Courgette

Améliorer la pollinisation
Type long jaune – Créneau précoce

2020

Aurélie ROUSSELIN, APREL – Pascal JOURDAN, Guillaume KAIRO, Eloïs SERVEL, ADAPI – Laurent CAMOIN, Chambre d'Agriculture des Bouches du Rhône

Essai rattaché au projet n°180520 : APACHE, Améliorer la pollinisation et la nouaison en culture de courgette

1 – Thème de l'essai

Le rendement, ainsi que la qualité, d'une production de courgette sont fortement dépendants de la qualité de la pollinisation et de la nouaison. La courgette est une plante monoïque, c'est à dire qu'elle produit des fleurs mâles et femelles distinctes sur une même plante. A certaines périodes au cours de la production il peut y avoir des manques de fleurs mâles. De plus, dans les créneaux de production précoce sous abris, la faible activité des insectes pollinisateurs peut également être un facteur limitant la pollinisation. Afin de pallier ce manque de pollinisation potentiel, des auxines de synthèse (produit commercial Tonifruit) ont été utilisées pour favoriser la nouaison et le développement de fruits parthénocarpiques (fruit se développant en l'absence de pollinisation). Suite au retrait d'usage du Tonifruit en 2016 et à sa fin d'utilisation en décembre 2017, il est primordial de trouver des solutions alternatives pour diminuer les défauts de nouaison en production de courgette précoce sous abri.

2 – But de l'essai

Cet essai a pour but d'évaluer l'intérêt de différentes techniques sur l'activité de butinage, la qualité de la production et le rendement d'une culture de courgette précoce sous tunnel plastique.

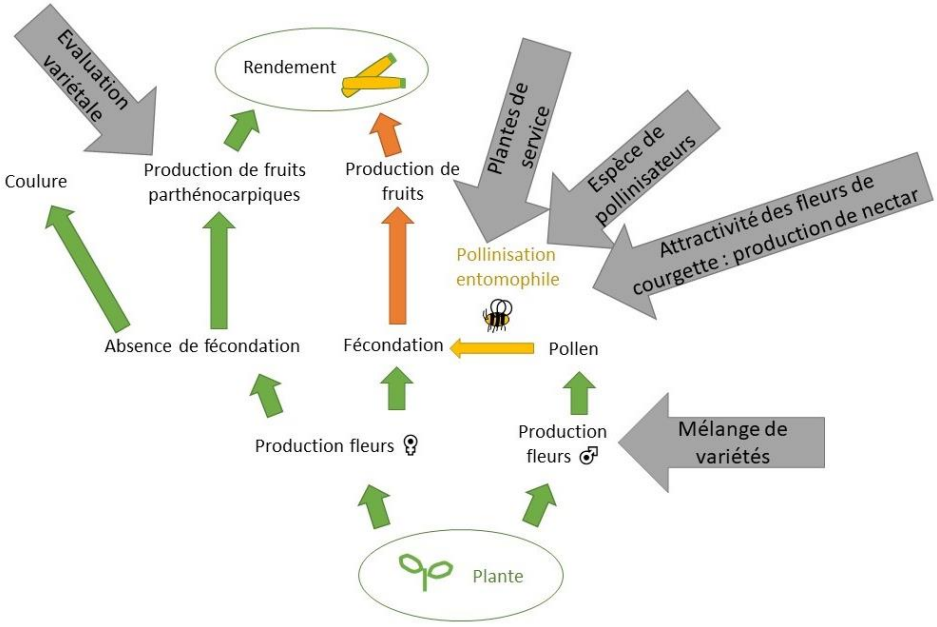


Figure 1 : Schéma présentant les mécanismes d'élaboration du rendement en culture de courgette et positionnement des techniques testées

3 – Facteurs et modalités étudiés

Il y a 3 facteurs étudiés : facteur variétal, facteur apport de pollinisateurs dans le tunnel et facteur diversité végétale dans le tunnel.

- Facteur variétal, avec 3 modalités : Parador, Yellowfin et Lingodor.
- Facteur apport de pollinisateurs dans le tunnel, avec 3 modalités :
  - Une ruchette de bourdons avec renouvellement

- Une ruchette de bourdons avec renouvellement et une ruchette d'abeilles avec renouvellement
- Une ruchette de bourdons avec renouvellement et une ruchette d'abeilles en deuxième partie de culture

- Facteur diversité végétale dans le tunnel
  - 4 rangs de courgette (avec ruchette de bourdons avec renouvellement)
  - 4 rangs de courgette et un rang de plantes de service (avec ruchette de bourdons avec renouvellement)

4 – Matériel et méthodes

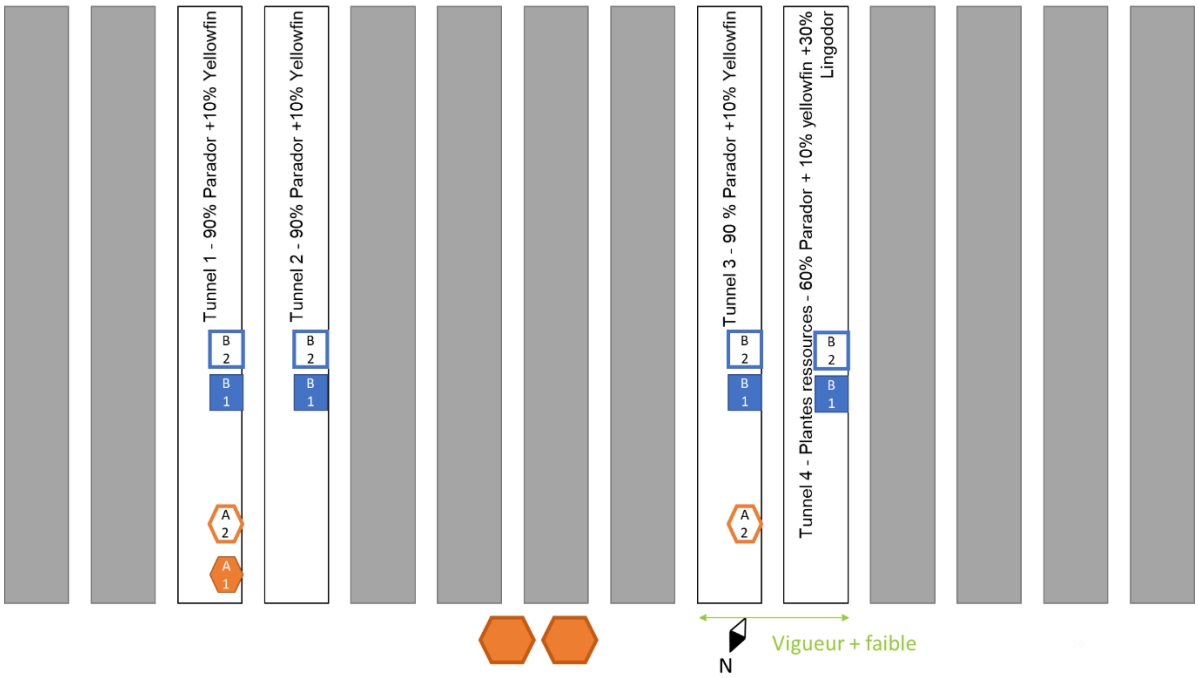
4.1. Site d'implantation

L'essai est implanté dans une exploitation en Agriculture Biologique à Entressen (13), l'exploitation est suivie par Laurent CAMOIN, conseiller de la Chambre d'Agriculture des Bouches du Rhône.

