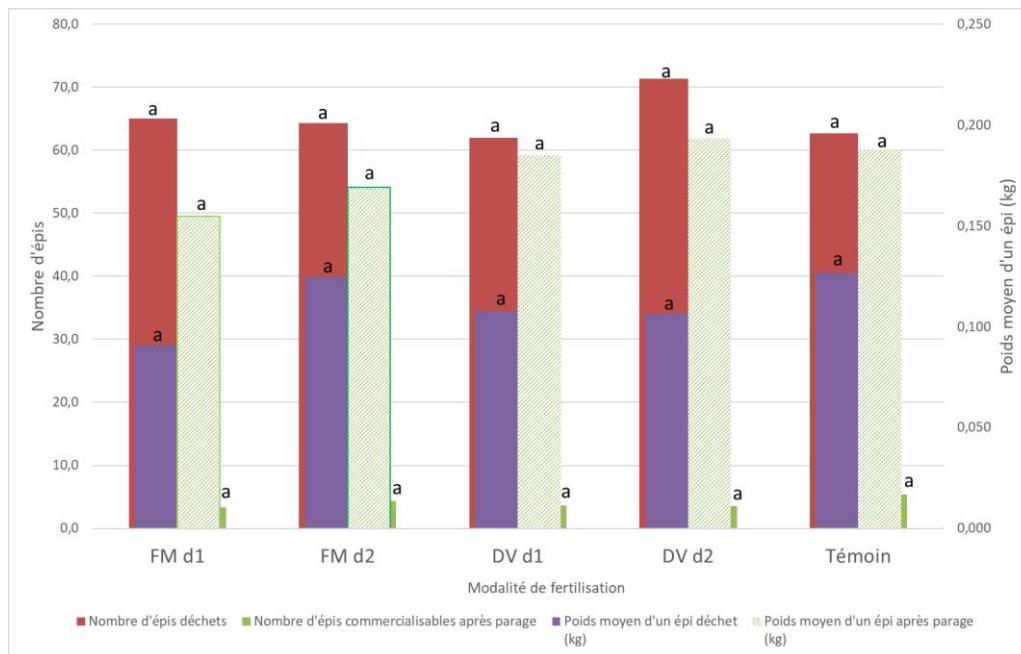


Figure 14 : Poids moyen (kg) et nombre des épis de maïs doux commerciaux parés ou déchets en fonction de la modalité de fertilisation. Il n'y a pas de différences significatives au seuil de 0.05 avec une analyse de variance.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

Les attaques de pyrale sont les principales causes des déchets car elles représentent plus de 55 % des épis récoltés (figure 17). Les dégâts divers (petits épis, mauvaise fécondation, épis verts,...) représentent la deuxième cause de déclassement des épis, avec environ 17 % des épis, à l'exception du témoin qui tombe à 10 %. Les dégâts causés par les sangliers et le charbon sont plus faibles, ils ne dépassent pas 10 % des épis récoltés lorsqu'ils sont cumulés.

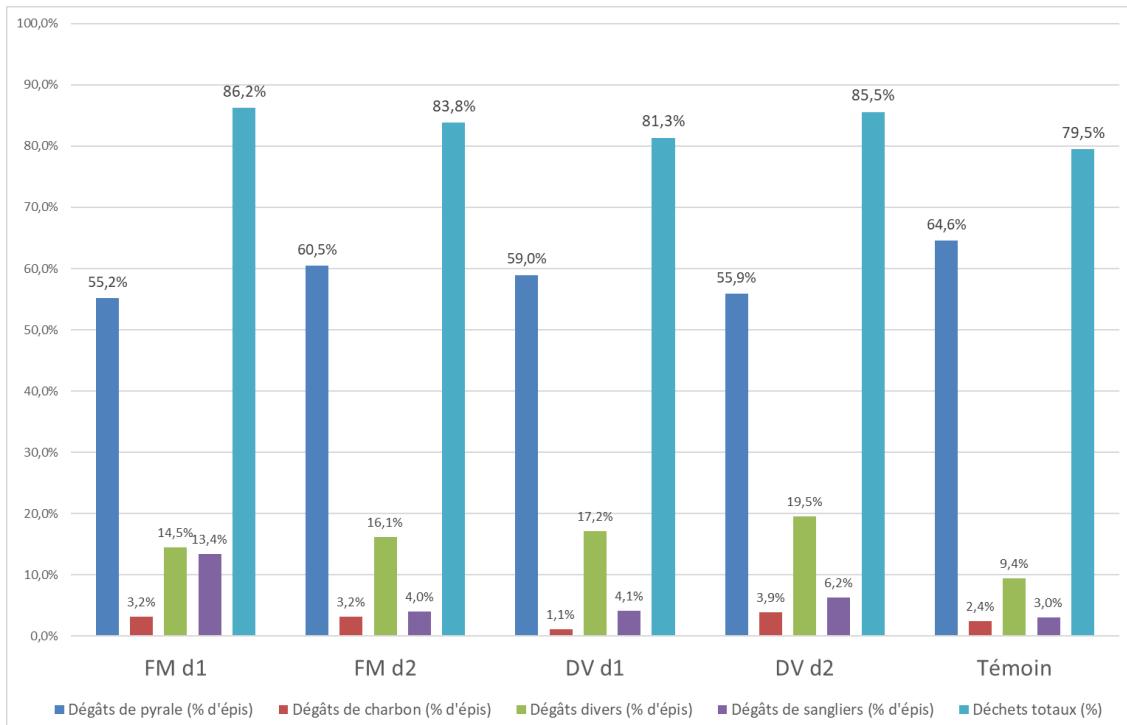


Figure 15 : Classification des déchets (% d'épis récoltés) pour chacune des modalités de fertilisation

5.6.3 Land Equivalent Ratio (LER)

Le Land Equivalent Ratio (LER) est un indicateur qui compare la surface nécessaire pour produire une monoculture et celle nécessaire pour produire une polyculture. Il se calcule comme suit (Ebel et al., 2017) (où n représente le nombre de cultures associées, CP le rendement d'une culture associée à l'hectare et CM le rendement de cette même espèce en monoculture). Un LER supérieur à 1 présente un avantage de productivité supérieur pour la polyculture.

$$RET = \sum_{i=1}^n \frac{CP_i}{CM_i}$$

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

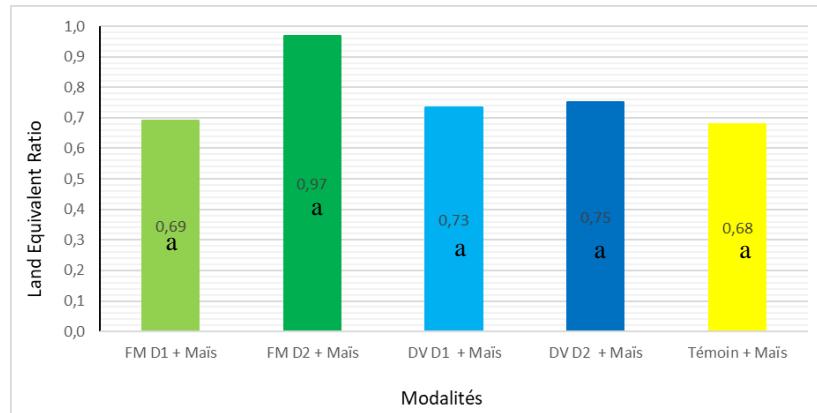


Figure 16 : Land Equivalent Ratio selon les modalités de fertilisation avec le rendement commercialisable du maïs.

Il n'y a pas de différences significatives entre les différentes modalités (figure 18) pour le calcul du LER. La modalité compost de fumier de mouton (30 t/ha) a un LER de 0.97 là où ceux du témoin et du compost de fumier de mouton (15 t/ha) sont à 0.68 et 0.69 respectivement.

Le rendement commercialisable du maïs étant anormalement faible à cause des déchets, un LER a été calculé à partir du rendement brut afin d'essayer de s'affranchir de ce biais (figure 19). Il n'y a de nouveau pas de différences significatives entre les modalités. Le LER dépasse 1 pour l'ensemble des modalités. Le compost de fumier de mouton (30 t/ha) a un LER de 1.93 tandis que celui du compost de fumier de mouton (15 t/ha) est à 1.37. Les autres LER sont compris entre 1.5 et 1.7.

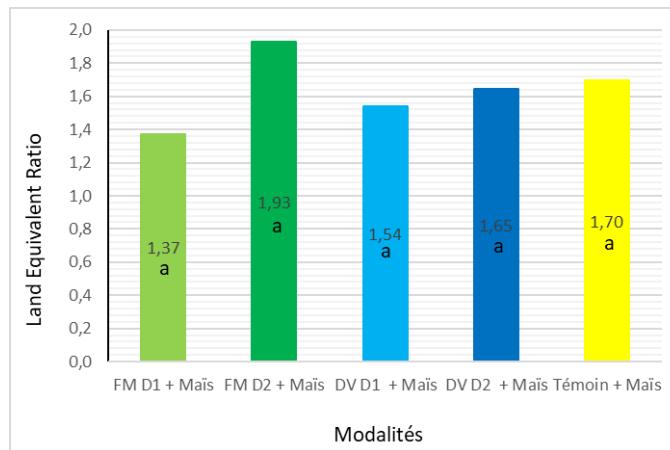


Figure 17 : Land Equivalent Ratio selon les modalités de fertilisation avec le rendement brut du maïs.

5.7 Valorisation économique

Entre août 2021 et mars 2022, la courge butternut biologique d'origine France a été vendue en moyenne à 1.58 € HT/kg sur le Marché d'Intérêt National de Rungis³. Le maïs doux en épis frais semble pouvoir être vendu à hauteur de 1.05 €/épi sur les marchés de gros⁴.

³ Réseau des Nouvelles des Marchés, 2022. Prix moyens mensuels des courges entre le 01 avril 2021 et le 31 mars 2022.

⁴ Prix de vente Carrefour : deux épis AB à 2.99 €. Tenir compte de 30 % de marge. Validé par M. Conseil (ITAB) à l'oral.

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

Tableau 3 : Valorisation économique estimée des productions issues de cette expérimentation, avec le rendement commercialisable du maïs doux

	Maïs (€)	Courge (€)	Courge associée au maïs (€)	Total association de cultures (€)
Fumier de mouton 15 t/ha	470.24	63 210.83	43 129.03	43 599.27
Fumier de mouton 30 t/ha	562.42	76 096.90	50 920.18	51 482.6
Déchets verts 20 t/ha	457.17	61 936.88	44 635.29	45 092.46
Déchets verts 60 t/ha	300.38	65 770.13	48 659.90	48 960.28
Témoin	614.32	70 691.25	47 277.99	47 892.31

Les prix de vente élevés du maïs doux en épis frais ne suffisent pas à compenser la diminution de la productivité de la courge butternut lorsqu'elle est cultivée en association de cultures (tableau 3).

