

**AFPP – 11^e CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES RAVAGEURS ET AUXILIAIRES EN AGRICULTURE
MONTPELLIER – 25 ET 26 OCTOBRE 2017**

**EFFET DE L'EFFET DE LA POLLINISATION ENTOMOPHILE SUR LE RENDEMENT DU TOURNESOL DE
CONSOMMATION**

A. FOUGEROUX ⁽¹⁾, P. GARY, C. CENIER ⁽²⁾, E. CAUMES-SUDRE ⁽³⁾, ET C. SENECHAL ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Syngenta 12 Chemin de l'Hobit, 31790 Saint-Sauveur

⁽²⁾ Agrosolutions 83 Avenue de la Grande-Armée, 75016 Paris

⁽³⁾ Arterris Innovation 24 Avenue Marcel Dassault 31500 Toulouse

RESUME

La pollinisation entomophile du tournesol est souvent mentionnée comme un facteur contribuant au rendement et à la qualité de cette culture. Alors que les rendements stagnent depuis une trentaine d'années en France, l'amélioration de la pollinisation des tournesols de consommation constitue une piste pour les relancer en conditions agricoles. Notre étude visait à évaluer l'impact d'un front d'insectes pollinisateurs (charge de colonies d'abeilles domestiques installées dans une bande fleurie disposée sur une bordure de parcelles agricoles longue de plus de 550 m de long). Cet impact a été mesuré à différentes distances de ce front d'insectes pollinisateurs ; la fréquentation des capitules par les insectes floricoles, le rendement et la teneur en huile des récoltes ont été évalués. Nous avons observé un gradient négatif d'activité des abeilles domestiques en fonction de l'éloignement au front des colonies et un impact sur le rendement chez le tournesol. Nous présentons la méthodologie originale utilisée ainsi que les premiers résultats obtenus.

Mots clés : pollinisation, tournesol, abeille, rendement, teneur en huile, gradient.

ABSTRACT

Insects pollination on sunflower is often presented as a key factor contributing to the yield and quality of this crop. Yields of sunflowers have been stagnant over the last 30 years in France, and improvement of sunflower pollination has been proposed as a mean to increase yields in agricultural farms. Our study aimed at evaluating the effect of a front of pollinators (stocking honey bee colonies in flowering margins set along one side of sunflower fields over 550 m long). We observed decreasing honey bee densities on sunflowers at increasing distances from the colony front, and also decreasing sunflower yield and oil content. We present the original methodology used and our first results.

Keywords: pollination, sunflower, bee, yield, oil content, gradient.

INTRODUCTION

La pollinisation entomophile des cultures fait l'objet de nombreuses déclarations, souvent extrêmes. Effectivement, le rôle des insectes pollinisateurs est important pour la reproduction de nombreuses plantes à fleurs et sa contribution à l'agriculture a été chiffrée à environ 1,4 milliards d'euros en France (Leonhardt et al. 2013). Le service écosystémique des insectes pollinisateurs est donc indéniable, toutefois l'intérêt économique pour les agriculteurs reste à préciser.

Concernant les 600 000 ha de tournesol, nous disposons de peu d'informations sur l'impact économique en conditions agronomiques de l'activité des insectes pollinisateurs.

La pollinisation entomophile en production de semences hybrides de tournesol a fait ses preuves, en termes de quantité de semences et de qualité des lots produits. Mais l'intérêt de la pollinisation entomophile en tournesol de consommation n'est pas clairement établi, et la plupart des agriculteurs ne sont pas convaincus de la valeur économique de ce service.

Face aux demandes alimentaires et industrielles en huile et matières grasses, on se heurte en France à la stagnation de la production. Une des raisons de ce phénomène est l'absence de croissance des rendements du tournesol. Le progrès génétique n'est pas en cause. En effet, la sélection variétale du tournesol est en progression constante et l'on estime le gain moyen à 0,5 q/ha/an par rapport aux anciennes variétés (GNIS 2016). Les variétés actuelles peuvent produire de 60 à 70 quintaux par hectare, dans des conditions de culture optimale. Cependant, la moyenne nationale stagne autour de 23 – 24 q/ha depuis les années 1980 (ONIDOL 2012). Comment expliquer cette stabilité des rendements depuis quelques années ? Et comment expliquer la différence de rendement avec les conditions optimales de culture ?