4.2. Matériel végétal

Variété	Semencier
Parador	Gautier
Yellowfin	Enza Zaden
Lingodor	Gautier

4.3. Dispositif expérimental



Ruche d'abeilles positionnée à l'extérieur

Ruchette d'abeille dans l'abri : Précoce / Tardive

Ruchette de bourdons dans l'abri : Précoce / Tardive

Figure 2 : Schéma du dispositif

4 tunnels d'un même bloc, plantés en courgette jaune le 18 février sont utilisés pour l'essai. Dans le tunnel 1 « bourdons + abeilles », la 1ère ruchette est mise en place le 24 mars et retirée le 24 avril, date à partir de laquelle elle est remplacée par une 2ème ruchette jusqu'au 5 juin. Le tunnel 3 « bourdons seuls de V1 à V4 puis bourdons + abeilles » reçoit une ruchette d'abeilles uniquement en seconde partie de culture du 24 avril

au 5 juin. Dans tous les tunnels des ruchettes de bourdons sont mises en place au 18/03, puis une seconde ruchette de bourdons est ajoutée dans chaque tunnel au 17/04.

N° tunnel	Ruchette de bourdons		Ruchette d'abeilles		Variétés de courgette			Aménagements
	B1 : 18/03	B2 : 17/04	A1 : 24/03 au 24/04	A2 : 24/04 au 05/06	Parador	Yellowfin	Lingodor	
1	X	X	X	X	90 %	10 %		
2	X	X			90 %	10 %		
3	X	X		X	90 %	10 %		
4	X	X			60 %	10 %	30 %	Plantes de service

4.4. Observations et mesures

o Rendement et qualité des courgettes

Le rendement des tunnels 1-2-3 est évalué par le comptage des caisses de récolte de chacun des tunnels à chaque récolte par le producteur. Le rendement par m² est ensuite estimé à partir du poids moyen d'une caisse de fruits et de la surface des tunnels.

Le rendement du tunnel 4 n'est pas suivi car le mélange de 3 variétés ne permettrait pas de comparaison avec les tunnels 1 à 3.

o Floraison des courgettes

Trois placettes de 6 plantes par tunnel sont définies pour les notations de floraison, pour les tunnels 1 à 3. Pour le tunnel 4, dans lequel 3 variétés sont présentes, 3 placettes de 6 plantes par variété sont définies pour les notations de floraison. La notation de floraison est réalisée de façon hebdomadaire, sur chaque plant est noté le nombre de fleur mâle ouverte ou qui vont s'ouvrir dans la semaine.

o Evaluation du potentiel de parthénocarpie

Le protocole d'évaluation de la parthénocarpie a été adapté en 2019 du protocole de De Menezes *et al.* (2005). 2 séries d'évaluation du potentiel de parthénocarpie des variétés ont été réalisées.

La veille de leur floraison, des fleurs femelles sont repérées et fermées. Deux observations (longueur du fruit hors pédoncule et forme du fruit) sont réalisées, l'observation finale est réalisée à 7 jours après la date de floraison, une observation intermédiaire est réalisée à J4 pour le cas où le fruit serait coupé avant J7.

Les classes de longueur sont les suivantes :

C0 : nécrose
C1 : longueur inférieure à 9 cm
C2 : longueur inférieure à 11 cm
C3 : longueur inférieure à 13 cm
C4 : longueur inférieure à 15 cm
C5 : longueur supérieure à 15 cm

La forme générale du fruit est classée en :

C: cylindrique
D : déformé
P : pointue

Tableau 1 : Nombre de fruits par variété pour les tests de potentiel parthénocarpique

Variété	Nombre de fruits / test	
	Test du 14/05	Test du 04/06
Parador	6	7
Yellowfin	5	7
Lingodor	6	7

o Activité de butinage

L'activité de butinage est réalisée de façon hebdomadaire du 31/03/2020 au 02/06/2020, soit 10 visites. Deux mesures d'activité de butinage sont réalisées à heure fixe pour chaque tunnel entre 9h30 et 11h (heure d'été). L'activité de butinage est évaluée en comptant le nombre d'abeilles sur 100 fleurs ♀ et 100 fleurs ♂ dans chacun des tunnels de l'essai. Une première mesure est réalisée de 9h30 à 10h10 et une seconde de 10h20 à 11h. La température sous tunnel ainsi que les conditions météorologiques sont notées lors de chaque visite afin de permettre l'interprétation des données d'activité de butinage.

o Propriétés nectarifères des fleurs de courgettes

Des mesures du volume de nectar et du pourcentage de sucre des fleurs ♀ et ♂ sont réalisées à l'issue des mesures d'activité de butinage, pour chaque variété de courgettes. Lors de chacune des 10 visites, 3 fleurs ♀ et 3 fleurs ♂ sont ensachées en début de matinée, avant que la présence d'abeilles ne soit observée afin d'éviter que ces fleurs ne soient butinées. En fin de matinée, le nectar est prélevé par capillarité dans chacune des fleurs à l'aide d'un capillaire gradué de 10 à 20 µL afin de déterminer le volume recueilli (ADAPI and APREL, 1992).

- **Evaluation de la population des ruchettes d'abeilles**

Les populations des ruchettes d'abeilles sont mesurées au moment de la mise en place et au moment du retrait (4 à 5 semaines après) grâce à la méthode ColEval. La quantité d'abeilles et de couvain est évaluée visuellement par détermination du pourcentage de la surface des cadres de ruche couverte par les abeilles et le couvain (Maisonnasse et al., 2016). Les colonies introduites sous tunnels étaient constituées de 3 cadres de couvain ouvert et fermé et d'1 cadre de réserves, tous les 4 recouverts d'abeilles. Lors de l'essai, les colonies ont reçu, toutes les 2 semaines, un complément alimentaire sous forme d'une pâte de nourrissement sucrée (candi) de 2 kg.

4.5 – Conduite de l'essai

Plantation : 18/02/20
Début récolte : 04/04/20
Fin de récolte : 03/06/20
Abri : tunnel plastique 7m x 86m
Protection thermique : P17 en début de culture
Densité : 1.1 plant/m² (4 rangs simples)
Irrigation : goutte à goutte
Pollinisation : présence de ruches d'abeilles en face des tunnels de courgette, ajout d'une ruchette de bourdons dans chaque tunnel avec un renouvellement.
Culture palissée conduite en AB.

5 – Résultats

5.1. Conduite culturale

Une différence de vigueur importante a été constatée entre les tunnels 1-2, avec des cultures vigoureuses et les tunnels 3-4 avec des cultures plus faibles, ayant pris du retard dans leur développement. Cette différence de vigueur est attribuée à l'historique des parcelles, le sol des tunnels 1-2 est travaillé depuis plus longtemps que le sol des tunnels 3-4.

5.2. Plantes de service :

5.2.1. Hypothèse :

Le tunnel de courgette offre une ressource en pollen et nectar uniquement le matin, l'ajout de ressource alternative en pollen et nectar dans le tunnel pourrait permettre de favoriser l'entrée des abeilles des ruches extérieures dans le tunnel et donc augmenter l'activité de butinage sur la culture.

5.2.2. Mise en place et faisabilité technique

Semis : 22/01/20 (en pépinière)
Plantation : 18/02/20 - Sur toute la longueur du tunnel, sur paillage avec une ligne de goutte à goutte dédiée entre les deux rangs centraux de courgette
1 - Bourrache, *Borago officinalis*
2 - Souci des champs, *Calendula arvensis*
3 - Mauve sauvage, *Malva silvestris*
4 - Coquelicot, *Papaver rhoeas*
5 - Moutarde des champs, *Sinapis arvensis*
Distance de plantation : tous les 50 cm, sauf pour les coquelicots pour lesquels la densité de plantation est doublée.