Tableau 4 : Valorisation économique estimée des productions issues de cette expérimentation, avec le rendement brut du maïs doux

	Maïs (€)	Courge (€)	Courge associée au maïs (€)	Total association de cultures (€)
Fumier de mouton 15 t/ha	63 298	63 210.83	43 129.03	106 427.03
Fumier de mouton 30 t/ha	66 145.6	76 096.90	50 920.18	117 065.78
Déchets verts 20 t/ha	50 739.05	61 936.88	44 635.29	95 374.34
Déchets verts 60 t/ha	53 739.08	65 770.13	48 659.90	102 398.98
Témoin	63 298	70 691.25	47 277.99	110 575.99

En se s'intéressant qu'au rendement brut du maïs doux, il semble que cette association de cultures ait un potentiel de valorisation économique important puisqu'elle semble plus rentable qu'une culture de courge butternut seule (tableau 4).

VI. Discussion

L'année 2021 représente la deuxième et dernière année d'expérimentation dans le cadre du projet MMBio. Cette deuxième année avait pour objectif de confirmer les résultats de 2020 ainsi que d'essayer de corriger les difficultés rencontrées dans la conduite de culture.

Tout d'abord, les résultats présentés précédemment doivent être toujours mis en relation avec les teneurs en azote apportées dans les différentes modalités. Ainsi, il est bon de rappeler que la modalité compost de fumier de mouton à 30 t/ha a reçu un apport en azote efficace de 213 kg/ha, là où l'apport est plutôt de 140 kg/ha pour les autres modalités. Nous aurions ainsi pu nous attendre à observer une teneur en azote nitrique du sol bien plus élevée pour cette modalité en comparaison des autres et notamment du compost de fumier de mouton à 15 t/ha. Cependant, cela n'est pas le cas, ni pour l'azote nitrique du sol, ni pour l'azote nitrique pétioinaire. Pourtant, les résultats de 2020 montrent bien une tendance de cette modalité à présenter des teneurs en azote nitrique parmi les plus élevées. Une hypothèse pour expliquer ce phénomène serait que la dose d'azote effectivement apportée en 2021 est trop conséquente par rapport à la teneur initiale en azote du sol et que ces 213 kg/ha d'azote entraînent une saturation des micro-organismes du sol, qui n'arrivent pas à minéraliser l'azote excédentaire. Il serait intéressant de continuer l'expérimentation une année de plus, peut-être sans apport de matière organique, pour observer si l'azote apporté en 2021 continue à être minéralisé les années suivantes et pendant combien de temps.

Une observation similaire est possible sur les apports de compost de déchets verts. La dose de 20 t/ha présente en majorité des teneurs en azote nitrique du sol et pétioinaire semblables voire supérieures à celle de la dose de 60 t/ha. La même hypothèse que précédemment est possible : l'apport de 60 t/ha est peut-être trop conséquent par rapport à la capacité de minéralisation des micro-organismes du sol, qui saturent et ne peuvent pas exploiter l'ensemble de l'azote apporté.

Il est normal d'observer une diminution progressive de la teneur en azote nitrique pétioinaire dans les courges car une fois leur développement assuré, les plantes dirigent l'azote nitrique dans d'autres organes tels que les

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

fruits et les pétioles s'appauvrisse. Par ailleurs, les résultats fournis ici ont uniquement un but informatif car il n'existe pas de grille PILazo® pour le pilotage de la fertilisation de la courge butternut. L'objectif ici est simplement de pouvoir comparer les modalités entre elles et non pas à un référentiel.

Enfin, l'absence de mesures de l'azote nitrique du sol et pétioinaire sur les parcelles d'association de culture au 21 juin 2021 (date des premières mesures) empêche d'analyser la minéralisation des matières organiques entre l'apport à la phase de développement des plants. Cette erreur sera à éviter à l'avenir, pour garantir des résultats complets pour l'ensemble des modalités.

Le suivi phytosanitaire de l'essai n'a pas permis de mettre en avant de tendances entre les différentes modalités. Le faible nombre de plants observé ne permet pas de généraliser les observations. La présence plus élevée de noctuelle sur la modalité compost de déchets verts à 60 t/ha relève probablement du pur hasard plutôt que d'un quelconque effet de ce compost sur ce ravageur. Les pourcentages indiqués dans les graphiques (en annexe) sont impressionnantes mais il faut garder à l'esprit que l'observation d'un seul individu d'une espèce donnée donne lieu à une notation. En ce qui concerne les auxiliaires, il y a de fortes différences entre les modalités mais cela peut s'expliquer par des populations plus faibles, variant rapidement. La pression sanitaire et la biodiversité illustrées par ces différents graphiques sont donc à relativiser largement. Dans l'objectif d'étudier plus finement ce paramètre, il faudrait prévoir un essai avec des parcelles de plus grande envergure et sélectionner des notations ayant vocation à mettre en avant des différences de biodiversité en fonction des modalités étudiées. Ce n'était pas le cas ici.

De plus, lors d'un essai (ou d'une culture) en association de cultures, il faut prendre en compte que la protection phytosanitaire est extrêmement difficile à mettre en place. En effet, la législation oblige à ce que les produits de traitements appliqués soient homologués pour les deux espèces. Dans le cas du maïs doux et de la courge, cette dernière est sensible à l'oïdium puisqu'il est apparu dès le début de l'essai en 2020 et 2021 mais il n'y a pas de produits à base de soufre (autorisés en Agriculture Biologique) homologués sur maïs. Avant la mise en place de ce type de culture, il faut donc choisir soigneusement les espèces étudiées pour faciliter la protection phytosanitaire, ou simplement avoir conscience qu'il sera impossible de protéger correctement ces cultures.

En ce qui concerne la productivité des cultures, les rendements en courge butternut sont largement supérieurs à ce qui est attendu, y compris pour la modalité en association de cultures. Les rendements en courge butternut AB sont traditionnellement de 15 à 20 t/ha⁵. En 2020 déjà, les rendements avaient été largement dépassés, même si l'écart à l'attendu restait plus faible. Le témoin de fertilisation étant lui aussi concerné, il est peu probable que ce soient les apports de matières organiques qui favorisent autant la production de courge. En revanche, il est clair que l'association de cultures diminue le rendement des courges butternut, de 30.4 % en 2021 et de 44.1 % en 2020. L'association de courge butternut avec du maïs doux entraîne une diminution de 30 à 40 % du rendement en courge. Cependant, bien que la différence entre les années soit faible, il semble que l'installation des deux rangs de maïs d'un même côté de la courge butternut ait diminué légèrement la concurrence entre les deux espèces (plutôt que l'encadrement des courges en 2020). Pour confirmer cette observation, il serait nécessaire de continuer les travaux. Les résultats 2021 indiquent également que c'est le nombre de fruits qui est impacté plutôt que leur poids, ce qui est contraire aux résultats de 2020. La concurrence entre les deux espèces semblerait donc impacter la capacité de floraison ou de nouaison plutôt que la croissance des fruits.

En revanche, la production de maïs doux est loin d'être satisfaisante. Les rendements commerciaux sont presque inexistant à cause d'une attaque importante de pyrale, qui n'a pas pu être détectée au champ malgré les suivis phytosanitaires. Les trous percés dans les épis sont difficiles à repérer dans la culture. Des dégâts de sanglier ont été constatés, malgré la protection électrique mise en place autour de la parcelle. Il a été nécessaire d'ajouter un fil supplémentaire. La production de maïs doux est largement inférieure à ce qui est attendu, soit un rendement de 11 t/ha en moyenne⁶. Cela peut peut-être s'expliquer par la planification de la fertilisation, adaptée à la courge butternut et non pas au maïs doux, une culture pourtant gourmande. En revanche, les rendements bruts sont plus satisfaisants au regard de ce rendement attendu. L'absence de témoin de maïs seul dans l'expérimentation ne permet pas de conclure sur la concurrence exercée par la courge sur la productivité du maïs, ce serait un élément à développer à l'avenir.

⁵ Denard, F., 2017. Fiche technique – Production de plein champ potimarron et butternut. APABA

⁶ Boulland, S., Lapoire, A. et Chastaing, S., 2017 – 2018. Fiche technique agriculture biologique maïs doux. Chambre d'Agriculture du Lot-Et-Garonne, UNIPROLEDI & INTERBIO Nouvelle-Aquitaine

Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

Le calcul du LER avec les rendements commerciaux ne permet pas de mettre en avant l'intérêt de l'association de culture puisqu'il reste inférieur à 1 pour l'ensemble des modalités. En revanche, lorsqu'il est calculé avec le rendement brut du maïs, il dépasse 1 cette fois pour chaque modalité. Cela signifie donc qu'il y a probablement un intérêt de cette association de culture pour la productivité globale de la parcelle mais que ces résultats seraient à consolider par d'autres essais, veillant à obtenir des rendements en maïs plus corrects. En reprenant le LER de 2020 et en le recalculant avec les rendements bruts du maïs, il ne dépasse malgré tout pas 1 quelle que soit la modalité. Les rendements supérieurs en courge en 2021 expliquent sûrement en grande partie le dépassement du seuil pour cette année.

Les estimations économiques montrent que la valorisation du maïs doux ne suffit pas à compenser les pertes économiques liées à la production de courges butternut en association de cultures. Cependant, les chiffres indiqués ici sont théoriques car aucun suivi des cours du marché du maïs doux en épis pour la vente en frais n'a été trouvé. Par ailleurs, ce manque de valorisation s'explique également avec les faibles rendements obtenus sur le maïs doux cette année.

Les calculs effectués avec le rendement brut en maïs doux sont beaucoup plus optimistes puisqu'ils montrent une nette amélioration de la valorisation économique. De plus amples travaux seraient nécessaires pour approfondir et confirmer cette tendance.

VII. Conclusion

Cet essai a pour objectif de consolider les résultats obtenus en 2020 sur le même essai dans le cadre du projet MMBio. Il vise à étudier des pratiques innovantes identifiées parmi les microfermes maraîchères et dans la littérature. Dans cette expérimentation, les facteurs étudiés sont une association de cultures courge butternut et maïs doux, ainsi que divers apports d'amendements organiques. La productivité des cultures et la teneur en azote nitrique du sol et des pétioles de courge étaient les principales variables évaluées.

La teneur en azote nitrique du sol suit la même dynamique pour l'ensemble des modalités. La fertilisation a été basée en fonction des apports effectués en 2020, les mêmes quantités ont été apportées en 2021. Il n'y a pas de différences significatives au regard de l'impact des différents types de fertilisation sur la productivité de la courge butternut ou du maïs doux.

La protection phytosanitaire est difficile à mettre en œuvre en association de cultures : les produits doivent être homologués sur l'ensemble des espèces. C'est un paramètre à prendre en compte lors du choix des cultures.

L'association de culture diminue significativement le rendement des courges butternut, de 30 à 40 % selon les années. Cependant, les rendements restent largement supérieurs à ce qui est attendu. En revanche, la productivité du maïs doux est largement entachée d'attaques de pyrale sur les épis contre lesquelles aucun traitement n'a été effectué. Il est donc difficile d'utiliser le rendement commercial pour comparer les résultats, le rendement brut est sûrement plus représentatif de la réalité.