Une meilleure pollinisation du tournesol, notamment par l'implantation de colonies d'abeilles domestiques aux abords des parcelles, pourrait constituer un moyen d'augmenter les rendements. En effet, la pollinisation est une étape clé dans la fécondation et la formation des graines. Pour tournesol, les grains de pollen peuvent être transférés des organes mâles vers les organes femelles selon trois modes : le vent, en véhiculant les grains de pollen et en agitant les plantes (pollinisation anémophile), la gravité ou le contact direct entre les anthères et les stigmates (autopollinisation passive) et les insectes (pollinisation entomophile).

Le déficit de pollinisation des cultures correspond à une réception de pollen insuffisante qualitativement ou quantitativement au niveau des ovules, ce qui conduit à une baisse de rendement ou de qualité (Wilcock, 2002)

Des études ont été conduites sur tournesol par Syngenta en 2015 et en partenariat entre Agrosolutions, et Arterris en 2016, afin d'évaluer en conditions pratiques l'intérêt agronomique de l'activité des insectes pollinisateurs. Ces travaux ont été menés dans la région toulousaine sur des parcelles d'agriculteurs. Préalablement à la mise en place des travaux expérimentaux, une revue bibliographique a été réalisée.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Sur tournesol, les abeilles domestiques sont les insectes floricoles les plus nombreux (Carvalho *et al.* 2011), et elles sont aussi considérées comme le principal agent pollinisateur de cette culture (Nderitu *et al.* 2008 ; Krishna *et al.* 2014). Cependant, il semble que l'efficacité de la pollinisation soit conditionnée par la diversité morphologique et comportementale des abeilles sauvages et domestiques, avec notamment une possible complémentarité entre les espèces (Carvalho *et al.* 2011 ; Garibaldi *et al.*, 2014). De nombreux auteurs ont démontré l'avantage du service écosystémique rendu par les abeilles en comparant les rendements de plantes sous tulle avec ceux de plantes exposées en pollinisation libre. Une première étude a été réalisée sur la variété 1957 de Bulgarie en comparant 60 capitules en pollinisation libre à 60 capitules sous tulle. Le gain de rendement lié à la pollinisation entomophile était de +220% et le gain de teneur en huile de +214%. Avec une méthode similaire, Nderitu *et al.* (2008) a obtenu sur l'Hybride 8998 un gain de 115% la première année et de 107% la seconde année, avec un gain d'huile mesuré cette deuxième année de +167%. Enfin, avec cette même méthode, Krishna *et al.* (2014) sur la variété SFL 8 obtient un gain de rendement de 23% en faveur de la pollinisation libre.

Comme on peut le constater, il y a de grandes disparités dans ces gains de rendement obtenus en comparant les capitules sous tulle et les capitules en pollinisation libre, ce qui pose la question de l'optimisation de la pollinisation pour maximiser le rendement et la qualité des différentes variétés actuelles de tournesol de consommation sous différentes conditions agroenvironnementales.

PROTOCOLE ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Nous nous sommes inspirés d'un protocole de la FAO proposé pour détecter les déficits de pollinisation (Vaissière *et al.* 2011). Avec des parcelles de tournesol de 600 m de long au minimum, des colonies d'abeilles domestiques ont été introduites à une extrémité disposée sur une bande de plantes nectarifères et une bande de relevés à trois distances de ce front de colonies à trois pas successifs de 250 mètres des colonies a été réalisée afin de relever un éventuel gradient d'insectes pollinisateurs. Trois placettes de relevés (soit 3 répétitions) ont été réalisées à chaque distance (Figure 2).

La fréquentation des capitules de tournesol a été mesurée par comptage instantané (Vaissière *et al.* 2011) : La densité d'insectes pollinisateurs a été mesurée grâce à un balayage visuel des capitules au sein de chaque répétition. En circulant sur les répétitions, l'observateur « scannait » successivement 100 capitules sur chaque placette, et déterminait s'ils étaient visités par aucun, un ou plusieurs insectes à ce moment-là. Les insectes ont été identifiés et notés selon les catégories suivantes : abeilles domestiques avec et sans pelotes de pollen, abeilles sauvages, bourdons, diptères (syrphes et autres mouches), et autres insectes.

Afin de mieux comprendre le comportement des populations d'insectes, on a noté en complément les données météorologiques et les conditions hydriques du sol qui peuvent influencer la sécrétion nectarifère des fleurons de tournesol. A chaque date d'observation, on a noté les conditions météorologiques une fois le matin et une autre fois l'après-midi. Les températures moyennes et maximales, l'hygrométrie et la vitesse du vent ont aussi été relevées.