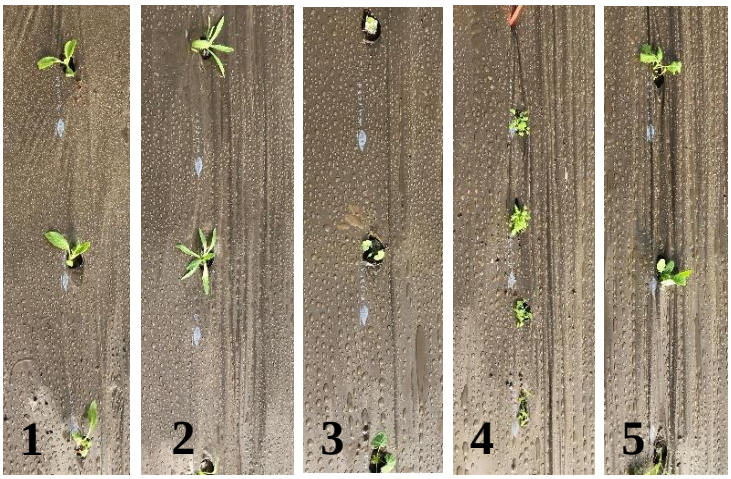


Figure 4: Photographies des plantes ressources à la plantation : 1: Bourrache, 2 : Souci, 3: Mauve, 4 : Coquelicot, 5 : Moutarde

	Rép A				Rép B					Rép C				Rép D			
Mix	1	2	4	5	1	2	4	3	5	1	2	4	5	1	4	5	Mix

Figure 3 : Plan de plantation des plantes de service : placette de 5 mètres linéaires par espèce, jusqu'à 4 répétitions par espèce en fonction du nombre plants disponibles : 1: Bourrache, 2 : Souci, 3: Mauve, 4 : Coquelicot, 5 : Moutarde

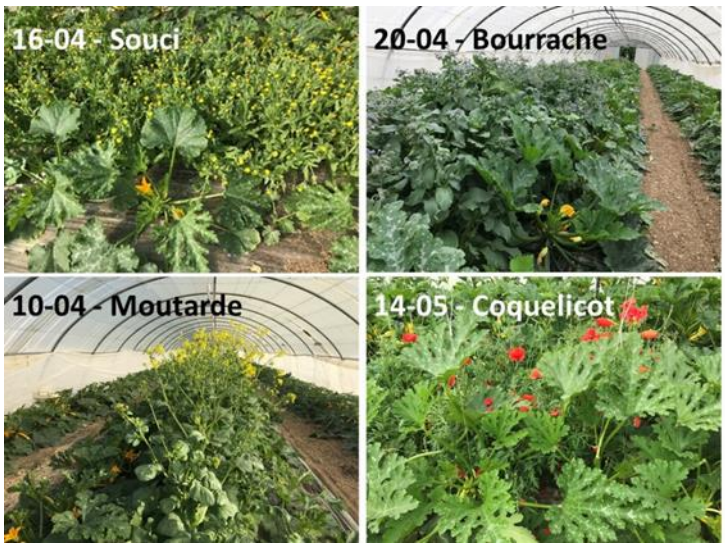


Figure 5 : Photographies des plantes de service

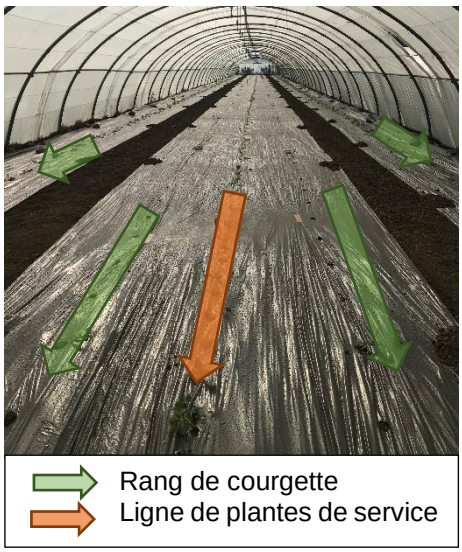


Figure 6 : Photographie de la disposition des rangs

Tableau 2 : Tableau bilan des observations sur les plantes de service

		Semis/ Germination	Développement sous tunnel	Début de floraison	Attractivité pour pollinisateurs	
					Abeilles	Bourdons
1	*Borago officinalis*		Trop important	01-04	Moyenne	Très forte
2	*Calendula arvensis*			11-03	Nulle	Nulle
3	*Malva sylvestris*	Mauvaise germination	*Pas évaluée*			
4	*Papaver rhoeas*	Graines de très petite taille		23-04	Faible	Forte
5	*Sinapis arvensis*		Trop important	25-03	Forte	Très forte

La mauve a très mal germé, par conséquent une seule placette de cette espèce a été plantée avec les 6 plantes disponibles, elle a ensuite été désherbée par erreur, ses caractéristiques n'ont donc pas pu être évaluées.

La moutarde et la bourrache ont présenté dans les conditions de l'essai un développement beaucoup trop important qui a pu concurrencer la culture (Figure 5) et qui a nécessité plusieurs opérations de taille.

Parmi les plantes de service choisies, la moutarde et la bourrache ont été régulièrement visitées par les bourdons tout au long de l'essai. Des abeilles ont été observées sur la moutarde seulement à partir de la visite V5 (29/04/2020). Les fleurs de soucis des champs quant à elles se sont révélées inattractives pour les abeilles et les bourdons, de plus les fleurs se ferment en milieu de matinée. La floraison de coquelicots est trop tardive (fin avril) par rapport à la floraison de la culture de courgette (mi-mars) dans ce créneau de culture.

5.2.2. Impact sur l'activité de butinage

Concernant la comparaison des activités de butinage sur les plants de courgettes, l'activité de butinage des abeilles et des bourdons sur les fleurs mâles est globalement plus importante sous le tunnel 2 (témoin) (Figure 7A). De plus, sur les fleurs femelles, il y n'a pas de différence notable d'activité de butinage des bourdons entre les deux tunnels. De ce fait la présence des plantes de service ne permet pas dans les conditions de l'essai d'accroître l'activité des bourdons sous tunnel. Il se pourrait même que la présence de ces plantes détourne les bourdons de la culture de courgette.

En revanche une activité plus importante des abeilles sur les fleurs femelles est observée de V6 à V9 (05/05 au 26/05) dans le tunnel 4 (plantes de service) (Figure 7B). Plusieurs hypothèses peuvent être émises concernant cette augmentation d'activité : (i) les plantes de service et notamment la bourrache permet d'attirer des abeilles de l'extérieur sous le tunnel qui se traduit par une augmentation de l'activité de celles-ci sur les fleurs femelles de courgettes et/ou (ii) la disposition des ruches à l'extérieure des tunnels peut être responsable de l'augmentation de l'activité des abeilles dans certains tunnels et pas d'autres. Le rendement n'ayant pas été mesuré car ne pouvant être comparé à celui des autres tunnels (différences de variétés), il n'est pas possible de savoir si cette augmentation d'activité à partir de début mai, a permis une augmentation de rendement à cette période. En tout cas, les plantes de service n'ont pas permis une augmentation d'activité des pollinisateurs sur le créneau précoce de fin mars à fin avril.