Le LER basé sur le rendement commercial du maïs doux met en avant une perte de productivité globale en association de cultures, tandis que celui calculé sur le rendement brut du maïs doux montre une augmentation de la productivité des parcelles.

VIII. Perspectives

Ces deux années d'études ne suffisent pas à valider l'intérêt de l'association de cultures courge butternut et maïs doux, d'autant que ce dernier a subi de fortes attaques de bioagresseurs chaque année. Il faudrait mettre en place un nouvel essai dans de meilleures conditions phytosanitaires pour essayer d'obtenir des résultats solides.

En plus des aspects agronomiques, il serait intéressant d'étudier l'impact de cette association de culture sur la biodiversité des parcelles. Les notations effectuées dans ces essais ne sont pas assez précises sur ce critère.

Sur le thème des associations de cultures il peut être pertinent d'étudier de nouvelles combinaisons afin de proposer différents systèmes de culture répondant à des contraintes et des objectifs spécifiques.

Pour finir, les apports de matière organique ont des effets sur le sol, visibles sur le long terme. Ces deux années d'essai ne sont pas suffisantes pour apprécier dans l'ensemble leur impact sur les parcelles. De nouveaux essais sur plus long terme seraient à mettre en place pour avancer sur ce sujet.



Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

Certaines techniques mentionnées dans le présent compte rendu ont été utilisées uniquement à des fins de recherche et peuvent ne pas être autorisées dans un autre cadre.

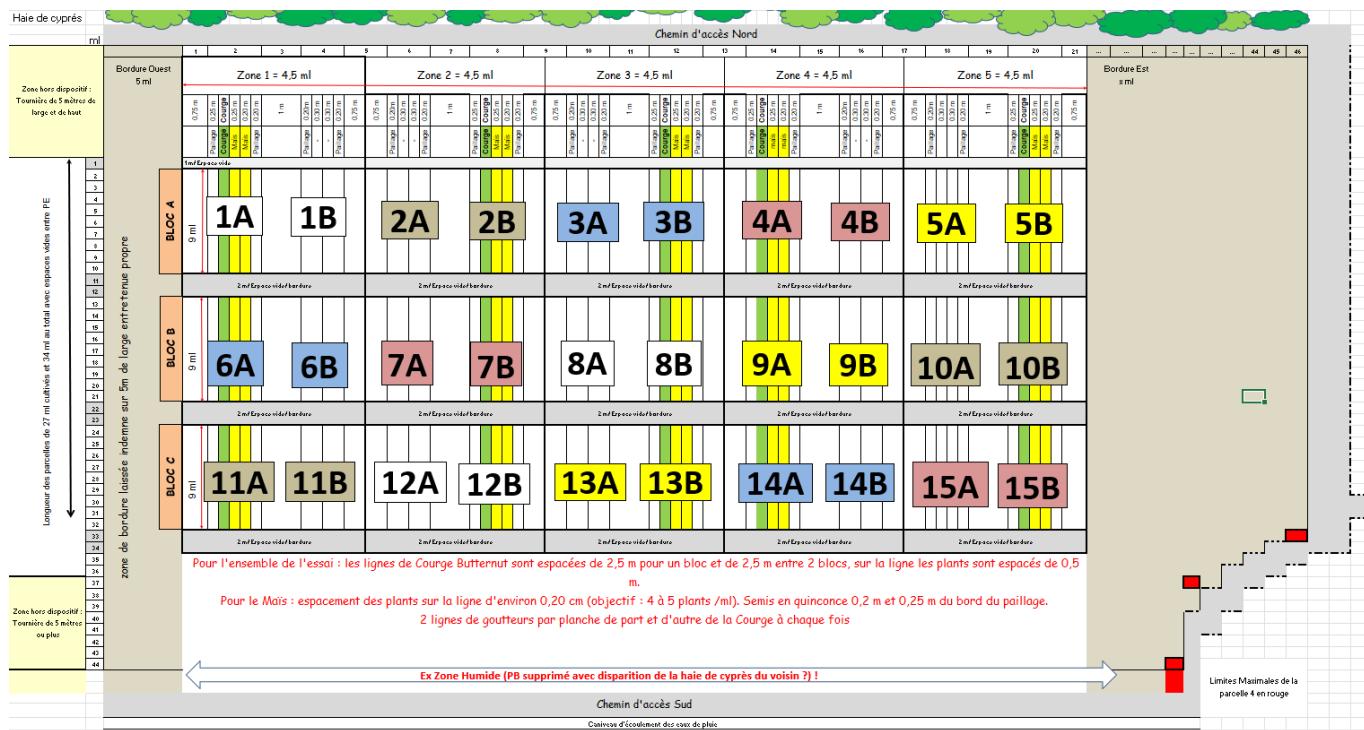
Il appartient aux praticiens de se référer aux cadres réglementaires en vigueur et relatifs aux pratiques autorisées en conditions professionnelles.

Par ailleurs, les résultats d'expérimentation ne peuvent être considérés comme des préconisations.

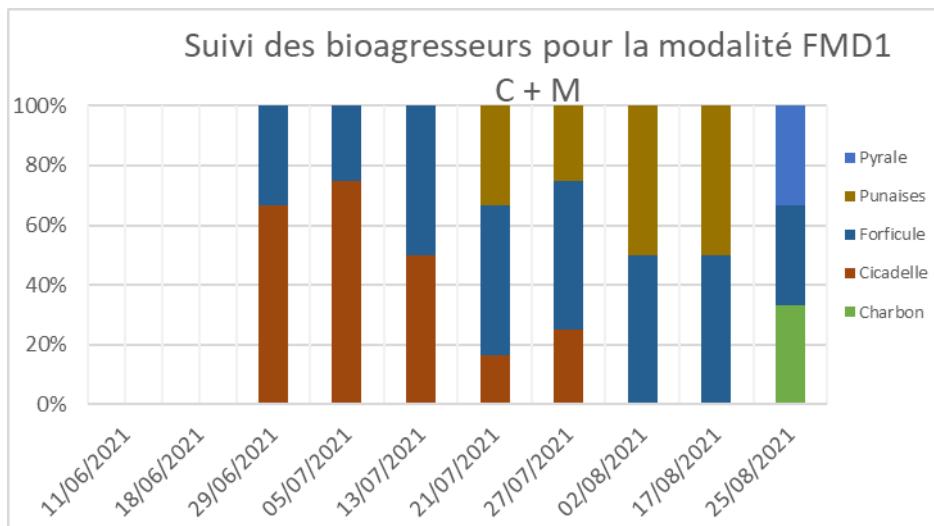
Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

Annexe 1 : Projet MMBio 2021 – Parcelle W4 - Dispositif expérimental

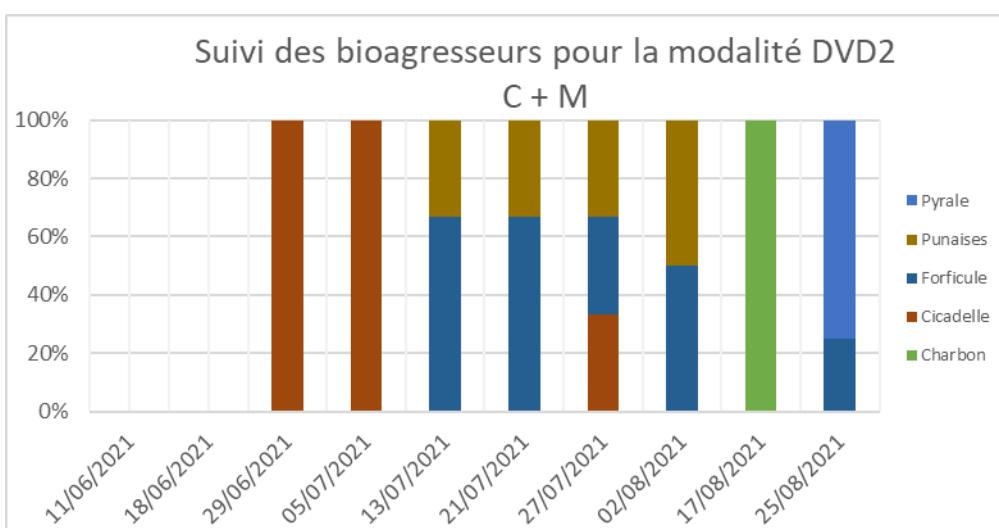
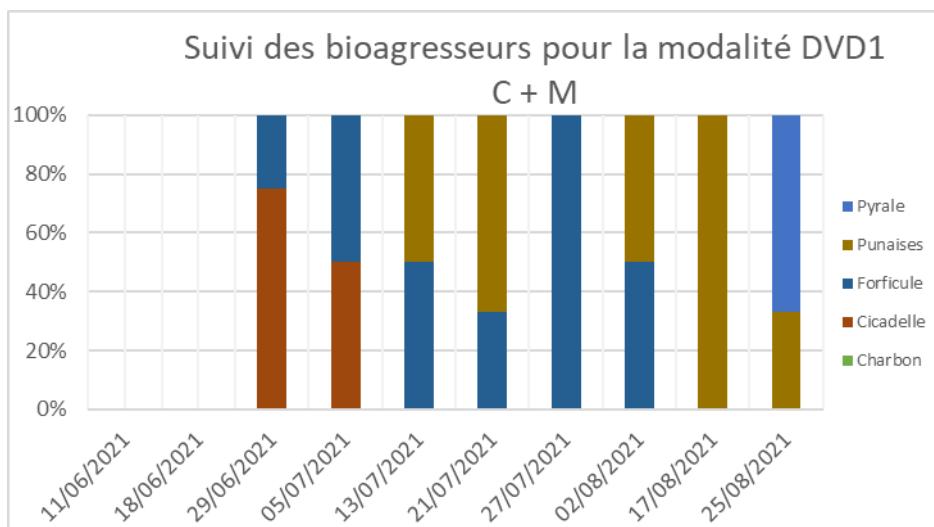
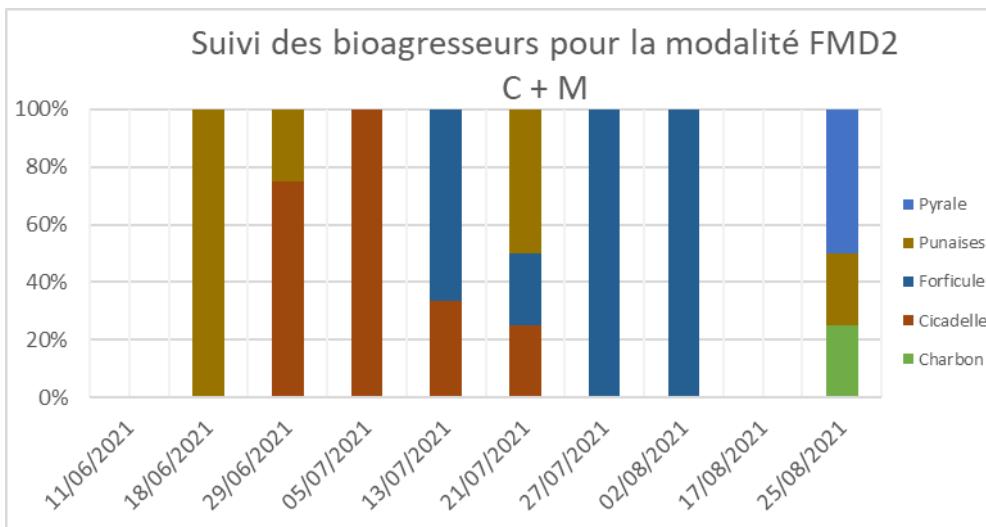