Des prélèvements de nectar ont été effectués du début jusqu'à la fin de la floraison, sur 5 capitules par parcelle, préalablement mis sous sachet de tulle. Ces capitules étaient sélectionnés en début d'anthèse au milieu de la parcelle à proximité des sondes tensiométriques (Figure 3, capitules orange). Les prélèvements ont été réalisés dans chaque capitule sur 8 fleurons au stade mâle. Nous avons ensuite relevé le volume de nectar (en μL) et le taux de sucre (en %) à l'aide d'un réfractomètre à nectar. L'implantation de sondes Watermark sur chaque parcelle a permis de mesurer les tensions hydriques à 30 cm et à 60 cm de profondeur. Ces mesures étaient enregistrées toutes les 4 heures à partir du stade « stade bouton étoilé ». E1 jusqu'à la récolte sur chaque parcelle. On a aussi mesuré la température du sol à ces profondeurs. Les sondes ont été placées au centre de la parcelle, sur la 2^e placette à 280 mètres des colonies, à proximité immédiate de là où les prélèvements de nectar sur les capitules ont été réalisés.

En complément de ces mesures, trois traitements de pollinisation ont été réalisés: Pollinisation manuelle Saturante (PS), Pollinisation sous Tulle pour exclure les insectes pollinisateurs avec un biais limité sur l'action du vent (PT) et Pollinisation Libre (PL). La pollinisation saturante (pollinisation manuelle à l'aide d'un pinceau souple utilisé tous les deux jours avec les fleurs laissée en pollinisation libre) avait pour objectif d'obtenir la charge maximale en pollen et d'exprimer le potentiel maximum de rendement de la plante dans ces conditions. L'étude visait à déterminer si l'on atteint ce même potentiel seulement en pollinisation libre (autopollinisation passive, pollinisation anémophile, pollinisation entomophile). Le traitement tulle (PT) permettait d'obtenir la pollinisation anémophile (par le vent) et l'autopollinisation passive. Avec à ce protocole, on a pu évaluer l'importance de la pollinisation entomophile par rapport aux autres modes de pollinisation. Les capitules correspondant à chaque modalité (PL, PS et PT) ont été marqués par des étiquettes de couleurs distinctes et dans chaque placette, ces traitements ont été effectués en randomisant les traitements dans chaque rang avec 5 capitules (Figure 3)

On a utilisé 5 parcelles d'étude en 2015 et 6 en 2016 dans la région située entre Toulouse et Castelnaudary.

