

*Impact de l'abondance et de la diversité des  
pollinisateurs*

LA POLLINISATION  
ENTOMOPHILE DU  
TOURNESOL EN  
PRODUCTION DE  
SEMENCES HYBRIDES

2007/2008

## SOMMAIRE

Introduction	3
<i>II. Enjeux de la pollinisation et problématique</i>	<i>4</i>
<i>II. Protocole</i>	<i>4</i>
<i>1) Sites d'étude</i>	
<i>2) Evaluation de l'environnement, de l'abondance et de la diversité des pollinisateurs</i>	
<i>3) Mesure de l'incidence de la pollinisation par les insectes sur le rendement, la qualité et la valeur économique de la culture</i>	
<i>III. Phase terrain</i>	<i>11</i>
<i>IV. Résultats préliminaires</i>	<i>12</i>
<i>1) Abeilles domestiques</i>	
<i>2) Abeilles sauvages</i>	
<i>Conclusion</i>	<i>17</i>
<i>Annexes</i>	<i>18</i>

Les abeilles domestiques ne semblent pas être les plus efficaces parmi les pollinisateurs travaillant sur les productions de tournesol semence.

Il apparaîtrait que la présence d'abeilles sauvages pourrait améliorer l'efficacité pollinisatrice de ces abeilles domestiques du fait de leur interaction (Greanleaf Al .2006).

Il s'agit rappelons le, d'évaluer l'activité pollinisatrice globale en fonction des populations de pollinisateurs, et leurs influences sur les productions de tournesol hybrides de semences.

Les points étudiés seront les suivants :

- 1- Site d'étude sur un secteur à forte concentration de tournesol semence (la plaine de Sauzet / Drôme).
- 2- Evaluation de la masse florale et de l'abondance et de la diversité des pollinisateurs. Comptages instantanés, capture au filet, capture par piégeage.
- 3- Mesure de l'incidence de la pollinisation par les insectes sur le rendement et la qualité. Nous mesurerons la contribution des différents groupes pollinisateurs, et nous mesurerons également la contribution du vent.
- 4- Détermination des FG et des PMG en fonctions des différents groupes pollinisateurs.

Nous pourrions ainsi quantifier la part respective de la pollinisation entomophile et anémophile sur le rendement et la qualité des semences.

Par ailleurs, nous mesurerons l'effet de l'abondance et de la diversité des insectes pollinisateurs sur ces mêmes rendements et qualité.

Le programme nécessite une implication triennale menée en étroite collaboration avec l'INRA d'avignon et le Dr. Bernard E. Vaissière, Chargé de Recherche au Laboratoire Pollinisation & Ecologie des Abeilles.

## I. Enjeux de la pollinisation et problématique

Les fleurs de tournesol attirent une large gamme d'insectes avec, comme principaux pollinisateurs, les abeilles domestiques et les abeilles sauvages cela a été confirmé par une étude préliminaire réalisée en 2006. Parmi ces pollinisateurs, les abeilles domestiques semblent ne pas être les plus efficaces sur la base de leurs visites individuelles (Kevan 2001), même si elles sont largement utilisées par les producteurs. Concernant les abeilles sauvages, il semble qu'elles soient dans certains cas des pollinisateurs mieux adaptées (Minckley et al. 1994).

Depuis quelques dizaines d'années, on a constaté un déclin des pollinisateurs dans de nombreux pays (Biesmeijer et al. 2006). Dès lors, la diminution du nombre de pollinisateurs pourrait provoquer une rupture d'équilibre dans les interactions plante-pollinisateur (Chopin et al. 2000). Plus particulièrement, cette diminution pourrait engendrer des déficits de pollinisation des cultures à haute valeur ajoutée, comme les semences hybrides.

Ce constat soulève deux questions.

1. Comment s'effectue le transfert du pollen des parents mâles vers les parents femelles ?
2. Quels sont les rôles des différents insectes pollinisateurs ?