Annexe 2 : Suivi des bioagresseurs pour l'ensemble des modalités de fertilisation - Maïs



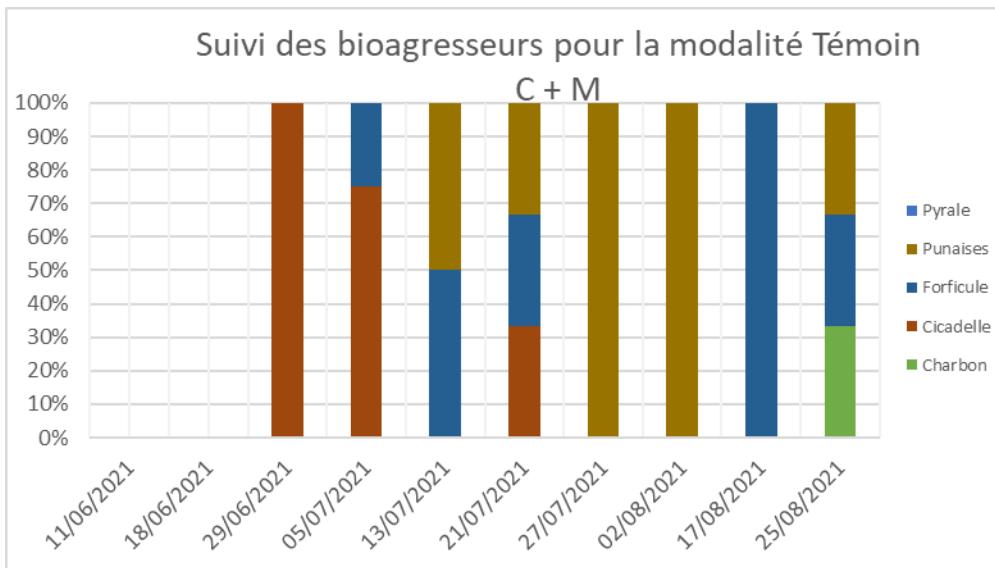
Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

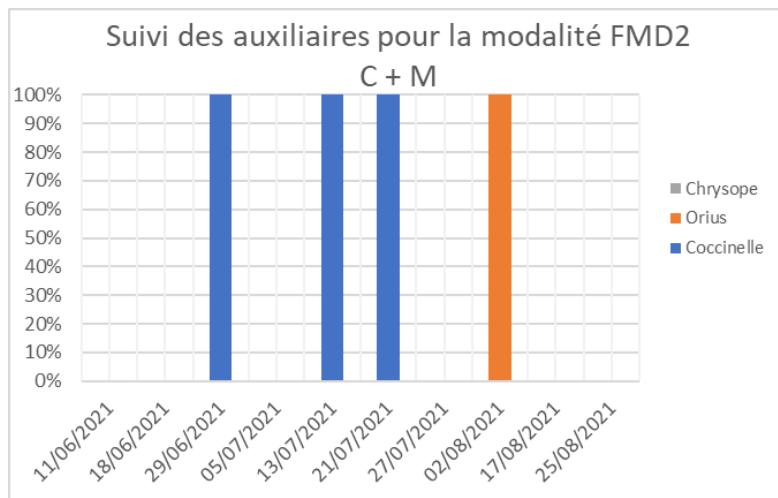
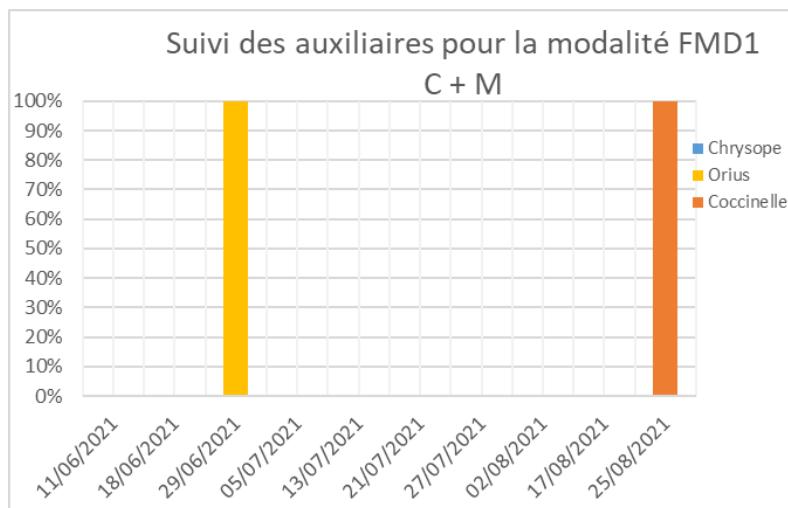


Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

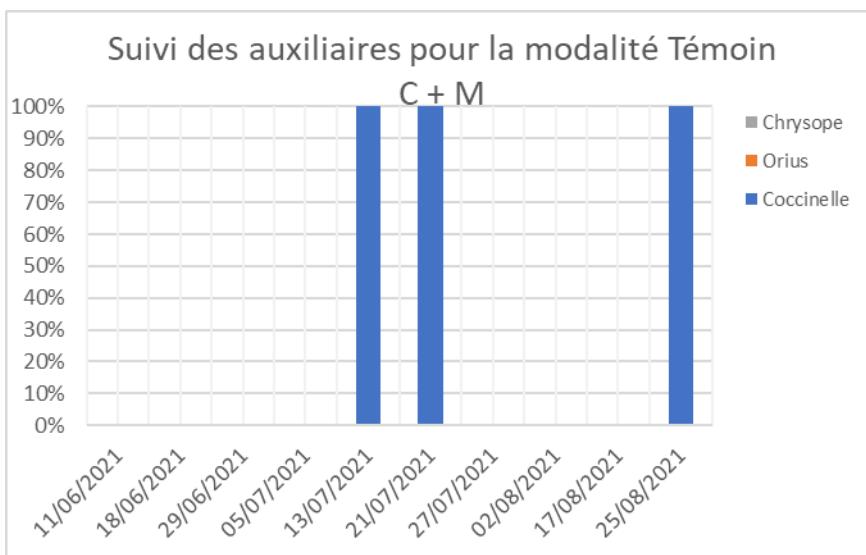
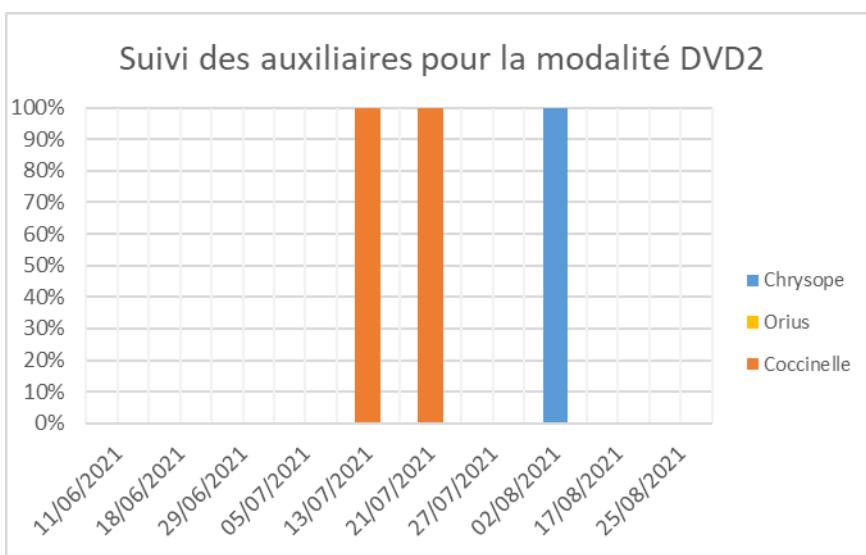
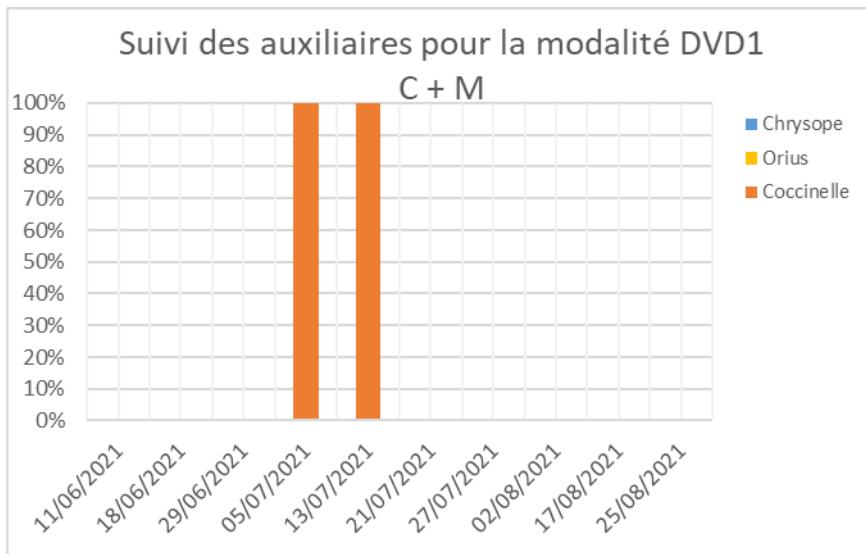


Annexe 3 : Suivi des auxiliaires pour l'ensemble des modalités de fertilisation – Maïs