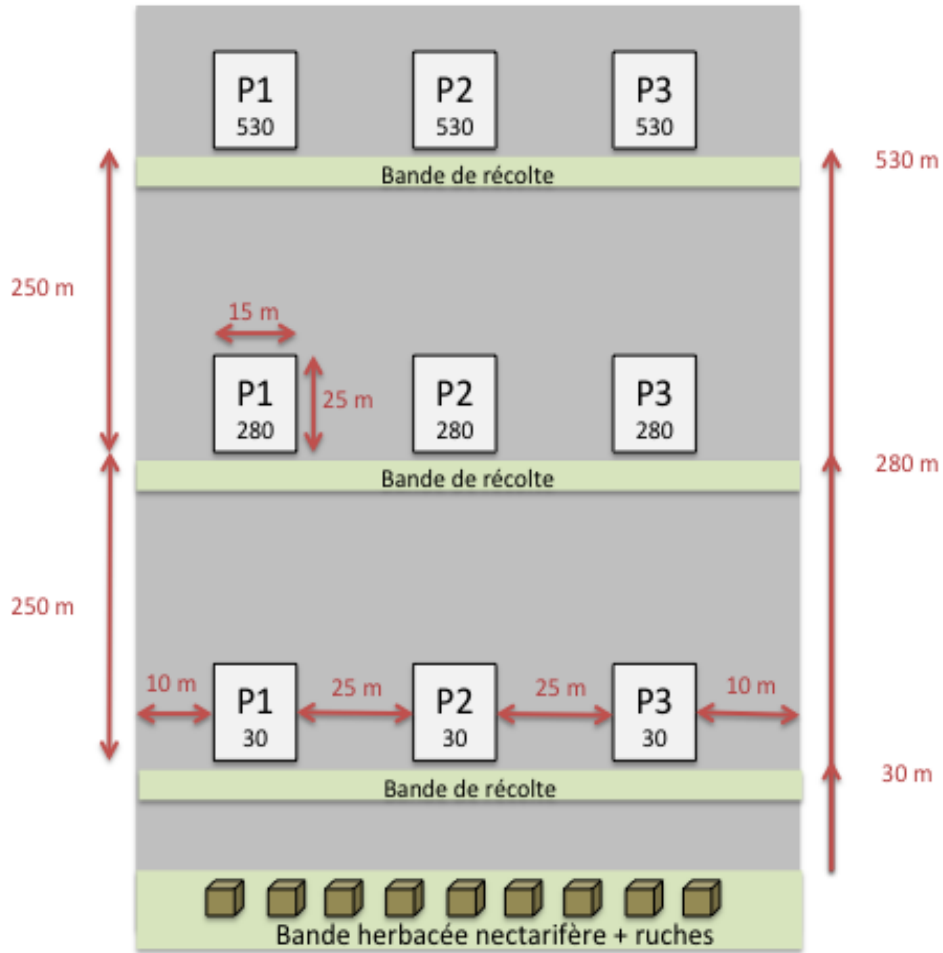


Figure 2 : Disposition des placettes de relevés sur chaque parcelle à trois distances des colonies et de la bande nectarifère.

Figure 2: Locations of the test plots in each field at 3 distances from the honey bee colonies set in the nectar plants.

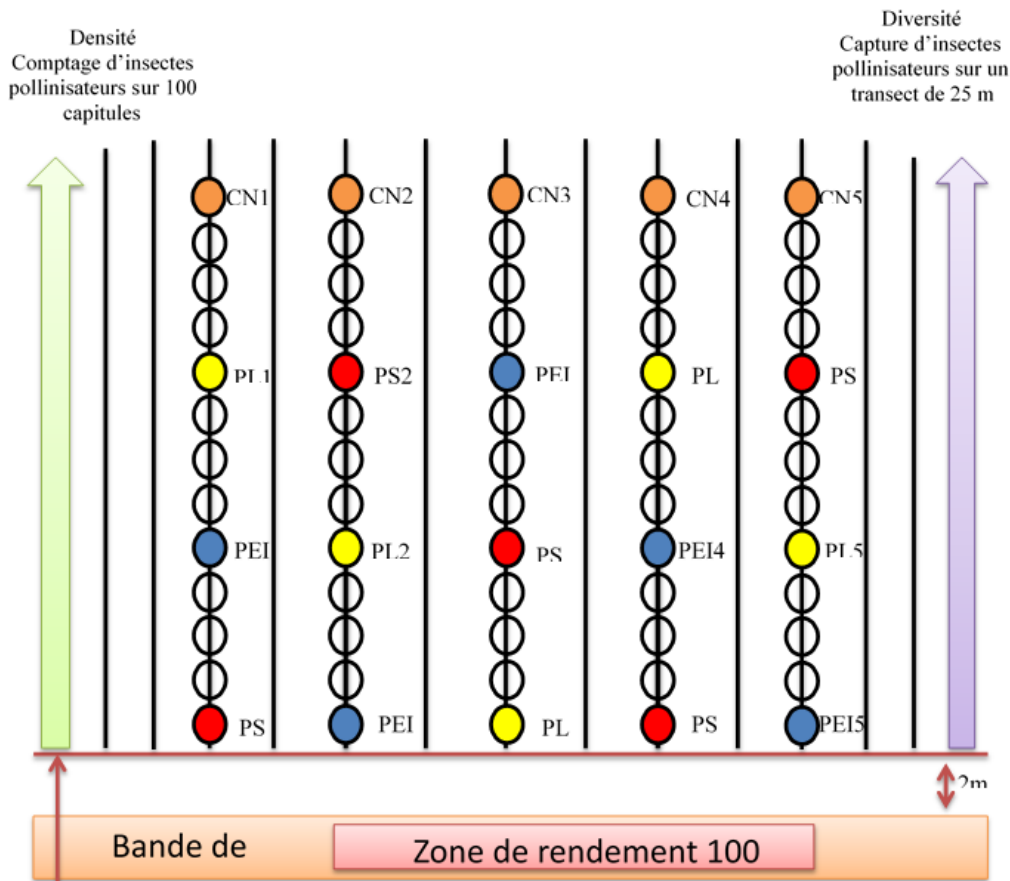


Figure 3 : Organisation d'une placette de relevés PL = Pollinisation libre, PS = Pollinisation manuelle saturante, PEI = Pollinisation Exclusion d'insectes, CN = Capitule pour nectar

Figure 3 : Organisation d'une placette d'étude avec les relevés de densité et de diversité des insectes pollinisateurs et les 5 capitules avec les 3 traitements (Tulle, Pollinisation libre et pollinisation saturante). Les 5 capitules orange étaient utilisés pour mesurer la production nectarifère sur une seule placette par parcelle.