Nous avons étudié l'impact de l'abondance et de la diversité des pollinisateurs sur la pollinisation du tournesol en production de semences hybrides. Comme il a été dit précédemment, les principaux pollinisateurs sont les abeilles, aussi bien domestiques que sauvages. L'étude mise en place permettra d'évaluer l'impact global de la faune pollinisatrice sur la production de semence de tournesol en production de semences hybrides, de mesurer l'impact des différents groupes de pollinisateurs et de quantifier les effets éventuels de compétition entre abeilles sauvages et abeilles domestiques sur l'activité pollinisatrice globale.

## II. Protocole

### 1) Sites d'étude

Pour répondre à ces objectifs, deux facteurs ont été utilisés : le facteur « abeille sauvage » pour moduler l'abondance des abeilles sauvages et le facteur « abeille domestique » pour moduler l'abondance des abeilles domestiques. Ces facteurs avaient deux modalités: forte et faible. Le croisement des modalités nous a permis de quantifier l'activité pollinisatrice propre des différentes populations de pollinisateurs ainsi que les interactions possibles entre ces populations.

Le contexte paysager nous a permis de moduler le facteur « abeille sauvage ». En milieu cultivé, l'abondance et la diversité des pollinisateurs sont positivement corrélées avec la proportion de milieu semi-naturel dans l'environnement (Kremen et al. 2002; Kremen et al. 2004 ; Carré et al. 2007 soumis). Ainsi, la moitié des parcelles ont été choisies dans une zone

dominée par un paysage agricole (noté Nat-) et l'autre moitié avec des habitats semi-naturels à proximité (noté Nat+).

Concernant le facteur « abeille domestique », nous avons apporté sur la moitié des parcelles d'étude une charge double en colonies d'abeille domestique/ha par rapport à celles utilisées dans les pratiques de production usuelles (noté Ab+) et aucune colonie sur l'autre moitié (noté Ab-).

Nous avons pris en compte l'effet d'attraction des variétés de tournesol en choisissant 4 variétés cultivées sur une grande échelle dans la région de Sauzet dans la Drôme avec une répétition des modalités pour une des variétés. Ainsi notre dispositif expérimental était composé de 20 parcelles d'étude de tournesol en production de semence hybride.

Ces parcelles étaient conduites de façon similaire au sein des variétés et les lignées parentales étaient identiques dans les 4 modalités. Les parcelles d'étude avec apport d'abeilles domestiques étaient séparées de 3 km au minimum de celles sans apport. Les parcelles d'étude situées près d'une zone de milieu semi-naturel étaient séparées au minimum de 1 km de celles situées en milieu agricole dominant.

## **2) Evaluation de l'environnement, de l'abondance et de la diversité des pollinisateurs**

Pour chaque parcelle d'étude, un site expérimental de 100 m x 40 m a été établi dans une zone de végétation homogène (Fig. 16 p. 7). Ce site expérimental était placé à 10 m par rapport au bord du champ pour éviter les effets de bordure et était disposé du côté de la zone semi-naturelle la plus proche pour tirer parti de l'abondance plus importante des abeilles sauvages à proximité des zones de milieu semi-naturel (Kremen et al. 2002; Kremen et al. 2004 ; Carré 2007 soumis ; résultats préliminaires 2006). C'est au sein de ce site expérimental que nous avons effectué les relevés environnementaux et faunistiques.

Pour chaque parcelle d'étude, nous devons effectuer quatre relevés à des intervalles de 2 à 3 jours pendant la période de floraison en alternant le matin et l'après-midi, c'est-à-dire avant et après 14h00, heure locale (ce qui correspond à 12h00 GMT, heure la plus proche du midi solaire). Le début de la période de floraison de la parcelle a été défini quand 10% des capitules femelles avaient débuté leur floraison. Un capitule femelle a été considéré comme épanoui dès lors que ses stigmates des fleurons les plus externes étaient exposés. Un capitule mâle était considéré comme épanoui dès lors que les anthères des fleurons les plus externes seront déhiscentes. Un capitule a été considéré comme fané dès lors que tous les stigmates des fleurons seront exposés. La fin de la floraison de la parcelle était atteinte quand il ne restait plus que 10% des capitules femelles avec des stigmates non encore exposés.