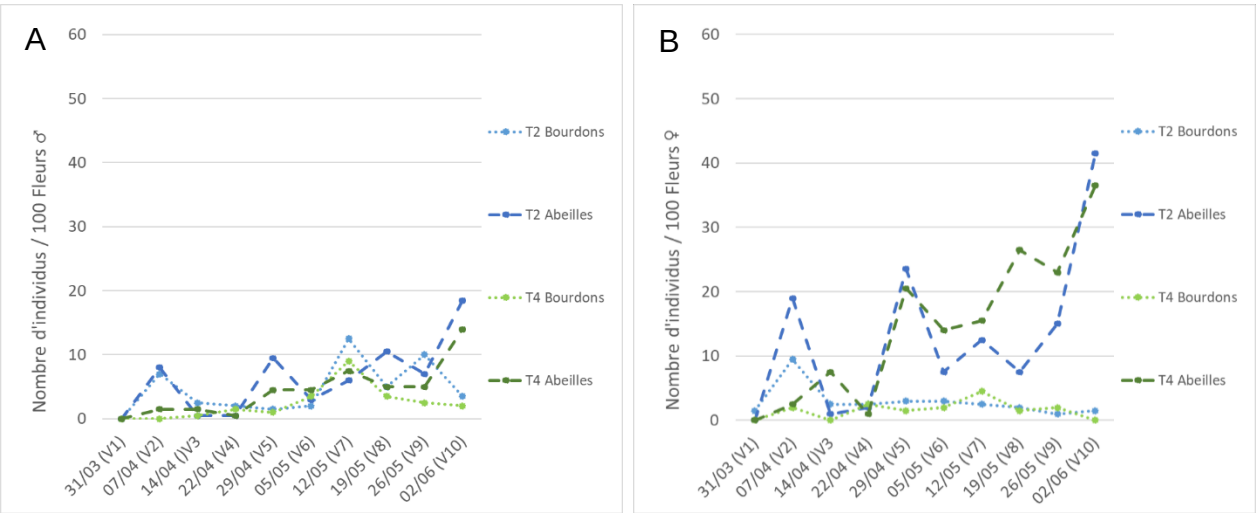


Figure 7 : Activité de butinage des bourdons et des abeilles sur les fleurs mâles (A) et les fleurs femelles de courgettes (B) sous le tunnel 2 (Témoin : bourdons) et le tunnel 4 (plantes de service).

5.2.3. Bilan de l'intérêt technico-économique de la mise en place de plantes de service pour améliorer le butinage

Malgré la quantité et la diversité des plantes de service présentes dans le tunnel, dont certaines très attractives pour les pollinisateurs, peu d'effets sur l'activité de butinage sur la culture de courgette ont été observés sur le début de la culture (fin mars à fin avril). Un suivi du rendement aurait été nécessaire pour pouvoir conclure sur un possible effet sur le rendement en seconde moitié de culture. Cependant ces plantes demeurent trop envahissantes, et peuvent ainsi entrer en concurrence avec la culture de courgette. Cette technique a donc engendré des coûts de mise en place : achat des graines, élevage des plants, ligne de goutte à goutte et longueur de paillage, temps de plantation, mais également des couts d'entretien pour limiter la concurrence avec la culture. Avec un bémol supplémentaire de potentielle diminution du butinage par les bourdons dont l'activité a pu être détournée par les plantes de service, cette technique ne semble pas être une piste à suivre pour optimiser l'activité de butinage des pollinisateurs.

5.3. Comparaison des différents apports de pollinisateurs

5.3.1. Activité de butinage

Les mesures du nombre de pollinisateurs sur les fleurs de courgettes, tous tunnels confondus, montrent une nette différence d'activité entre abeilles et bourdons. Beaucoup plus d'abeilles que de bourdons ont été dénombrées sur les fleurs mâles et femelles que ce soit en 1ère ou 2ème partie de matinée. Les abeilles sont plus actives en 1ère partie de matinée (9h30-10h10) qu'en 2ème partie (10h20-11h00) et sont plus présentes sur les fleurs femelles que sur les fleurs mâles. Les bourdons ne montrent pas de différence d'activité sur la matinée et sont légèrement plus présents sur les fleurs mâles (Figure 8). Les deux espèces de pollinisateurs participent donc à la pollinisation dans les tunnels d'essais, les abeilles représentent la majeure partie de l'activité de butinage.

Les observations de l'activité de butinage des abeilles et des bourdons dans les tunnels T1 (abeilles+bourdons), T2 (bourdons) et T3 (bourdons seuls V1 à V4 puis bourdons + abeilles de V5 à V6) montrent des différences d'activités entre les tunnels (Figure 9A&B). L'activité des bourdons ne semble pas montrer de différences entre tunnels. Ce résultat n'est pas surprenant puisque tous les tunnels accueillent une colonie de bourdons. Concernant les abeilles, le tunnel 1 qui accueille une ruchette tout au long de l'essai montre une activité globalement plus importante que le tunnel 2 (témoin sans ruchette d'abeilles), avec une différence d'activité remarquable sur les dates les plus précoces (fin mars-début avril). Après V4 (fin avril), le tunnel 1 et le tunnel 3 accueillent de nouvelles ruchettes d'abeilles. Les activités des abeilles dans ces 2 tunnels semblent légèrement plus importantes que celle du tunnel 2 (témoin sans ruchette d'abeilles), mais il est difficile d'affirmer que la présence de ruchette sous les tunnels en soit la cause. En effet, à cette période les températures favorables et le retrait des portes des tunnels permettent aux abeilles des ruches disposées à l'extérieur de visiter toutes les serres. Dans les conditions de l'essai, suite à ces observations, on peut conclure que la présence d'une ruchette sous tunnel est intéressante durant la période la plus précoce de fin mars à fin avril.

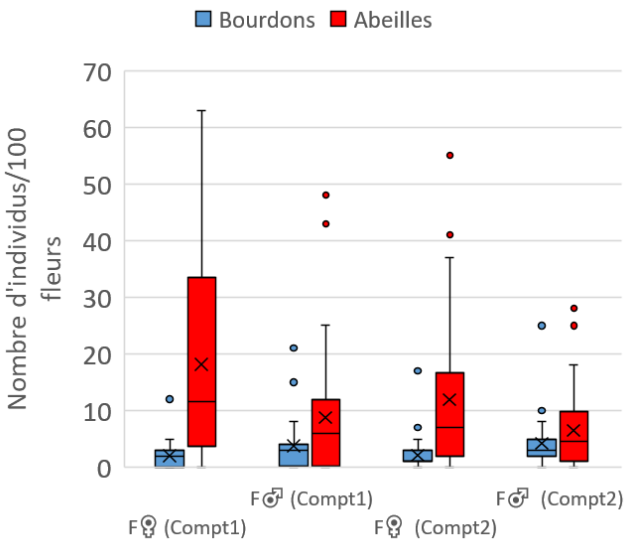


Figure 8 : Activité de butinage des bourdons et des abeilles sur les fleurs mâles et les fleurs femelles de courgettes, tous tunnels et toutes dates confondus, en première partie de matinée de 9h30 à 10h10 (comptage 1) et en deuxième partie de matinée de 10h20 à 11h00 (comptage 2).