Figure 3 : Set-up of a test plot with the density and diversity of pollinators and the 5 capitulum of 3 treatments (tulle, open pollination and saturating hand pollination). The 5 orange heads were used to measure the nectar production on a single plot per field.

MISE EN PLACE DE LA BANDE NECTARIFERE

Les bandes mellifères sont implantées en début de saison conformément à la figure 2 (fin mars en général) quelques jours avant le semis du tournesol. La surface des bandes mellifères représentait 3% de la surface de la parcelle de tournesol. Cette bande était semée avec un mélange de légumineuses et de phacélie. Après une préparation soignée du lit de semence, on semait le mélange I-Sol® PRONECTAR de Semences de France avec 0,5 cm de profondeur de semis et une dose de 40 kg/ha. Ce mélange pluriannuel avait pour objectif de fournir une zone de nidification et d'alimentation au printemps avant la floraison des tournesols pour les insectes pollinisateurs sauvages, de façon à augmenter leur population sur les parcelles d'étude (Tableau 1).

Tableau 1 : Composition du mélange I-Sol® PRONECTAR

Table 1 : Composition of the flowering mix I-Sol® PRONECTAR

	Composition (% du poids)	Période de floraison	Cycle de vie et sensibilité au gel
Sainfoin	55	Mai-Août	Pérenne
Mélicot	10	Juin-Juillet	Bisannuelle
Trèfle violet	10	Mai-Juin	Pérenne
Trèfle de Perse	10	Juin-Juillet	Annuelle & gélive
Trèfle incarnat	10	Mai-Juin	Annuelle
Phacélie	5	2 mois après semis	Annuelle & gélive

INSTALLATION DES COLONIES D'ABEILLES DOMESTIQUES

Les colonies ont été installées sur les bandes nectarifères avant le début de leur floraison. Une charge de deux colonies par hectare de tournesol a été visée, afin d'avoir un nombre suffisant d'abeilles pour espérer observer un gradient sur plus de 500 m, sans pour autant saturer la zone en insectes pollinisateurs. Toutes les colonies étaient issues du même apiculteur.

RECOLTE

Les capitules avec les différents traitements de pollinisation (PL, PS, PT) ont été récoltés individuellement et manuellement. De plus sur chaque placette de relevé, 30 capitules ont été récoltés pour avoir une évaluation du rendement sur chaque placette, soit 3 évaluations du rendement par distance.

RESULTATS

FREQUENTATION DES FLEURS

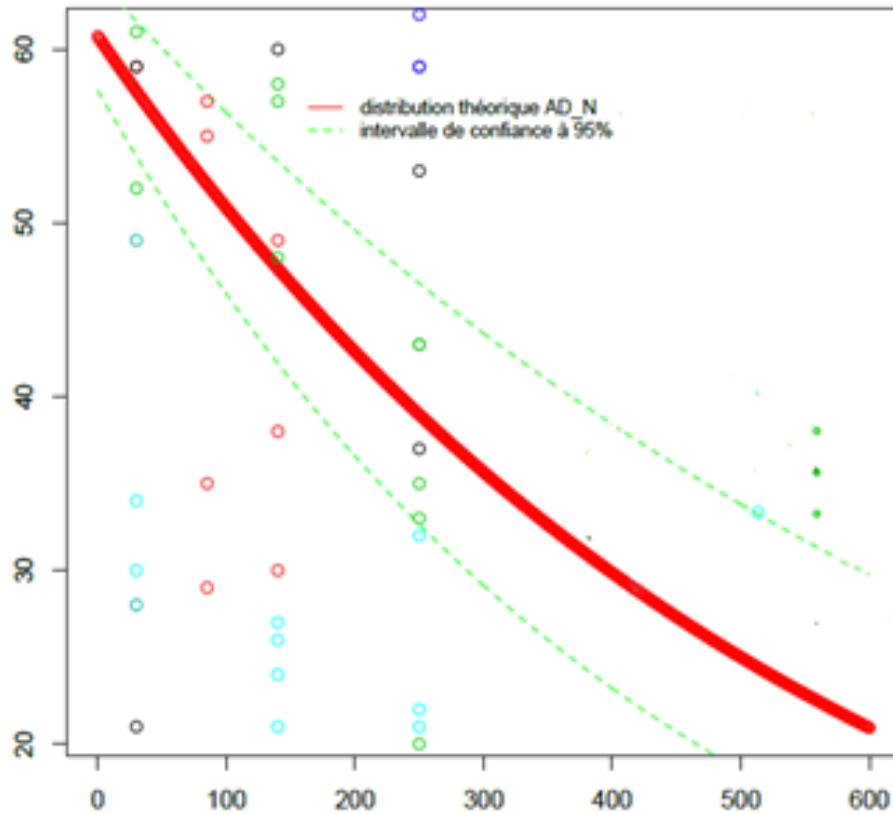
La fréquentation des fleurons de tournesol a été essentiellement réalisée par les abeilles domestiques, avec très peu de bourdons et d'abeilles sauvages. En 2015, les abeilles domestiques ont représenté environ 85% des effectifs dans les capitules, les bourdons 11%, les 4 % restant se répartissant entre 2% d'abeilles sauvages et 2% de syrphes et autres insectes. Il s'agissait essentiellement d'abeilles domestiques butineuses strictes de nectar (sans pelote de pollen) qui ont été observées et ce, quelle que soit la parcelle étudiée.