### *a) Relevés environnementaux*

#### **Environnement climatique**

Un capteur autonome de température et d'humidité relative a été programmé avec un pas de temps 15 min (HOBO Temp/RH) et placé au du site expérimental. On utilisera aussi les données d'une station régionale.

### La masse florale

La masse florale (nombre de fleurons épanouis / unité de surface) a été mesurée pour pouvoir calculer la quantité de ressources disponible pour les pollinisateurs et évaluer le synchronisme des floraisons des lignées mâles et femelles. Pour cela, le nombre de capitules avec des fleurons épanouis a été évalué sur 4 placettes sur tous les rangs à raison de deux plantes pour chaque rang femelle et dix (ou six selon le motif de plantation) pour chaque rang mâle (Fig. 16 p.7). Pour les capitules femelles et pour chaque capitule épanoui, les diamètres externes et internes moyens de la couronne formée par les fleurons avec leurs stigmates exposés ont été mesurés. Pour la lignée mâle, l'effectif de capitules épanouis seulement a été dénombré. Cette mesure sera effectuée le jour des relevés d'abondance et de diversité de pollinisateurs.

Cette donnée permettra de pondérer l'abondance des pollinisateurs en fonction de la ressource disponible. Lors de l'analyse, la comparaison entre les différentes parcelles et les répétitions sera alors possible.

### *b) Relevés faunistiques*

#### Comptages instantanés des insectes pollinisateurs

Dans le site expérimental, 25 capitules épanouis mais non fanés de chaque lignée (mâle et femelle) ont été examinés dans le rang à partir de chacune des 4 placettes d'étude en se dirigeant vers le centre de la parcelle dans deux cas et vers l'extérieur dans les deux autres cas afin de couvrir une grande surface sur chaque site. Un échantillonnage instantané par balayage visuel a été employé, c'est-à-dire que nous avons dénombré les insectes pollinisateurs présents dans 25 capitules au moment exact de l'inspection de ces capitules. Si un insecte arrive juste après l'inspection instantanée d'un capitule, il ne sera pas comptabilisé. Par contre, si un insecte était là quand le capitule a été examiné, il a été comptabilisé même s'il abandonne le capitule pendant l'observation. Le type de pollinisateurs a été caractérisé selon les 4 catégories : abeille domestique, bourdon, et abeille sauvage

#### Captures selon parcours standardisé

Un parcours de 300 m a été mis en place (Fig. 16 p. 7). Sur ce parcours toutes les abeilles et syrphes visitant les capitules sur les plantes mâles et femelles ont été capturés (Fig. 7 et 8). Chaque parcours était divisé en 6 sous-unités avec 5 min de capture pour chacune d'entre-elles (soit 30 min de capture par site d'étude dans chaque parcelle et par jour d'observation et 15 min par lignée).



Figure 7 et 8 : Capture d'insectes pollinisateurs. (Source ANAMSO)

### **Captures par pièges à coupelles colorées**

Deux groupes de trois pièges à coupelles colorées ont été placés dans chaque site d'étude dans chaque parcelle (Fig. 9). Ces coupelles en plastique étaient recouvertes à l'intérieur d'une peinture réfléchissant les UV avec trois couleurs : jaune, blanche et bleue. Chaque groupe était disposé selon un triangle équilatéral et de sorte que les deux coupelles adjacentes dans des planches femelles soient au centre de chaque planche, la troisième coupelle étant au centre de la planche mâle. Pendant les relevés, les pièges étaient mis en place légèrement au-dessus de la hauteur moyenne de la végétation à l'aide de piquets et les coupelles étaient remplies d'eau avec quelques gouttes de détergent. Les pièges étaient exposés pendant 24 heures, ce qui constitue une durée suffisamment courte pour permettre de conserver les insectes intacts dans le liquide des coupelles.



**Figure 9 : Piégeage d'insectes pollinisateurs avec des coupelles colorées.** (Source INRA)

### **3) Mesure de l'incidence de la pollinisation par les insectes sur le rendement, la qualité et la valeur économique de la culture**

Les contributions de la pollinisation libre, du vent et des différents groupes de pollinisateurs étaient déterminées pour chaque site d'étude. Pour cela, quatre placettes distribuées de façon standard étaient établies au sein de chaque site d'étude (Fig. 16 p. 7). Chaque placette s'étendait sur une demi-planche femelle et sur 106 plantes adjacentes sur le rang avec les 6 traitements disposés de façon aléatoire à raison de 2 capitules par traitement.