Projet MMBio 2019 / 2023

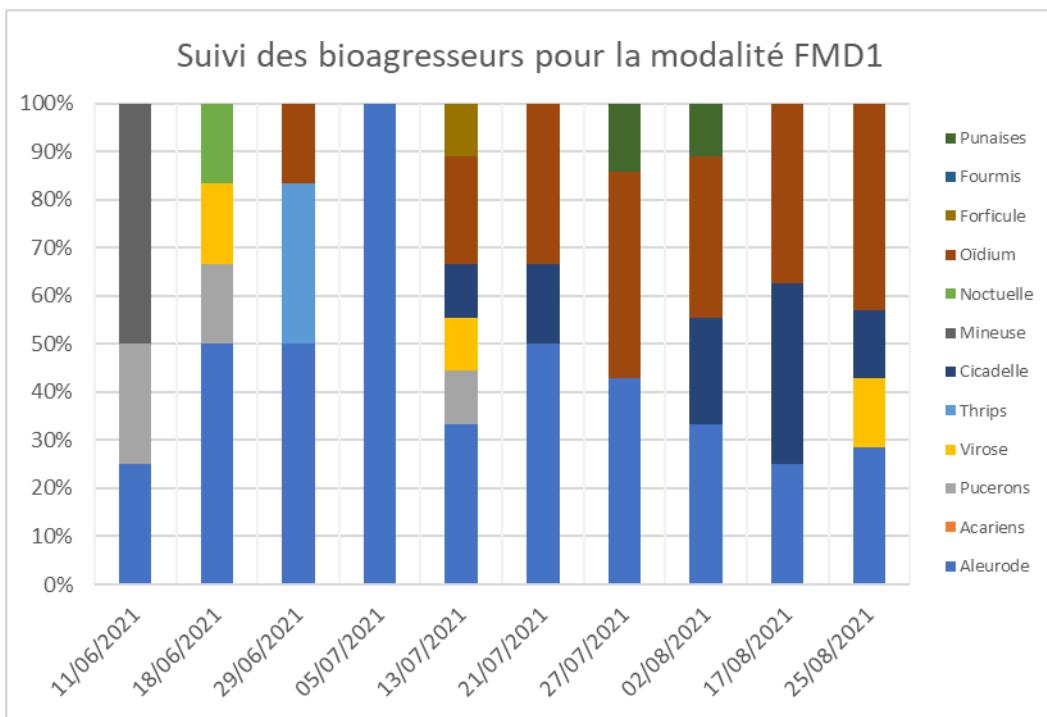
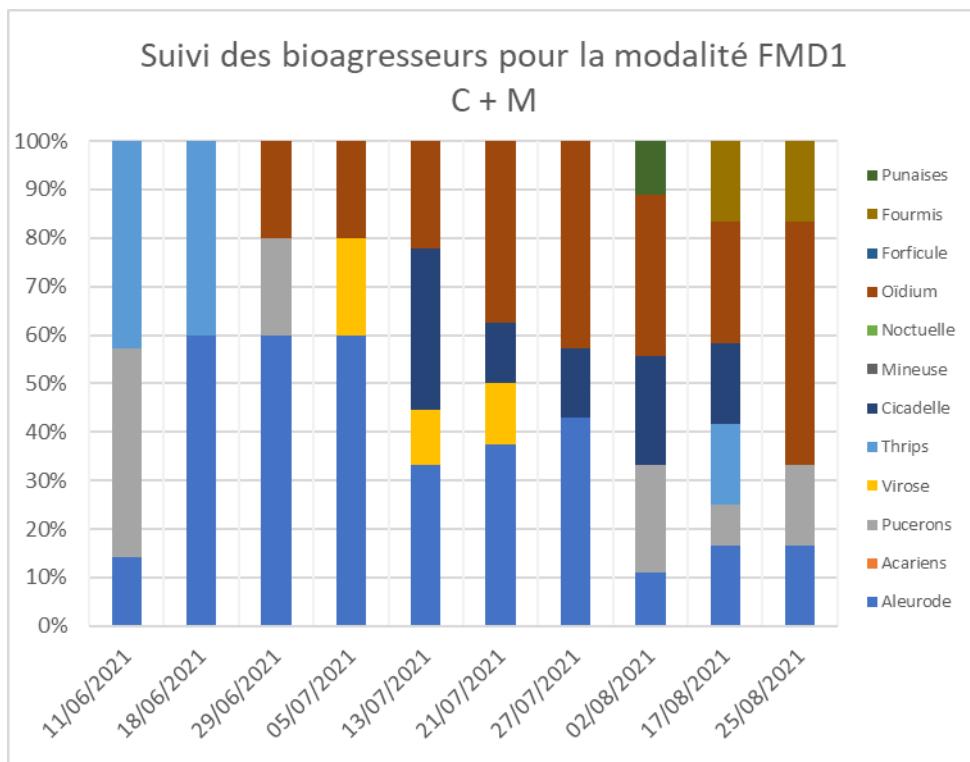
Compte-rendu d'essai 2021



Projet MMBio 2019 / 2023

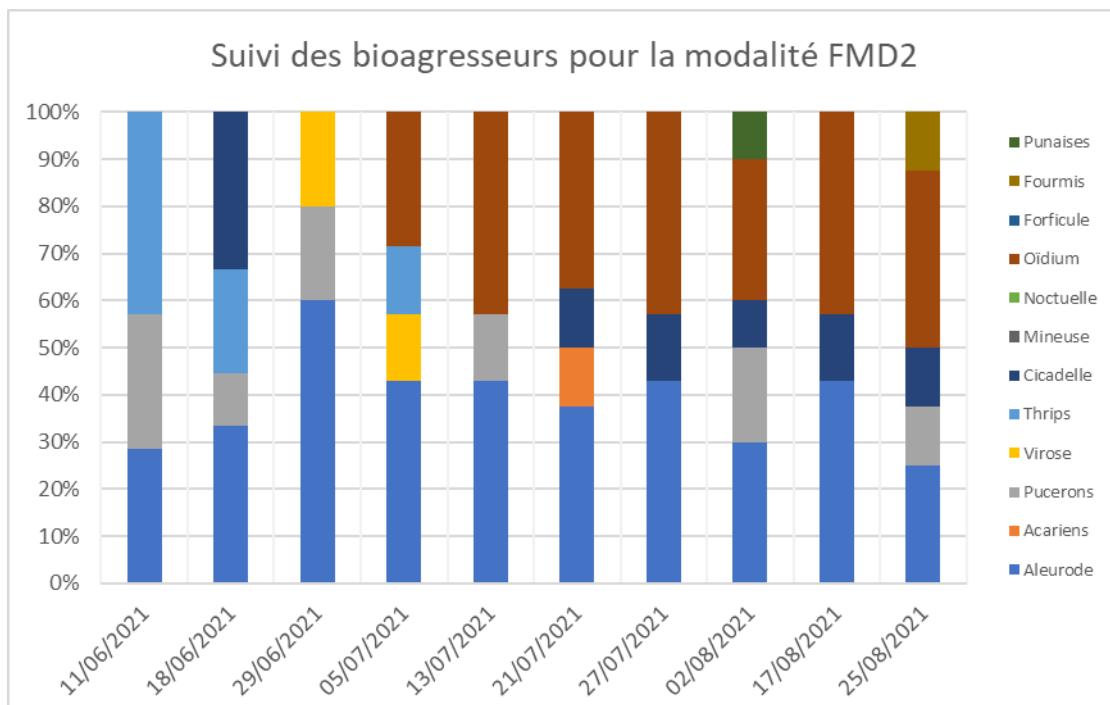
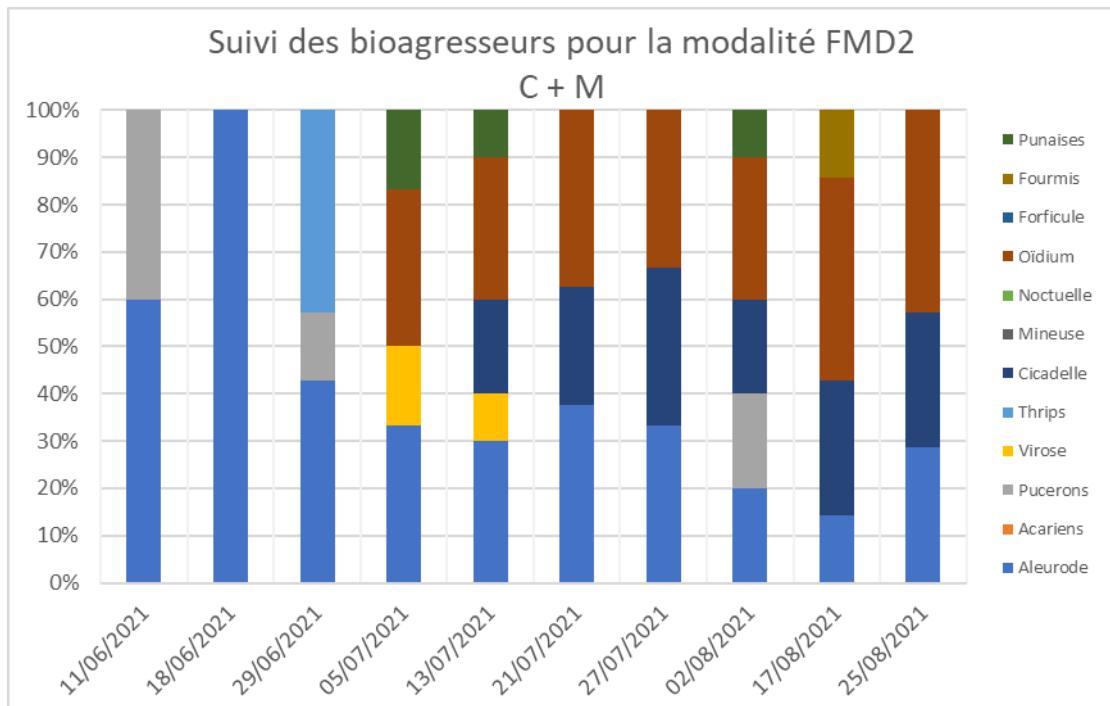
Compte-rendu d'essai 2021

Annexe 4 : Suivi des bioagresseurs pour l'ensemble des modalités de fertilisation – Courge