Des différences d'activités des abeilles et des bourdons sont observées au cours du temps, de fin mars à début juin (Figure 9A&B). Les facteurs climatiques, mesurés lors de chacune des visites (ensoleillement, températures, précipitations) semblent affecter les activités de butinage. Les productions de nectar, fluctuantes aussi au cours du temps (Figure 14) semblent également affecter l'activité des bourdons et des abeilles. 2 exemples peuvent illustrer ce constat. Lors des visites V3 et V4 (14/04 et 22/04), les pollinisateurs présentent une activité très faible. A V3 (14/04), les conditions climatiques sous serres sont bonnes (températures de 26 à 30°C avec une matinée ensoleillée, luminosité de 50Klux) mais les productions de nectar sont très faibles (<4 µL). A V4 (22/04), les productions de nectar sont bonnes (10 à 39µL selon les variétés), mais les conditions climatiques sont mauvaises (températures de 20 à 25°C avec une matinée pluvieuse, luminosité de 12 à 20Klux). De ce fait, la présence des abeilles et des bourdons sous serre ne suffit pas à avoir une activité de pollinisation optimale.

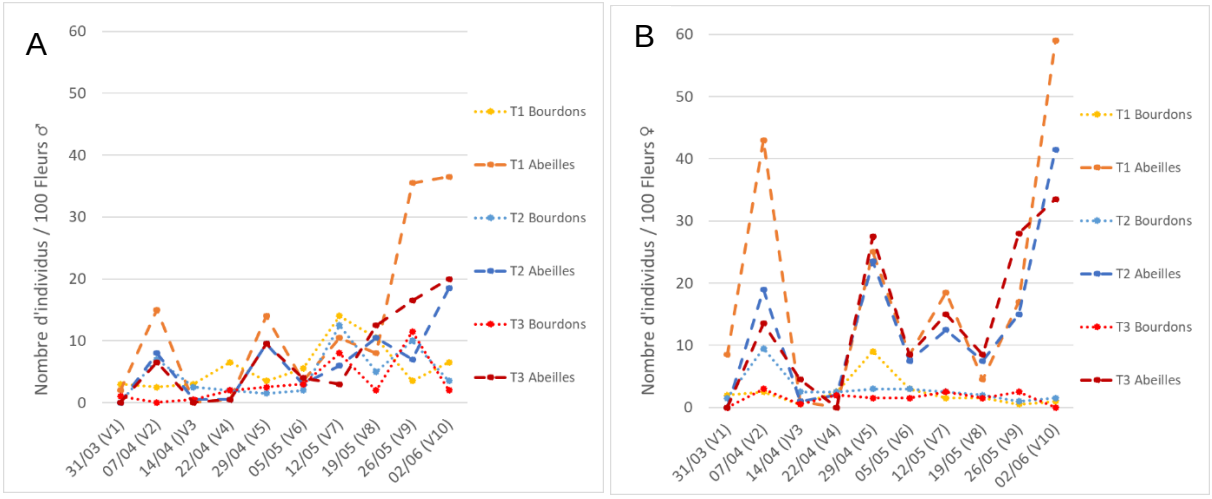


Figure 9 : Activité de butinage des bourdons et des abeilles sur les fleurs mâles (A) et les fleurs femelles de courgettes (B) sous le tunnel 1 (bourdons + abeilles), le tunnel 2 (Témoin : bourdons) et le tunnel 3 (bourdons seuls V1 à V4 puis bourdons + abeilles de V5 à V10).

5.3.2. Rendement

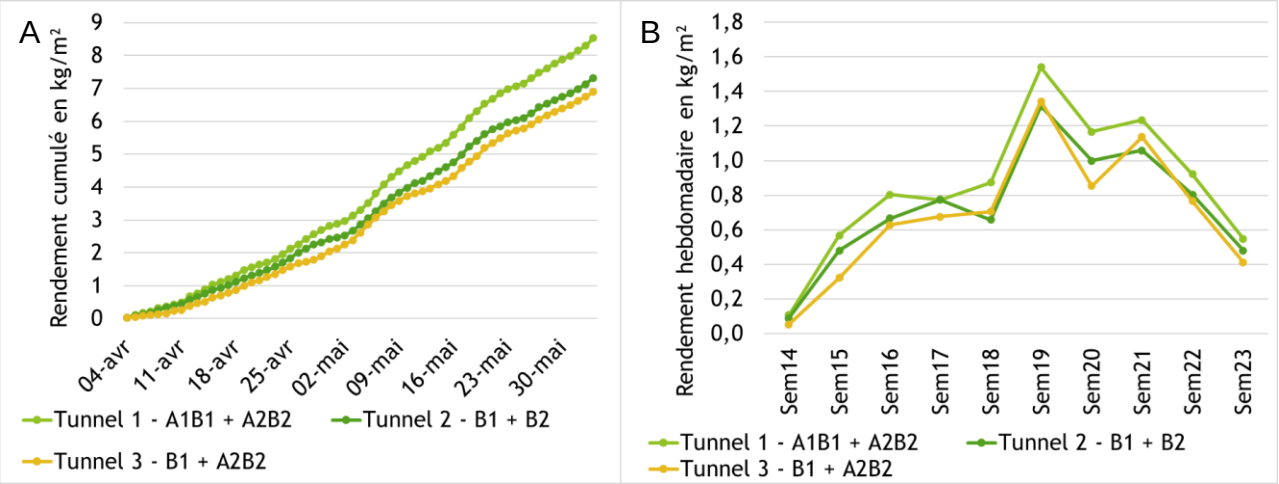


Figure 10 : Rendement des 3 tunnels suivis avec 90% de plants de Parador et 10% de plants de Yellowfin. (A) Rendement cumulé. (B) Rendement hebdomadaire. Ruchette de bourdons en précoce (B1) et en deuxième moitié de culture (B2). Ruchette d'abeilles en précoce (A1) et en deuxième moitié de culture (A2)

Il y a une différence importante de rendement cumulé entre les tunnels 1 et 2, avec 1.2 kg/m² en plus pour le tunnel 1 (Figure 10A). Or pour ces deux tunnels la vigueur est similaire et les dynamiques de floraison mâle des deux variétés présentes (90% Parador + 10% Yellowfin) sont identiques (Figure 11). Ainsi la différence de rendement observé entre ces deux tunnels résulte sans doute de l'ajout d'une ruchette d'abeilles dans le tunnel 1 par rapport au tunnel 2 dans lequel il n'y a qu'une ruchette de bourdons. La différence de rendement est présente dès le début des récoltes et perdure au cours de la culture (Figure 10B), d'où une différence croissante de l'écart en rendement cumulé. Il est intéressant de noter que l'activité de butinage entre les tunnels 1 et 2 est différente particulièrement sur le début de culture, mais sur la seconde moitié de culture les activités mesurées semblent similaires, alors même qu'un impact sur le rendement perdure. Cela pose la question de la justesse de l'évaluation de l'activité de butinage. En effet, le butinage est évalué sur une matinée par semaine entre 9h30 et 11h, alors que le rendement résulte de l'activité de butinage sur l'ensemble de la période d'ouverture des fleurs 6h-11h et de tous les jours de la semaine. Ainsi la différence d'activité de butinage entre les tunnels 1 et 2 est peut-être sous-estimée sur la seconde moitié de culture, il est en effet possible que la présence d'une ruchette d'abeilles dans le tunnel permette un démarrage plus tôt dans la matinée de l'activité de butinage, par rapport aux tunnels reposant sur les abeilles des ruches extérieures. De plus, en cas de conditions un peu moins favorables au butinage, temps plus frais ou venteux, il est possible que la ruchette d'abeilles dans le tunnel permette le maintien d'une activité de butinage.
Le rendement du tunnel 3 est le plus faible, mais ce tunnel a un déficit de vigueur sur toute la durée de la culture par rapport aux tunnels 1 et 2.