✓ L'autopollinisation liée à l'instabilité de la stérilité mâle était évaluée à l'aide de sachets en plastique hydrophile Osmolux® (Fig. 10). Ces sachets étaient perméables à l'humidité de l'air, mais sont totalement imperméables au pollen et isolent bien sûr les fleurs des visites d'insectes. Ces capitules servaient aussi de témoins négatifs.



**Figure 10 : Sachet Osmolux® placé sur un capitule de tournesol de lignée femelle. (Source ANAMSO)**

✓ La contribution du vent était mesurée à l'aide de sachets de tulle pour isoler les capitules des visites d'insectes tout en permettant le passage des flux de pollen transportés par le vent (Fig. 11). Ces sachets ont été testés par l'INRA d'Avignon et laissent passer 75% du flux de pollen atmosphérique tout en respectant le spectre taxonomique des grains de pollen en suspension.



**Figure 11 : Tulle placé sur un capitule de tournesol. (Source INRA)**

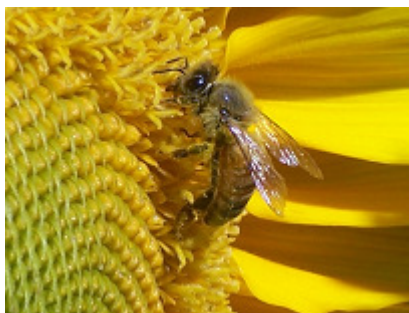
✓ La mesure de la contribution des différents groupes de pollinisateurs était effectuée à l'aide de sachets à mailles de deux tailles différentes qui permettent l'exclusion de différents groupes de pollinisateurs. Une première taille de mailles (petites mailles : 5x5 mm) (Fig. 12) permettra l'exclusion des abeilles dont la taille est supérieure ou égale à celle de l'abeille domestique et une deuxième taille de mailles (grandes mailles : 5x7 mm) (Fig. 13) permettant l'exclusion des abeilles plus grandes que l'abeille domestique. L'intérieur des sachets de chaque taille de mailles était inspectées lors des comptages instantanés. Ce relevé permettra de tester l'efficacité et les biais éventuels engendrés par l'action des mailles.



**Figure 12et 13 : Sachets de mailles de tailles différentes. (Source INRA)**



- ✓ Des capitules en pollinisation libre serviront de témoins (Fig. 14)