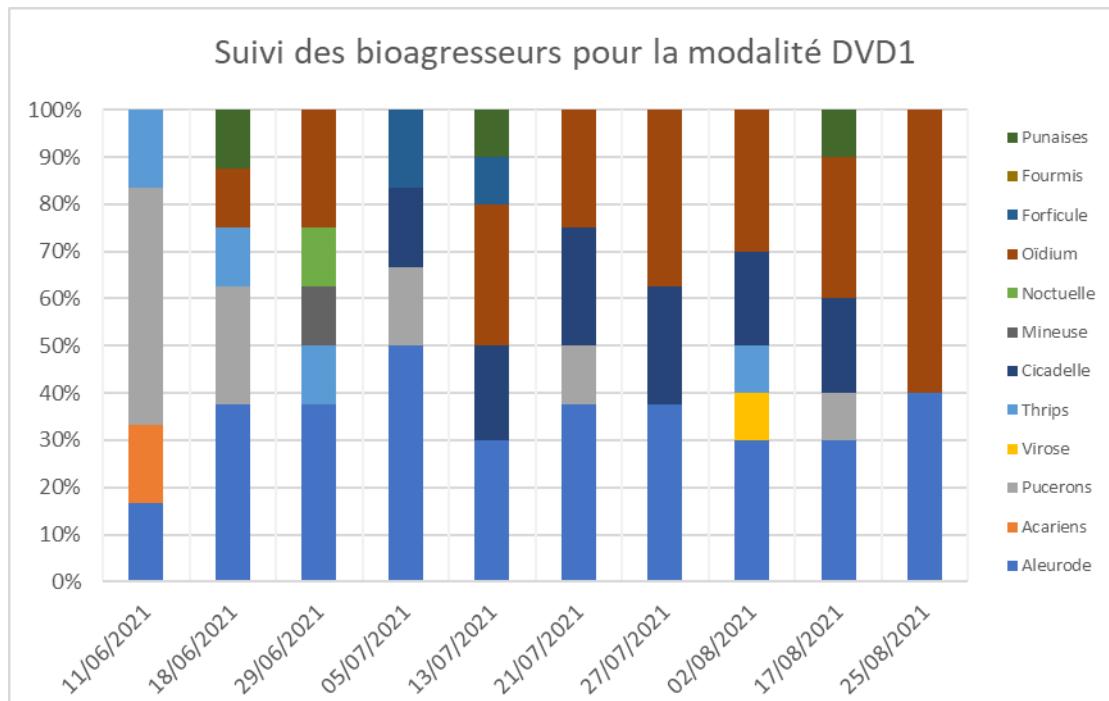
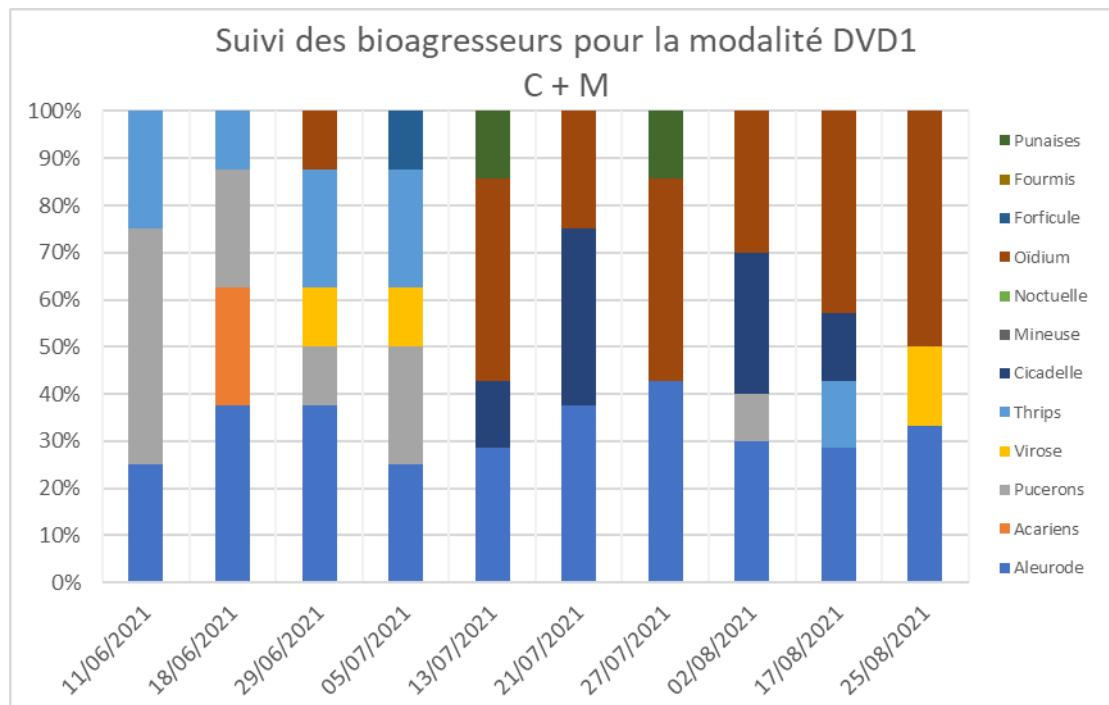
Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021



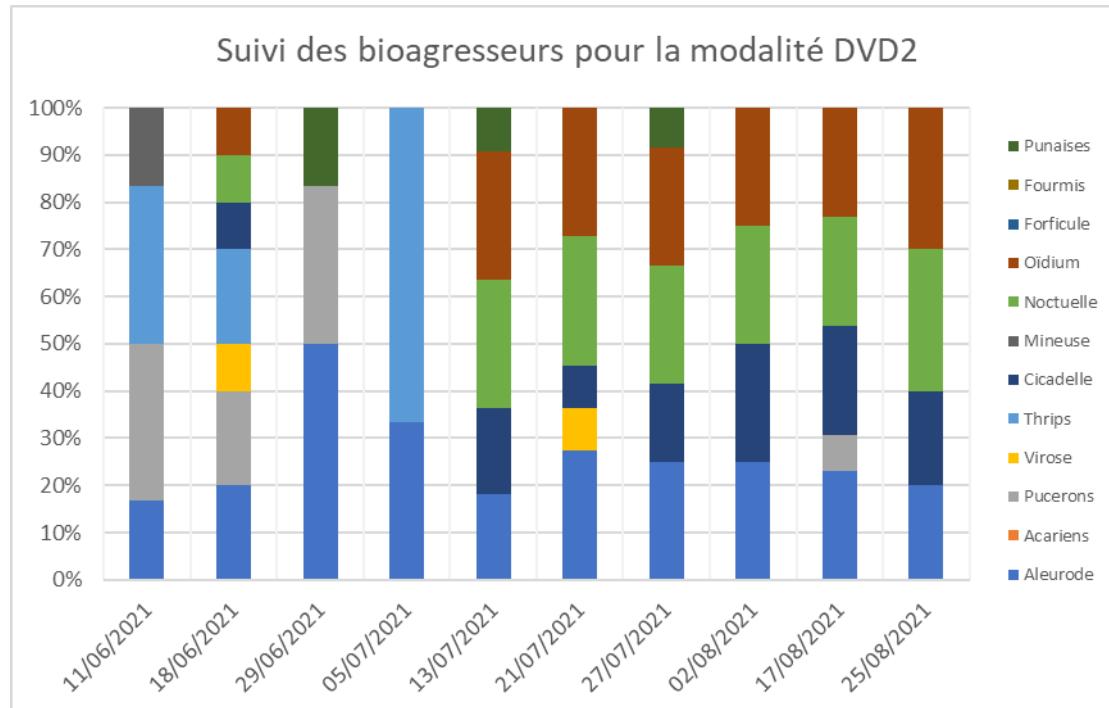
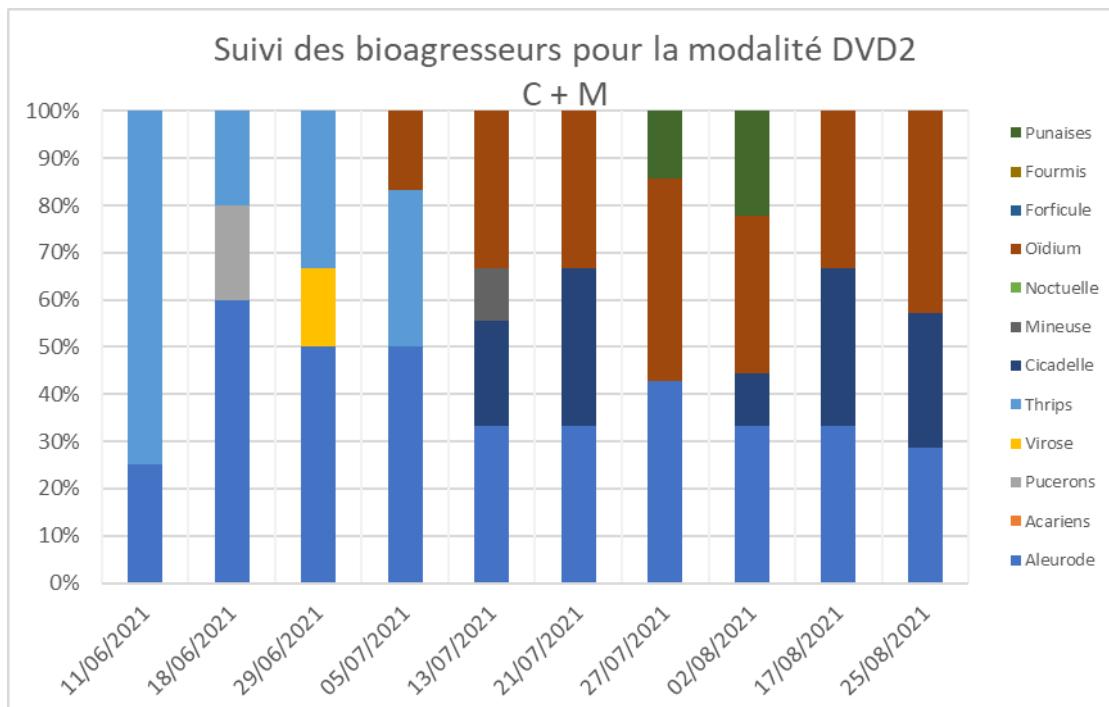
Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021



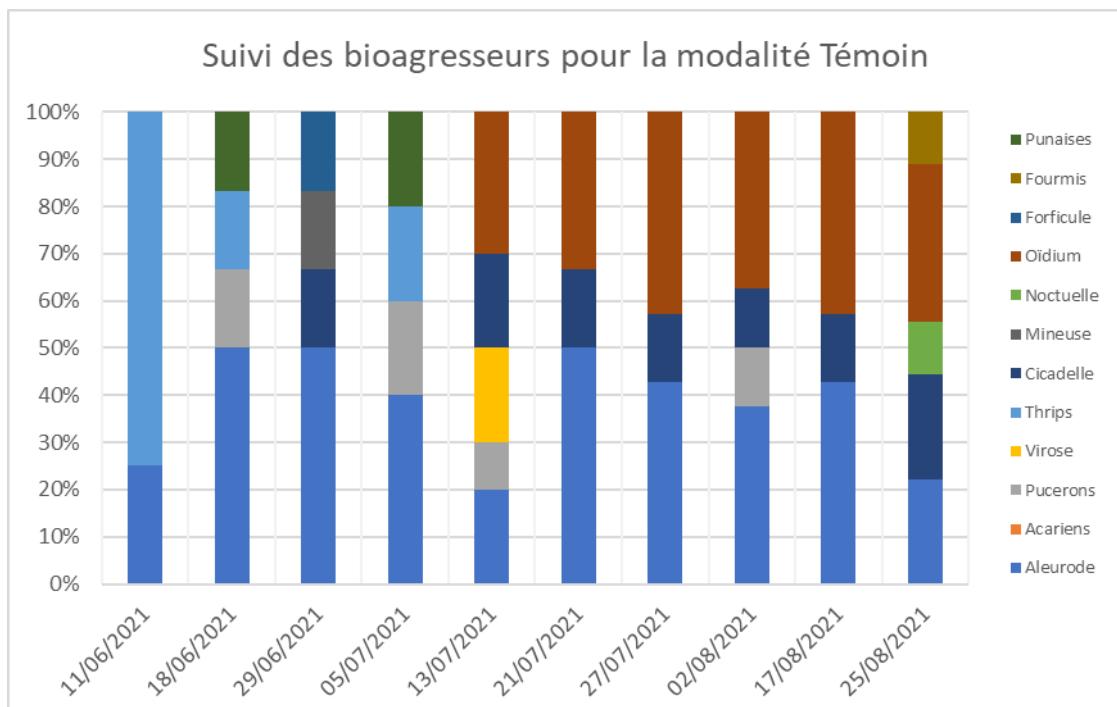
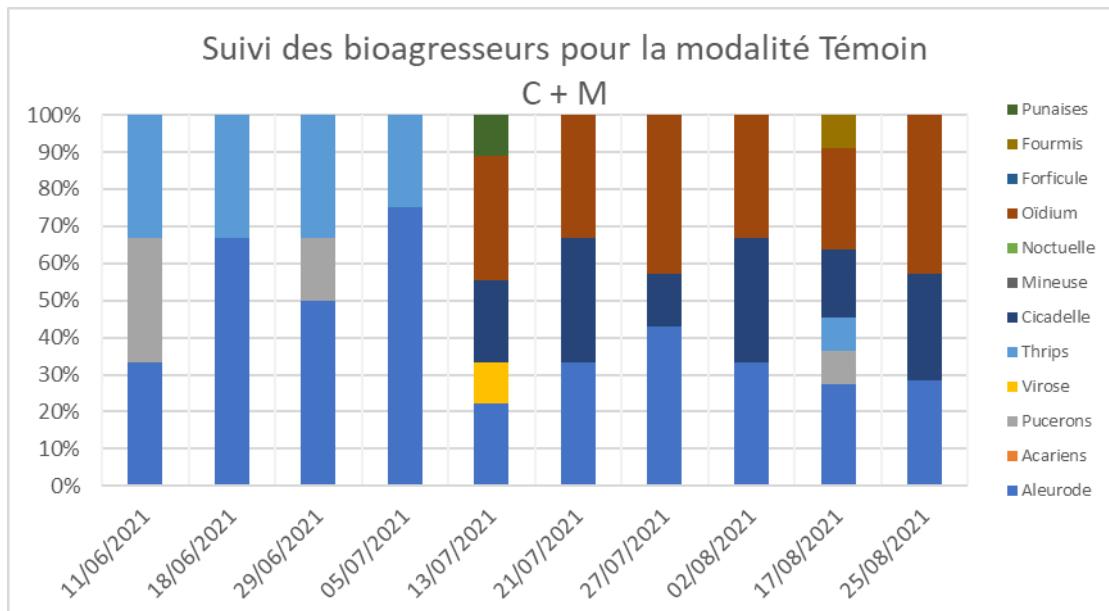
Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021