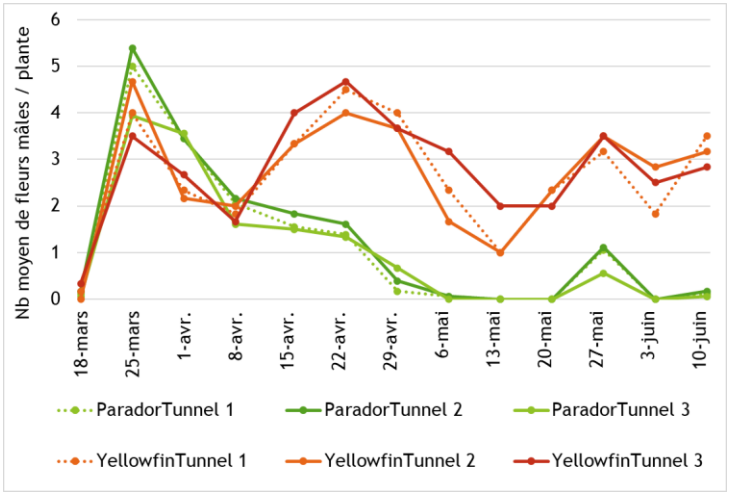


Figure 11 : Nombre moyen de fleurs mâles par plante pour les 3 tunnels suivis pour le rendement et les deux variétés présentes dans chaque tunnel

5.3.3. Impact des conditions sous serres sur les colonies d'abeilles

Pour la réalisation de l'essai, 3 colonies d'abeilles nourries régulièrement ont été utilisées. Ces colonies présentaient une population de 5 000 à 6 000 abeilles et 4 000 à 7 000 cellules de couvain au moment leur mise en place. Au bout de 4 à 6 semaines de présence sous les tunnels ces colonies ont présenté une population de 10 000 à 12 000 abeilles et 10 000 à 17 000 cellules de couvain (Figure 12). Les conditions sous tunnel, pour cet essai, n'ont donc pas été préjudiciables pour les colonies utilisées.

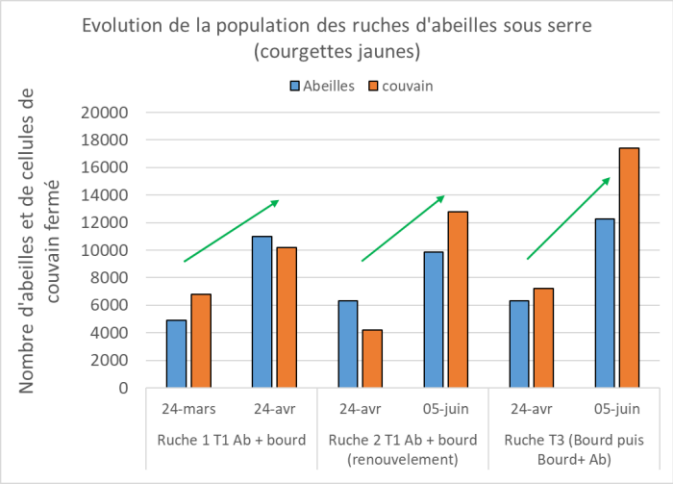


Figure 12 : Evolution de la population des colonies

5.3.4. Bilan technico-économique des modalités apports de pollinisateurs

D'un point de vue technique la modalité abeille avec renouvellement + ruchette de bourdons permet une augmentation de l'activité de butinage et du rendement par rapport à la modalité bourdons seuls. Le gain principal sur l'activité de butinage semble être sur le début de culture, lorsque les tunnels sont tenus fermés. Sur la seconde moitié de culture les abeilles des ruches extérieures permettent d'assurer un bon niveau d'activité de butinage, il n'y a plus de différence notable d'activité de butinage constatée. La modalité abeille avec renouvellement + ruchette de bourdons présente un rendement plus important que le tunnel voisin (bourdons seuls) et ce sur toute la durée de la culture, avec une différence cumulée finale de rendement commercial de 1.2kg/m².

D'un point de vue économique, en considérant un prix moyen pour la courgette de 1.54 €/kg[1], l'ajout d'une ruchette d'abeilles renouvelée en complément de la ruchette de bourdons permet une augmentation du chiffre d'affaire de :

Chiffre d'affaire supplémentaire = gain de rendement x prix courgette
= 1.2 kg/m² x 1.54 €/kg
= 18 480 €/ha

L'ajout d'une ruchette d'abeilles et son renouvellement entraîne un coût supplémentaire de location des ruchettes à l'apiculteur proposant le service de pollinisation :

Charge partielle directe supplémentaire = 2 ruchettes x prix de location d'une ruchette
= 2 x 80€/ruchette
= 160 €/tunnel

Soit dans le cadre de l'essai avec des tunnels de 602 m² : 2 658 €/ha de location de ruchettes renouvelées une fois.

Ainsi dans les conditions de l'essai, avec les modalités de calcul explicitées ci-dessus :

Marge partielle sur coût direct = Chiffre d'affaire supplémentaire - Charge partielle directe supplémentaire
= 18 480 €/ha - 2 658 €/ha
= 15 822 €/ha

[1] Prix moyen calculé pour la courgette longue verte AB en 2020 en marché producteur. (Pas de données disponibles pour la courgette longue jaune). Ce prix moyen a été calculé à partir des données des grossistes dans le Sud-Est de mars à juin 2020.

L'augmentation de rendement constaté, qui demande à être confirmer sur l'essai de 2021, permettrait largement de compenser le coût de location d'une ruchette d'abeilles avec renouvellement. Il semble donc profitable de mettre en place une ruchette d'abeilles dans l'abri dès la floraison et de la renouveler, si le renouvellement n'est pas possible, il est préférable de choisir de positionner la ruchette d'abeilles en précoce, plutôt qu'en seconde moitié de culture (Tunnel 3).
En 2020, les ruchettes d'abeilles ont été testées en supplément des ruchettes de bourdons. Compte tenu de leur nombre et de leur activité importante, les abeilles représentent une part considérable de l'activité de butinage dans les tunnels, il serait intéressant d'étudier si les abeilles seules seraient suffisantes pour réaliser la pollinisation ou s'il existe une synergie entre les abeilles et les bourdons.

5.4. Evaluation du potentiel des variétés et intérêt du mélange

5.4.1. Potentiel de parthénocarpie

Le potentiel de parthénocarpie d'une variété désigne la capacité de cette variété à produire un fruit en l'absence de fécondation de la fleur femelle. Ce potentiel permet de limiter les fluctuations de rendement et de qualité de fruits liées à la faible disponibilité de pollen à l'échelle de la parcelle et/ou à la faible activité des pollinisateurs.

Les variétés Parador et Lingodor ont présenté dans les conditions de l'essai un faible potentiel parthénocarpique avec des fruits de classe C0 à C3 (longueur après 7 jours inférieure à 13 cm), les fruits sont fréquemment pointus.

La variété Yellowfin a présenté dans les conditions de l'essai un potentiel parthénocarpique plus marqué que les deux autres variétés avec des fruits en classe C4-C5 (longueur après 7 jours supérieure à 13 cm). Cependant sur la première série une partie des fruits sont en classe C2 avec une forme pointue ou déformée, ce qui souligne la variabilité de réponse au sein d'une même variété à l'absence de fécondation de la fleur, cette réponse dépend sans doute de la charge en fruits de la plante et de son état physiologique, mais également des conditions climatiques au moment de la floraison.