**Figure 14 : Capitule en pollinisation libre, ici par une abeille domestique (*Apis mellifera*).** (Source ANAMSO)

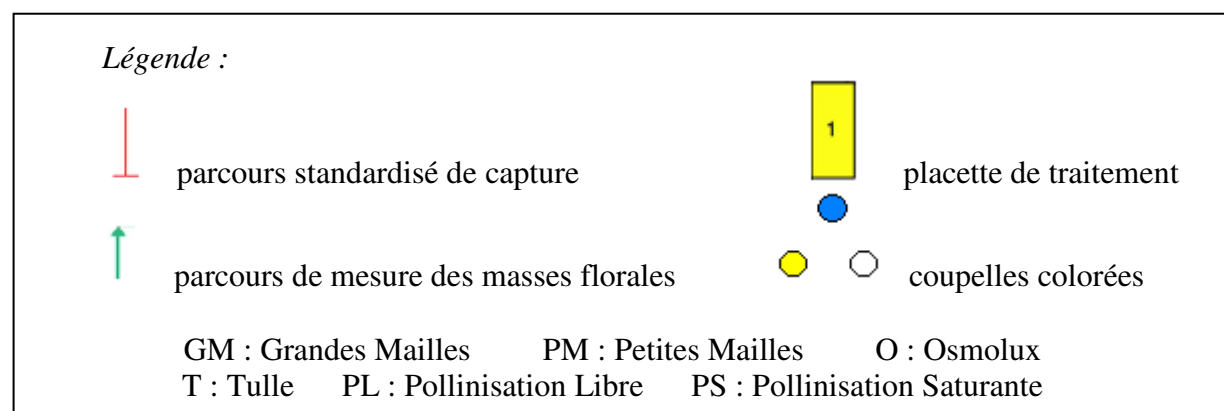
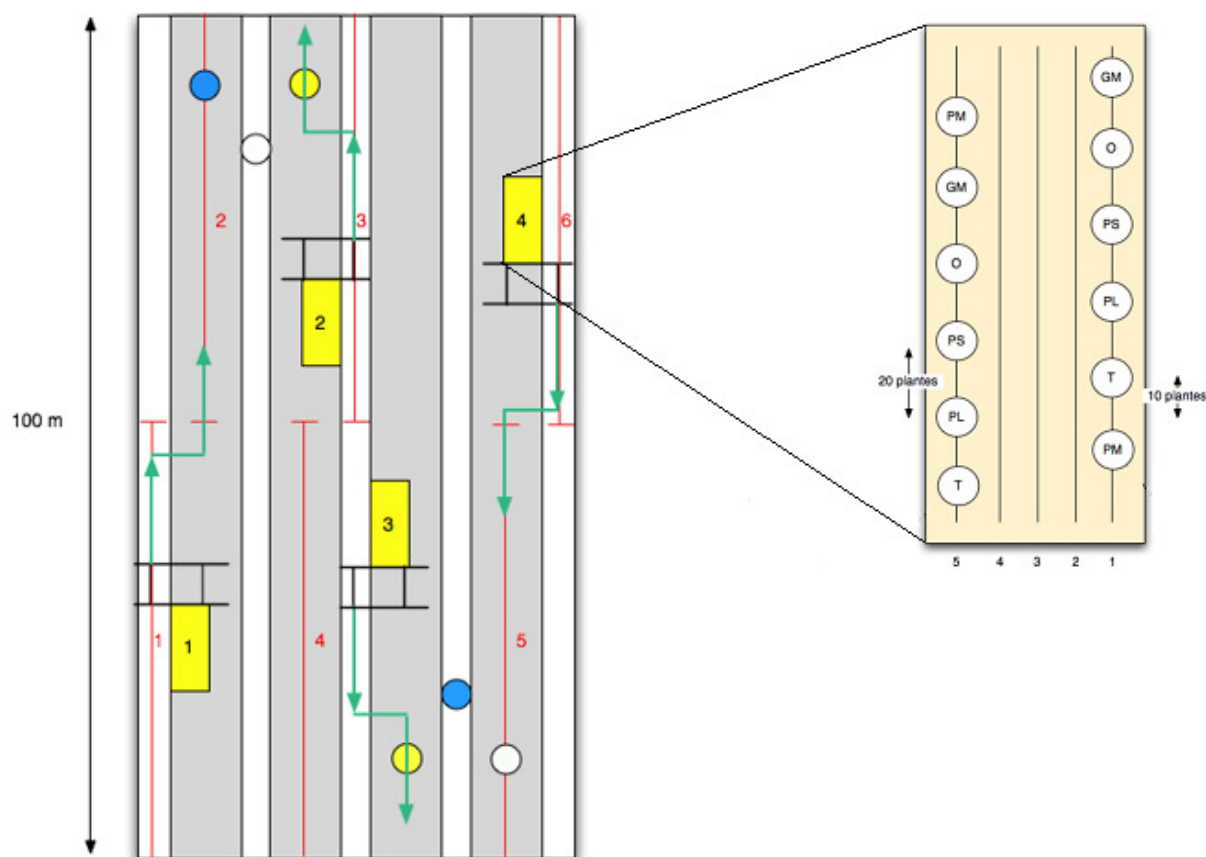
- ✓ Le témoin positif était fourni par des capitules pollinisés manuellement à saturation et laissés par ailleurs en libre accès aux insectes. Pour cela, 3 capitules mâles pour chaque capitule femelle à polliniser seront ensachés sous tulle (Fig. 15) et les pollinisations seront effectuées entre 11h et 20h tous les deux jours.