Projet MMBio 2019 / 2023

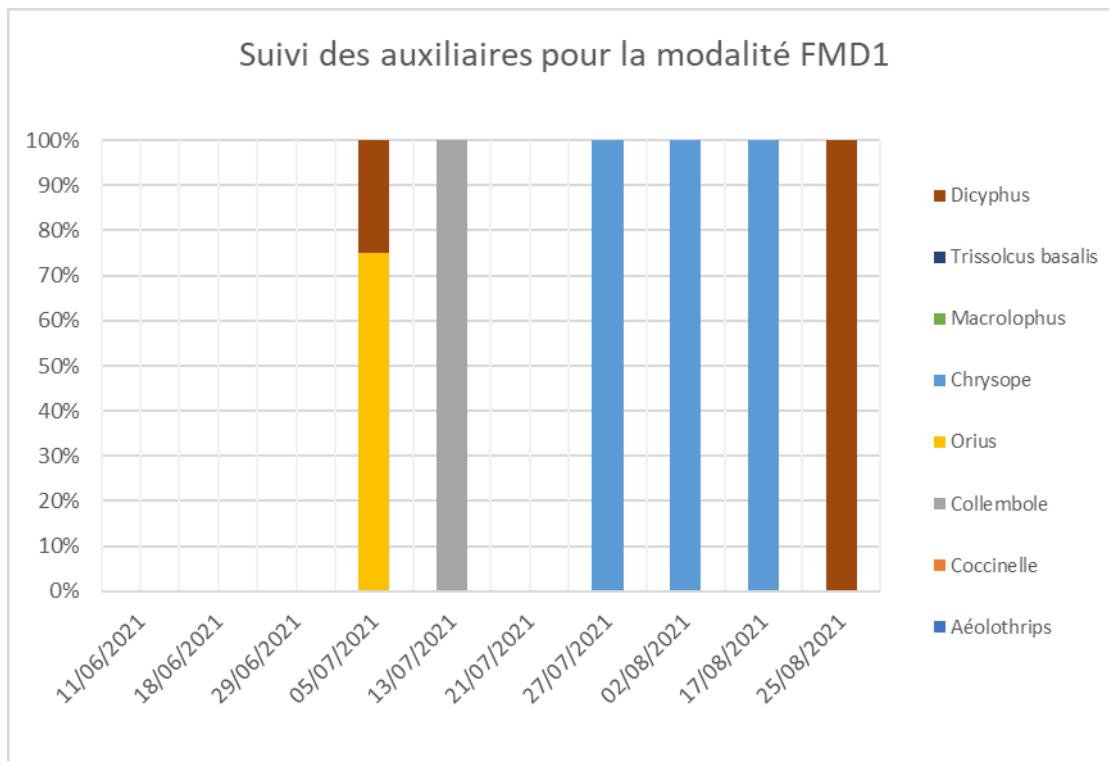
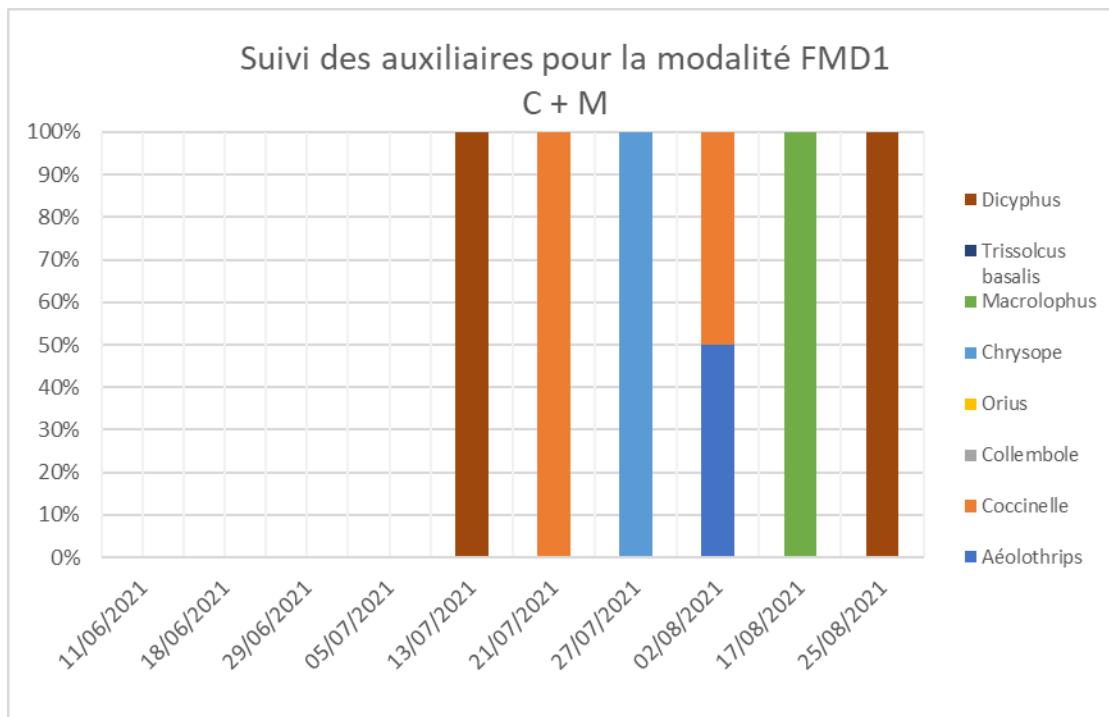
Compte-rendu d'essai 2021



Projet MMBio 2019 / 2023

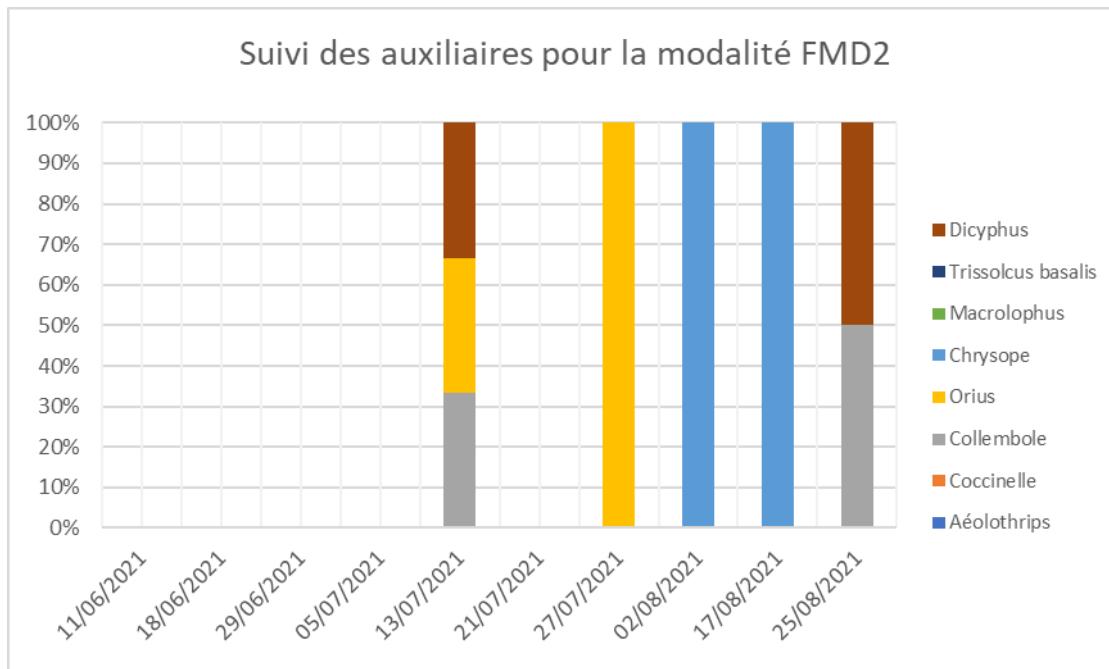
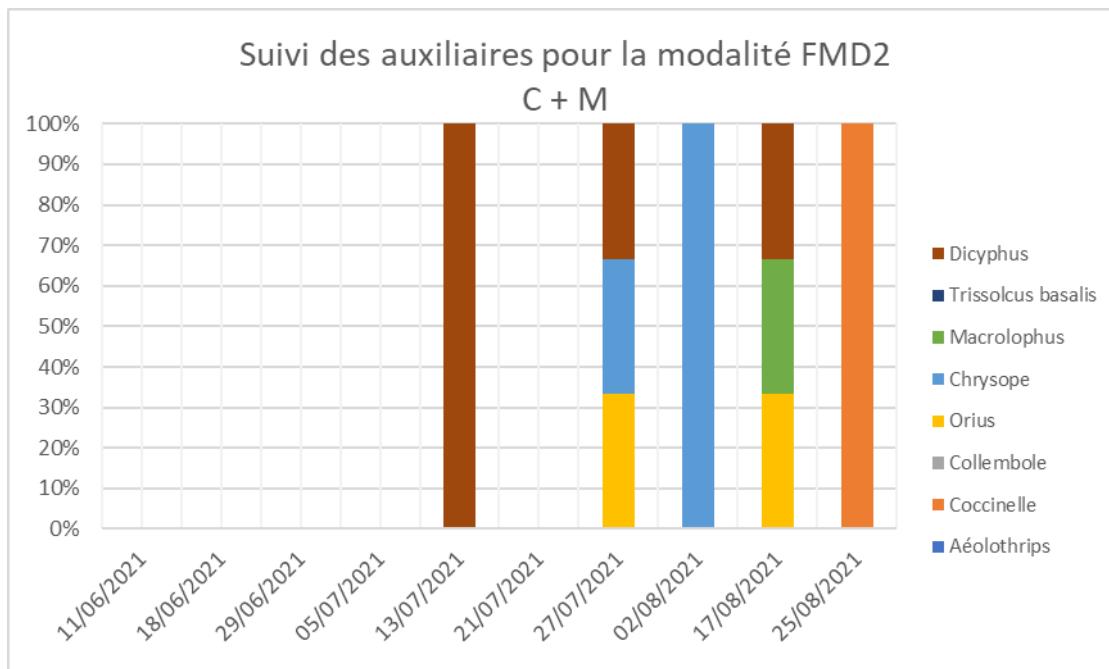
Compte-rendu d'essai 2021