En 2016, les observations ont confirmé encore cette dominance des abeilles domestiques avec 98,2% d'abeilles domestiques butineuses de nectar contre 0,06% d'abeilles domestiques butineuses avec pelotes de pollen, 0,85% de bourdons, 0,65% d'autres abeilles sauvages, 0,08% de syrphes, et 0,13 % d'autres diptères.

GRADIENT D'INSECTES POLLINISATEURS

En 2015, on a observé un gradient significatif des densités d'abeilles domestiques butineuses de nectar entre 30 et 530 m des colonies. Les densités ont varié de 60 abeilles pour 100 capitules à environ 40 abeilles à 250 m et un peu plus de 20 abeilles à 530m (figure 5). Chaque cercle de couleur correspond à une parcelle d'étude et une date d'observation.

Nombre d'abeilles domestiques butineuses à nectar(AD_N) par 100 capitules



Distance d'observation par rapport au front des colonies d'abeilles domestiques (m)
 Figure 5 : Gradient des densités d'abeilles domestiques butineuses de nectar sur tournesol en 2015.
 Figure 5: Gradient of density of nectar collecting honey on sunflower in 2015.

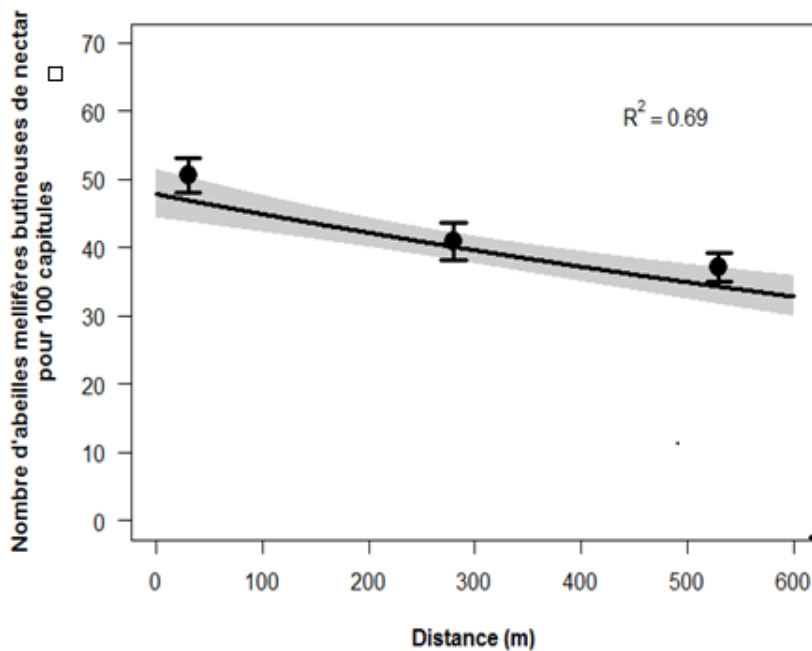


Figure 6 : Gradient d'abeilles domestiques butineuses de nectar en fonction des distances aux colonies dans la parcelle avec le plus de différence en 2016.
 Figure 6 : Gradient of density of nectar honey bees based on the distances to the colonies on the field with the most gradient.