5.4.2. Floraison

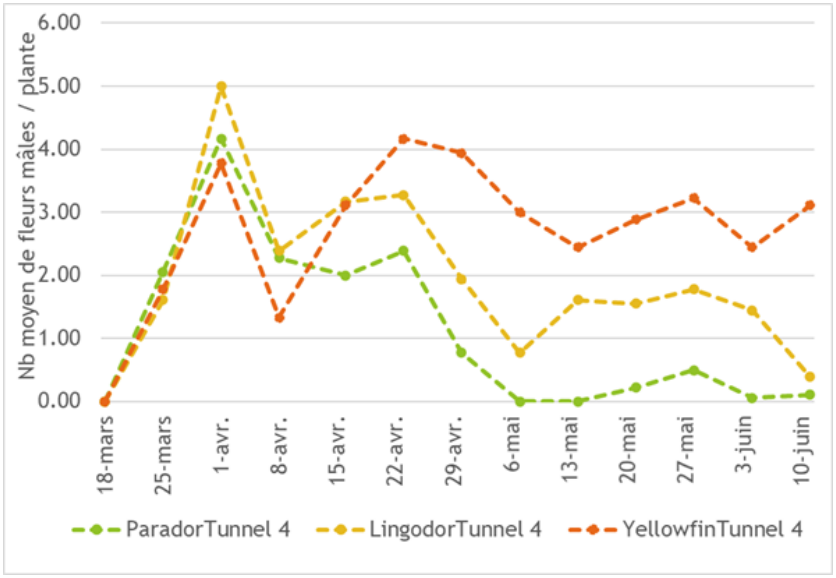


Figure 13: Floraison mâle par variété pour les 3 variétés du tunnel 4

La variété Parador présente une quasi-absence de fleurs mâles dès début mai et jusqu'à la fin des notations soit le 11 juin. Lors de l'essai variétal 2019 (Fiche APREL 19-003, 2019), une absence de fleur mâle sur les 4 dernières semaines de culture avait également été observée sur la variété Parador, alors que les 7 autres variétés évaluées ont maintenu une production de fleurs mâles jusqu'à la fin de l'essai.
La variété Yellowfin maintient sa production de fleurs mâles sur toute la culture (dans les 4 tunnels de l'essai). Compte tenu du faible potentiel parthénocarpique de la variété Parador, le maintien des récoltes alors même que la variété principale ne produit plus de fleurs mâles confirment l'intérêt du mélange variétal (10% de Yellowfin) pour maintenir la disponibilité du pollen à l'échelle du tunnel de culture.

La variété Lingodor montre un comportement intermédiaire pour la production de fleurs mâles avec une production plus faible que yellowfin et une chute importante du nombre de fleurs mâles sur la dernière observation. Ainsi la variété Lingodor qui apparaissait comme une candidate potentielle pour remplacer Yellowfin dans la stratégie de mélange variétal car elle présente une productivité plus importante, une meilleure présentation du fruit, ainsi qu'une meilleure tenue en conservation (Fiche APREL 19-003, 2019) ne présente peut être pas une floribondité mâle suffisante pour assurer la disponibilité du pollen à l'échelle du tunnel tout au long de la culture.

5.4.3. Production de nectar et teneur en sucres

Les productions de nectar et la teneur en sucre, mesurées lors de chacune des visites d'activité de butinage, montrent des différences entre les fleurs mâles et les fleurs femelles et entre variétés de courgettes. Les fleurs mâles présentent un volume de nectar et un taux de sucre légèrement plus important que les fleurs femelles quelle que soit la variété (Figure 14A). Si globalement les volumes de nectar produits sont comparables entre variétés, la variété Yellowfin produit un nectar légèrement plus sucré (Figure 14A). Au cours du temps, les volumes produits varient d'une variété à l'autre (Figure 14B&C). Par exemple, à V1(31/03) et V2 (07/04), les fleurs mâles de la variété Parador produisent beaucoup de nectar (15µL) alors que les 2 autres variétés produisent peu de nectar (<2µL) (Figure 14B). Si la nectarification des fleurs est liée à l'activité de butinage, le mélange variétal peut contribuer à l'attractivité de la culture. Si la nectarification peut fluctuer selon les variétés, des chutes de production de nectar sont observées de V6 à V10 quelle que soit la variété. Cette période correspond à la période la plus chaude avec des températures relevées sous tunnel de 28 à 34°C. Il est alors permis de s'interroger sur un lien possible entre irrigation des cultures, production de nectar et activité des pollinisateurs. Un levier pour optimiser la pollinisation des cultures de courgettes pourrait être d'améliorer l'irrigation des cultures (quantité d'eau et/ou période d'irrigation dans la journée ?)

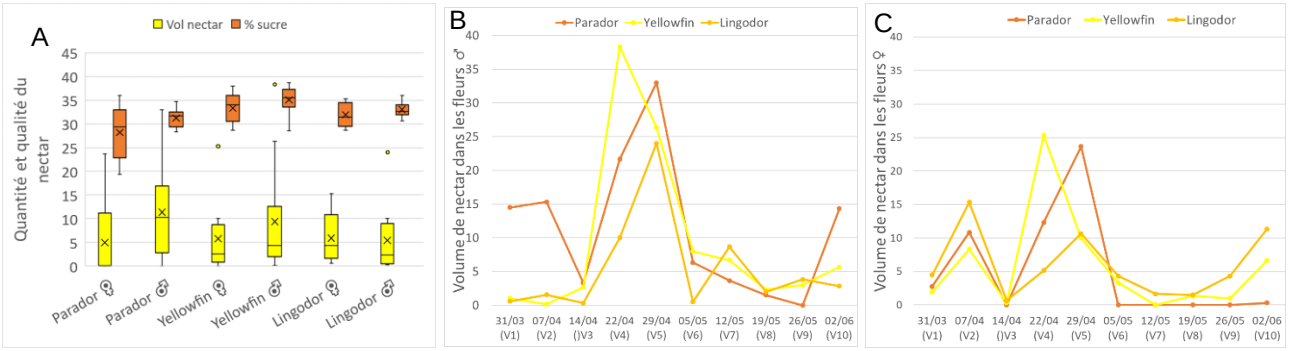


Figure 14 : Volume et pourcentage de sucre des nectars des différentes variétés

5.4.4. Intérêt technico-économique du mélange variétal

Le mélange variétal apparaît comme pertinent pour limiter les fluctuations de rendement.
Parador, la variété principale (90% des plants), est intéressante car elle est très productive et présente un joli fruit. Cependant elle présente dans les conditions de l'essai un faible potentiel de parthénocarpie, ainsi qu'un déficit de fleurs mâles à partir de début mai. Un déficit de production aurait donc été observé en l'absence de pollen de Yellowfin, la variété a forte floribondité mâle. Yellowfin (10%) remplit bien son rôle de pollinisateur puisqu'elle maintient la production de fleurs mâles sur toute la durée de culture, cette variété est cependant peu productive, avec une présentation de fruit moyenne. Elle permet donc de maintenir la production des plants de Parador, mais diminue le nombre de plants « productifs » par tunnel de 10%. Il serait intéressant de travailler sur le pourcentage de la variété à forte floribondité mâle pour l'ajuster afin de maximiser le rendement de la culture.
Lingodor qui présente un plus joli fruit que Yellowfin, a une floribondité mâle plus faible, cette variété n'apparaît donc pas comme une bonne candidate pour remplacer Yellowfin dans une stratégie de mélange variétal.