Annexe 5 : Suivi des auxiliaires pour l'ensemble des modalités de fertilisation – Courge



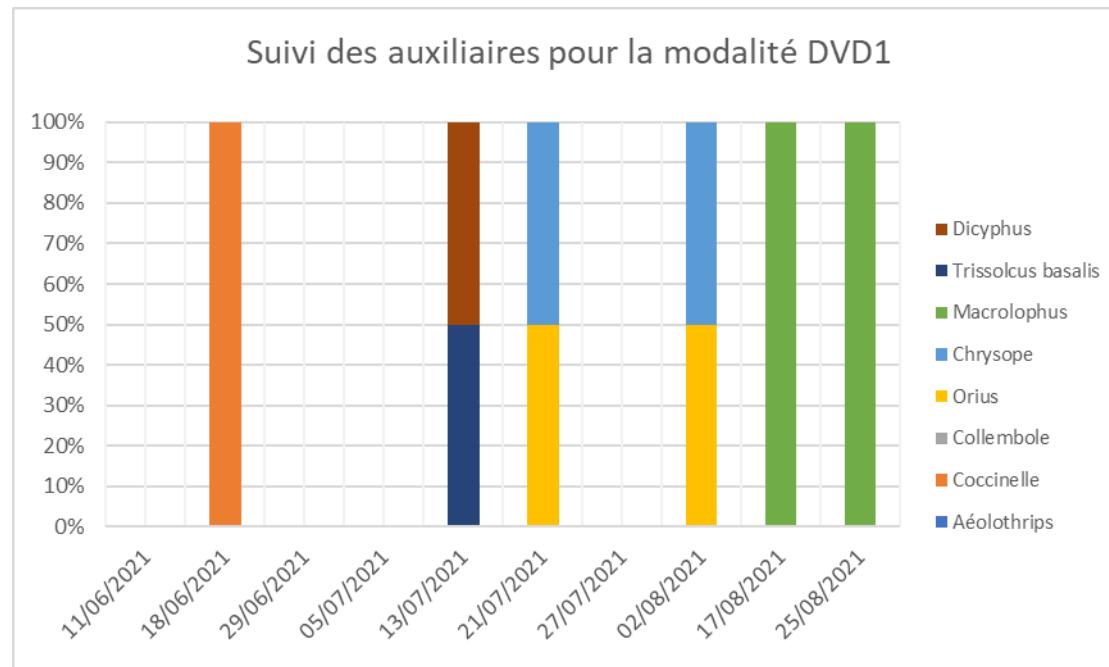
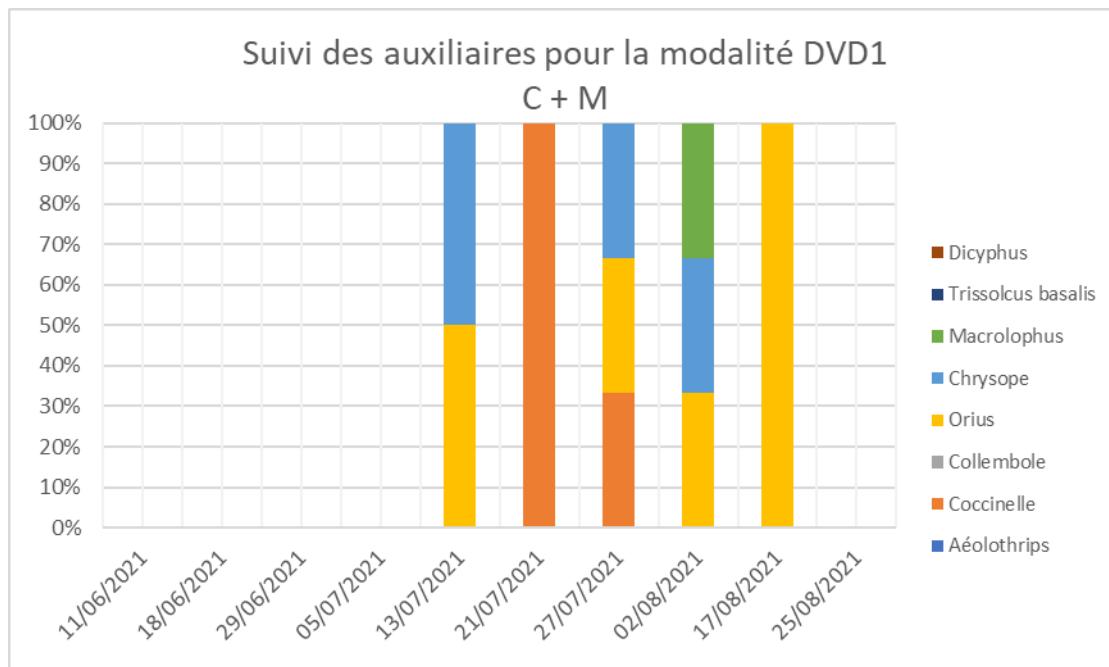
Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021



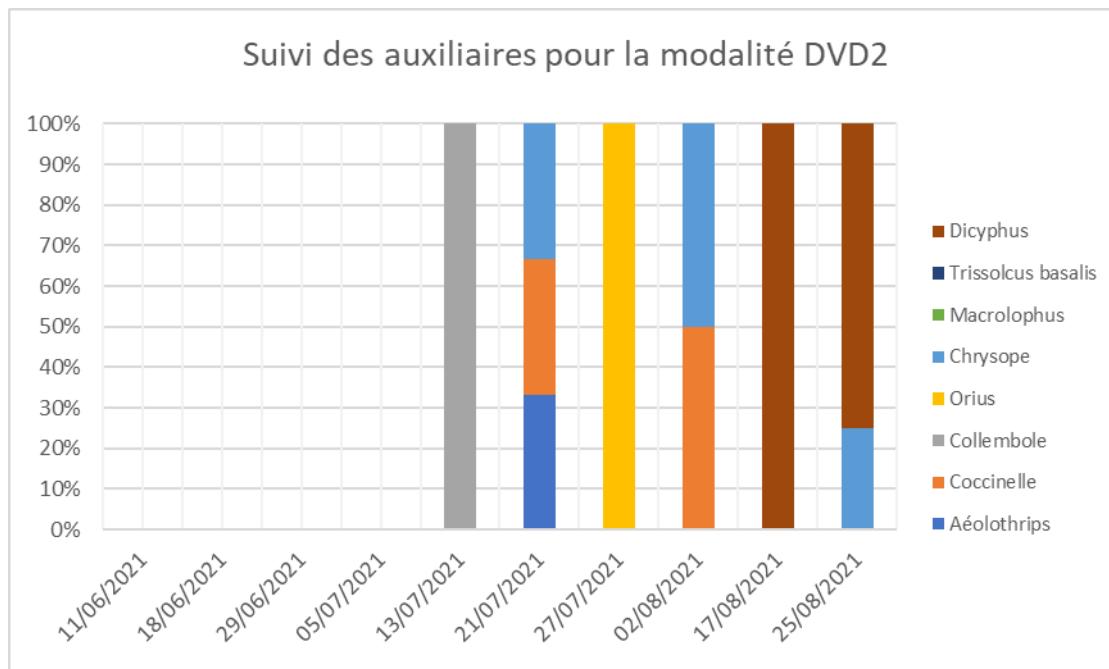
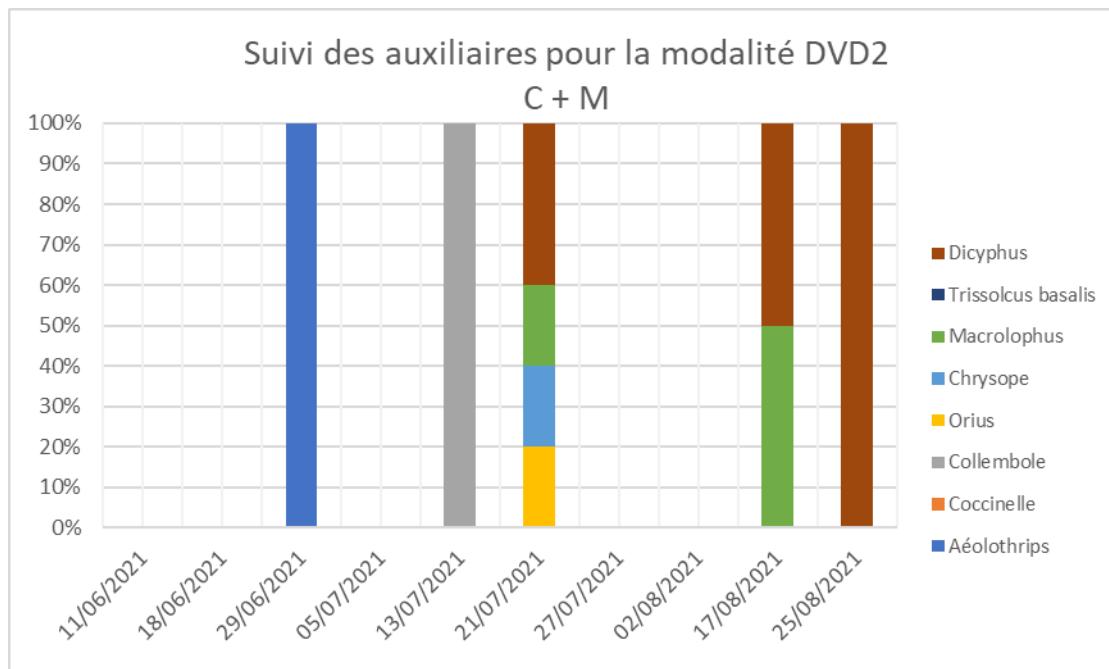
Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021



Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021



Projet MMBio 2019 / 2023

Compte-rendu d'essai 2021