En 2016, le gradient n'a pu être observé que sur 3 des 6 parcelles d'étude. Sur deux des trois parcelles où le gradient n'a pas pu être observé, un rucher a été installé à proximité pendant l'étude. La troisième parcelle n'a pas été récoltée par nos soins et les résultats n'ont donc pas été traités. Sur les 3 parcelles restantes, on constate que le gradient était moins marqué qu'en 2015 (Figure 6). En revanche, on a constaté que même à 530 m des colonies, on a encore observé une activité conséquente des abeilles domestiques, ce qui suggère que la charge de deux colonies par ha était trop élevée pour mesurer un gradient.

L'EFFET SUR LE RENDEMENT DU TOURNESOL

En 2015, l'analyse des rendements a mis en évidence une légère différence significative en pollinisation libre entre 30 et 280 m des colonies (figure 7).

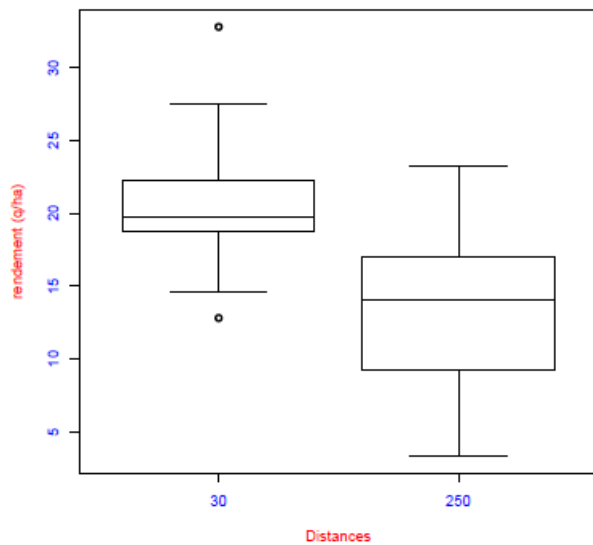


Figure 7 : Box-plot (moyenne, intervalle de confiance et premier et dernier quartile...) des rendements de tournesol à 30 m et 280 m des colonies d'abeilles domestiques en 2015.

Figure 7: Box-plot (mean, confidence interval, first and last quartile) of the sunflower yields at 30 m and 280 m from the colonies of honey bees in 2015.

En 2015, les comparaisons des capitules entre les trois traitements de pollinisation (PL, PS, PT) ont mis en évidence que la pollinisation entomophile était responsable d'un gain de rendement de 30% en quintaux/ha, de 7% d'huile par capitule et de 17% de graines/m² pour la seule variété étudiée (Extrasol). La pollinisation saturante (PS) n'a pas montré de différence par rapport aux capitules en pollinisation libre (PL).

En 2016, sur les trois parcelles pour lesquelles un faible gradient de pollinisateurs avait été détecté, sur une seule parcelle un gain de rendement de 12% a pu être mis en évidence attribuable à l'action des pollinisateurs. Sur les deux autres parcelles, on n'a pas observé de différence significative de rendement pouvant être attribué au gradient d'insectes pollinisateurs.

LA NECTARIFICATION DU TOURNESOL

Certains apiculteurs mettent en cause la nectarification des nouvelles variétés de tournesol, qui serait moins importante que celle des variétés anciennes. En 2015, les études menées n'ont pas permis de juger de l'effet de la variété, car le suivi de la nectarification a été réalisé sur la variété étudiée, constitué uniquement de 'Extrasol'. Il s'est avéré toutefois que, pour cette variété, des écarts de nectarification ont été constatés notamment en fonction de l'état hydrique de la couche de sol entre 30 et 60 cm. En cas de stress hydrique, ou de semelle de labour empêchant la descente du pivot du tournesol dans cet horizon, la nectarification était réduite, voire nulle (Figure 8). Une augmentation de

10 centibars de la tension hydrique s'est traduite par une diminution de 5% de la concentration en sucre. En 2015, les parcelles ont été en stress hydrique pendant une grande partie de la floraison du tournesol. Ces stress hydriques qui sont fréquents sur les parcelles de tournesol non irriguées pourraient expliquer en grande partie les arrêts de miellée que les apiculteurs peuvent constater.