6 – Conclusions

- **Facteur variétal**

Les variétés Parador et Lingodor présentent un faible potentiel de parthénocarpie et sont donc sensibles au défaut de nouaison résultant d'un déficit de pollinisation. La variété Yellowfin présente un potentiel de parthénocarpie plus élevé, mais c'est une variété peu productive.
La variété Yellowfin présente la floribondité mâle la plus importante. Parador présente un déficit de floribondité mâle important sur la seconde moitié de culture. Lingodor présente une floribondité mâle intermédiaire.
Le mélange de variétés, 90% Parador (variété d'intérêt commercial, à faible potentiel parthénocarpique) + 10% Yellowfin (variété à forte floribondité mâle), apparait comme très intéressant. Il serait pertinent d'affiner cette technique, en travaillant sur le pourcentage de la variété à forte floribondité mâle pour trouver le meilleur compromis entre leur faible productivité et la disponibilité du pollen à l'échelle de la parcelle.

- **Facteur apport de pollinisateurs dans le tunnel**

La mise en place d'une ruchette d'abeilles sous tunnel en complément de la ruchette de bourdons a permis d'augmenter le rendement sur toute la durée de la culture, par rapport au tunnel avec uniquement une ruchette de bourdons. Durant les dates les plus précoces une augmentation de l'activité de butinage est constatée dans le tunnel abeilles + bourdons. L'intérêt sur la seconde moitié de la culture reste à confirmer, car bien qu'un impact positif sur le rendement soit observé, aucune différence d'activité de butinage n'est constatée. Compte tenu de leur nombre et de leur activité importante, les abeilles représentent une part considérable de l'activité de butinage dans les tunnels, il serait intéressant d'étudier si les abeilles seules seraient suffisantes pour réaliser la pollinisation ou s'il existe une synergie entre les abeilles et les bourdons.

- **Facteur diversité végétale dans le tunnel**

La technique des plantes de service n'a pas permis d'augmenter l'activité de butinage sur la culture, malgré l'abondance et l'attractivité pour les pollinisateurs de certaines fleurs (moutarde, bourrache et coquelicot). De plus, certaines espèces (bourrache, moutarde) ont nécessité des interventions pour maîtriser leur développement. Cette piste de travail est abandonnée.

- **Lien nectar et butinage**

Des fluctuations importantes des quantités de nectar produites ont été observées au cours de cet essai. Lors d'une date d'observation où les conditions climatiques étaient favorables à l'activité des pollinisateurs, une activité de butinage très faible a été enregistrée, en parallèle d'une très faible production de nectar. La production de nectar semble être un facteur déterminant de l'activité de butinage. Un axe de travail pourrait être l'irrigation (positionnement et dose) afin de favoriser la nectarification et ainsi l'activité de butinage.

Références

ADAPI, and APREL (1992). Essai courgettes ADAPI-APREL.
De Menezes, C., Maluf, W.R., de Azevedo, S.M., Faria, M.V., Nascimento, I.R., Nogueira, D.W., Gomes, L.A.A., and Bearzoti, E. (2005). Inheritance of parthenocarpy in summer squash (Cucurbita pepo L.). Genet. Mol. Res. *4*, 39–46.
Fiche APREL 19-003 (2019). Courgette. Nouvelles variétés type long jaune. Créneau précoce.
Maisonnasse, A., Hernandez, J., Le Quintrec, C., Cousin, M., Beri, C., and Kretzschmar, A. (2016). Evaluation de la structure des colonies d'abeilles, création et utilisation de la méthode ColEval (Colony Evaluation). Innov. Agron. *53*, 27–37.

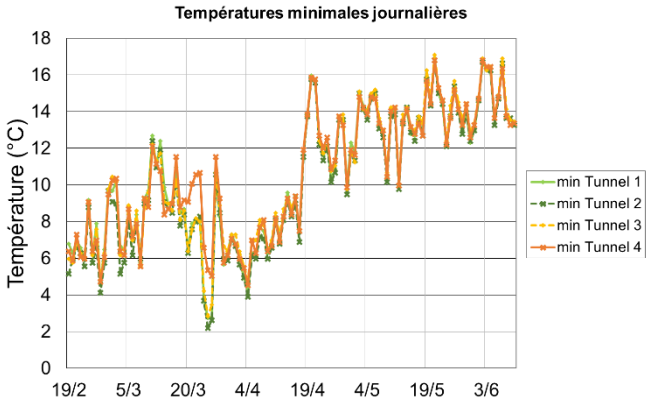
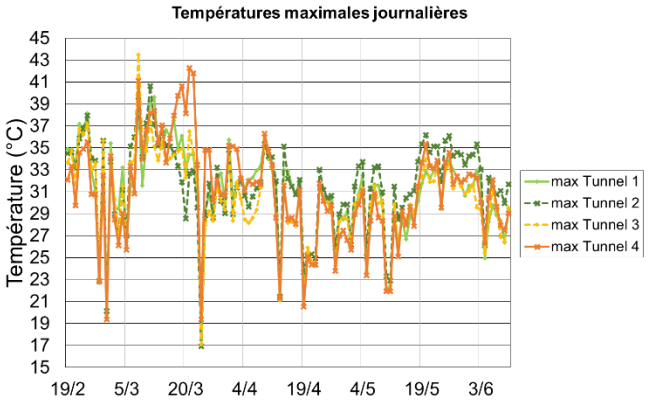
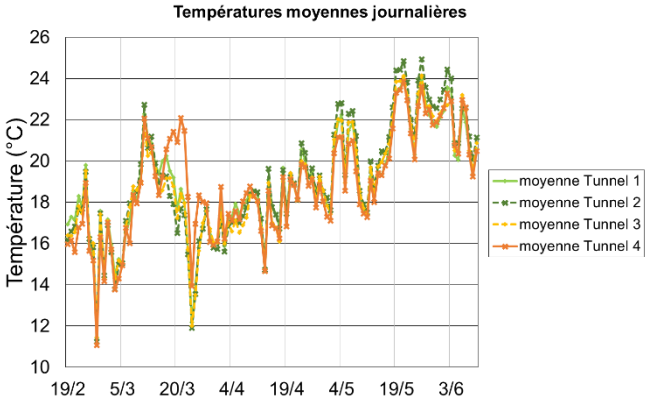
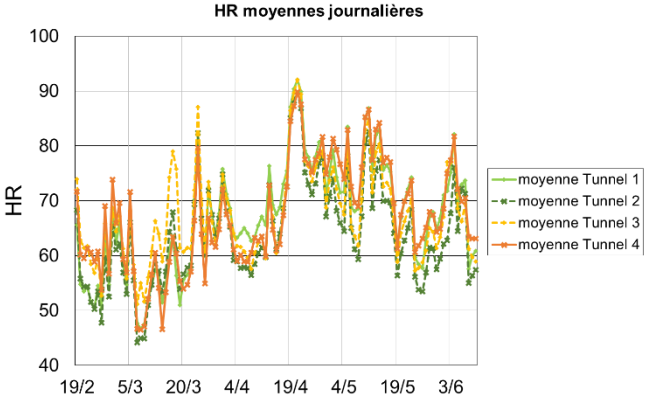
Renseignements complémentaires auprès de : *Action A492*
ROUSSELIN Aurélie, APREL, 13210 St Rémy de Provence, tel 04 90 92 39 47, rousselin@aprel.fr
KAIRO Guillaume, ADAPI

Réalisé avec le soutien financier de :

FranceAgriMer
ÉTABLISSEMENT NATIONAL DES PRODUITS DE L'AGRICULTURE ET DE LA MER

La responsabilité de FranceAgriMer ne saurait être engagée

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «Développement agricole et rural »

La responsabilité du Ministère chargé de l'agriculture ne saurait être engagée

Annexe 1 : Relevés de température et hygrométrie