**Figure 15 : Capitule de lignée mâle sous tulle une journée avant d'être utilisé pour la pollinisation saturante.** (Source ANAMSO)

Tous les capitules ayant reçu l'un des 6 traitements ci-dessus étaient récoltés individuellement à maturité. Les capitules étaient séchés selon les procédés standards employés dans la filière. Les akènes de chaque capitule seront extraits manuellement, et les akènes pleins et vides seront triés par gravimétrie avec une colonne de ventilation. Les akènes de chaque lot seront ensuite pesés et dénombrés. La faculté germinative des akènes pleins de chaque capitule sera mesurée dans un laboratoire agréé selon le protocole de l'ISTA. Ce schéma sera utilisé pour déterminer la production de chaque plante (nombre et masse d'akènes), pour calculer les rendements de chaque traitement et la contribution attribuable à chacun des différents modes de pollinisation.

La valeur économique de la production pour chaque traitement sera calculée sur la base du rendement en unité commerciale, et de la valeur marchande du produit au moment de la récolte (valeur payée aux producteurs).



**Figure 16 : Schéma du dispositif expérimental au sein d'une parcelle et exemple de répartition des traitements dans une placette (en blanc, les rangs mâle et en gris, les rangs femelles).**

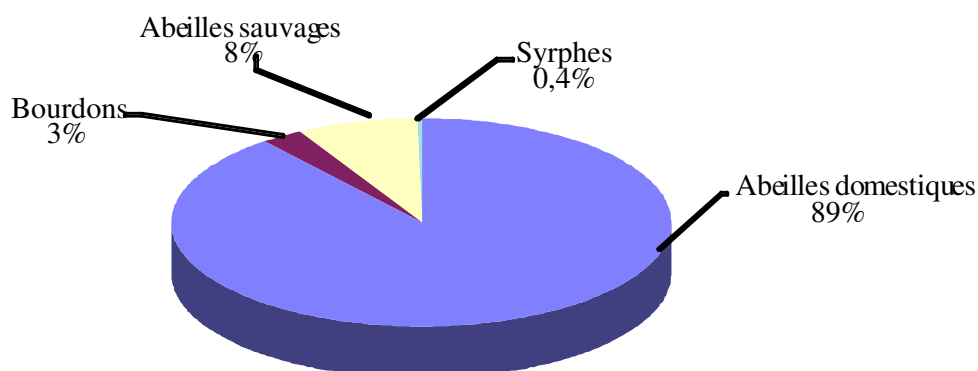
### III. Phase terrain

Pour répondre aux exigences de ce protocole, sa réalisation sur le terrain s'est faite en plusieurs étapes :

1. le repérage des parcelles en fonction du contexte paysager
2. la mise en place du dispositif expérimental
3. l'expérimentation (capture, comptage...)
4. la récolte des capitules traités.

L'expérimentation s'est déroulée sur 25 jours (du 10 juillet au 2 août) sur 19 parcelles. Le retard de floraison d'une variété nous a conduit à abandonner une parcelle et à réaliser un cinquième relevé sur deux parcelles.

Les 78 captures au filet ont permis de collecter environ 6050 abeilles domestiques (*Apis mellifera*), 500 abeilles sauvages (majoritairement du genre *Halictus*), 200 bourdons et 25 syrphes. Finalement, ce sont près de 750 insectes qui ont été capturés et épinglés. L'abeille domestique représente de loin l'insecte le plus rencontré dans les parcelles (Fig. 17).



**Figure 17 : Proportion des différents insectes pollinisateurs capturés au filet sur les capitules sur l'ensemble des sites expérimentaux**

## IV. Résultats préliminaires

### *Captures et comptages instantanés*

Pour l'instant, nous disposons des données fournies par les captures au filet avec une identification jusqu'au genre, les comptages instantanés (densités butineuses) et les mesures de masse florale.

Pour étudier les relations entre les densités de butineuses et l'effectif d'insectes capturés au filet, on a réalisé un test de corrélation sur les rangs de Spearman avec un échantillonnage de Monte Carlo (10000 permutations). On a séparé au préalable les captures effectuées sur les lignées mâles et femelles (Tableau 1).