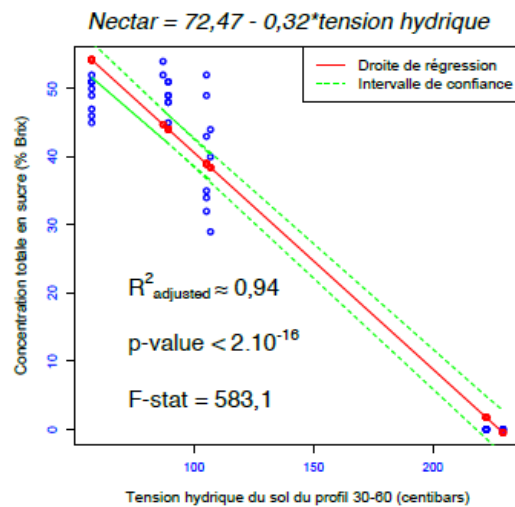


Figure 8 : Corrélation linéaire entre la tension hydrique du sol dans l'horizon 30-60 cm et la concentration en sucre du nectar (points bleus : valeurs mesurées ; points rouges : valeurs du modèle)
 Figure 8 : Linear correlation between the water deficit of the soil at 30-60 cm depth and the sugar concentration of the nectar (blue dots: measured values; red dots: values from the model)

CONCLUSIONS

Ces études conduites depuis 2015 sur tournesol, se poursuivent en 2017. Elles ont permis de tester et compléter la méthode originale de la FAO (Vaissière et al. 2011) pour mesurer les effets des insectes pollinisateurs en conditions pratiques agricoles.

Avec des charges de deux colonies d'abeilles domestiques par hectare, la fréquentation des capitules de tournesol est largement dominée (plus de 85%) par les abeilles domestiques. Nos études ont permis de montrer que la nectarification s'est avéré très dépendante des conditions hydriques pendant la floraison, notamment dans l'horizon 30-60 cm ou de l'accès du pivot des plantes à cet horizon.

Un gain de rendement en fonction de la distance aux colonies d'abeilles domestiques a été observé entre 30 m et 280 m, et un gain de 40% a été mesuré en faveur de la pollinisation entomophile, accompagné d'un gain en huile de 6 points comparé à l'autopollinisation passive et au vent en 2015 sur une variété. Cette étude, poursuivie en 2016, n'a pas confirmé de gain de rendement significatif sur les 6 parcelles d'étude du fait de l'abondance des densités d'abeilles sur l'ensemble des distances et de l'aptitude des variétés à l'auto-fertilité. La poursuite de ces études en 2017 devrait permettre d'affiner ces premières tendances.

REMERCIEMENT

Les auteurs remercient les trois stagiaires : Solenne LEYLAVERGNE (ENSAT), Vincent GUILLEMARD (Université Saclay-Paris Sud), Olivier GEIST (Université de Strasbourg) qui ont assuré une large part des observations et des analyses.

BIBLIOGRAPHIE

Agreste. 2017 (<http://agreste.agriculture.gouv.fr>)

Barbier E, Abid M. (1966) Pollinisation et formation des graines chez le tournesol (*Hélianthus annuus* L.) Al awamia, 21:63-83.

Carvalho LG, Veldtman R, Shenkute AG, Tesfay GB, Pirk CWW, Donaldson JS, Nicolson SW. 2011. Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecology Letters* 14 : :251-259.

Garibaldi L.A., Steffan-Dewenter I., Winfree R., Aizen M.A., Bommarco R., et al.. 2013, Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*. 339: 1608-1611.

GNIS. 2016 fiche filière Semences de tournesol [en ligne ; <http://www.gnis-pedagogie.org>].

Krishna V., Prashanth Y., Yojeeswarudu B., Maurya K. (2014), Pollination efficiency of honeybees in sunflower (*Helianthus annuus* L), *J. Agric. Life Science* 1(2): 92-95 (http://jalsnet.com/journals/Vol_1_No_2_December_2014/12.pdf).

Leonhardt SD, Gallai N, Garibaldi LA, Kuhlmann, Klein A-M. 2013. Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. *Basic Appl. Ecol.* 14: :461-471

Nderitu J, Nyamasyo G, Kasina M, Oronje ML. 2008. Diversity of sunflower pollinators and their effect on seed yield in Makueni District, Eastern Kenya. *Spanish J. Agricul. Res.* 6:271-278.

ONIDOL. 2012 et 2013. Interprofession des oléagineux, Chiffres clé Oléagineux France 2012 – 2013. **lien internet examiné en dernier le ?**

Vaissière B., Freitas, B, Gemmill-Heren, B. 2011. Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use. F.A.O Rome, p. 70 (<http://www.fao.org/3/a-i1929e.pdf>)

Wilcock C., Neiland MRM. 2002. Pollination failure in plants : why it happens and when it matters. *Trends in Plant Science* 7:271-277.