**Tableau 1 : Résultats des tests de Spearman (captures vs densité)**

Lignées	Type d'abeille	$r_s$	P
Femelles	domestique	0,38	<0,0001****
	sauvage	0,36	0,001***
Mâles	domestique	0,59	<0,0001****
	sauvage	0,62	<0,0001****

Les données obtenues sont très corrélées, c'est-à-dire que plus on a observé d'abeilles lors des comptages instantanés et plus on a capturé d'abeilles. On a échantillonné plus d'abeilles sauvages en moyenne par les captures au filet que par les comptages instantanés, mais ces derniers étaient sans doute plus représentatifs de la réalité car on a essayé d'échantillonner les abeilles sauvages lors des captures.

Les captures nous ont permis de dénombrer beaucoup plus d'insectes (en moyenne par observation : 27 abeilles pour les comptages sur 25 capitules vs. 46 abeilles pour les captures pendant 5 min), et cette différence était encore plus marquée pour les abeilles sauvages (en moyenne par observation; 0,7 abeille sauvage pour les comptages vs. 2,2 abeilles pour les captures).

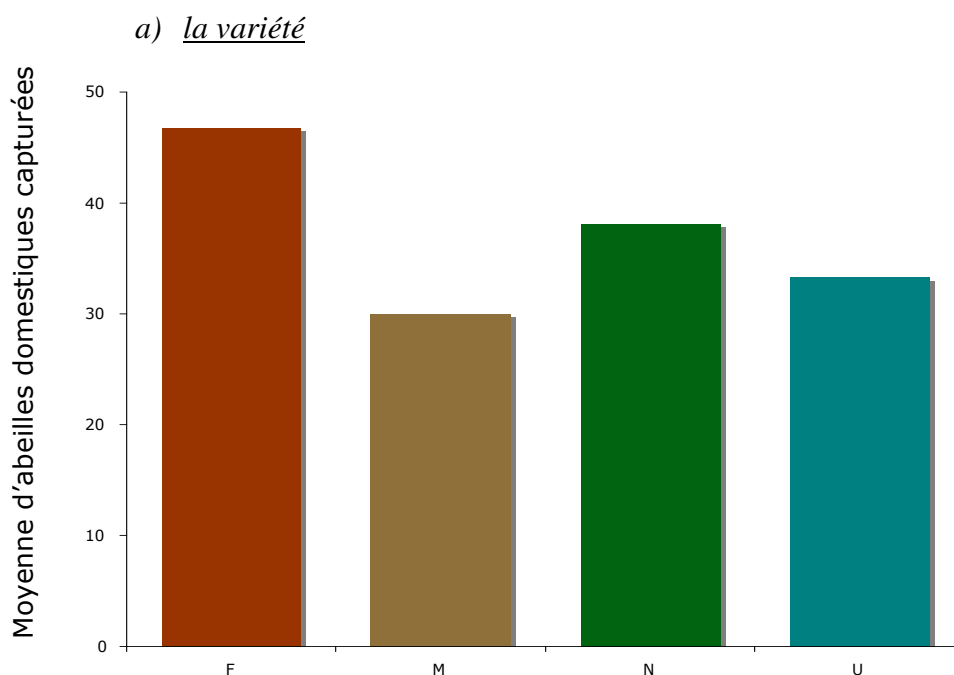
Les densités de butineuses sont plus représentatives de la fréquentation des capitules à l'échelle de la parcelle et sont plus adaptées à être mises en relation avec les rendements. Dans la perspective d'une approche faunistique et au vu du dénombrement d'insectes, nous allons nous baser sur les données de captures pour la suite.

### *Abondance des abeilles domestiques et sauvages*

Nous avons divisé les insectes pollinisateurs en deux groupes : 1) les abeilles domestiques (*Apis mellifera*) et 2) les abeilles sauvages comprenant également les bourdons. Les syrphes représentent une part négligeable des insectes présents et ne seront pas pris en compte dans la suite de ce document.

#### **1) Abeilles domestiques**

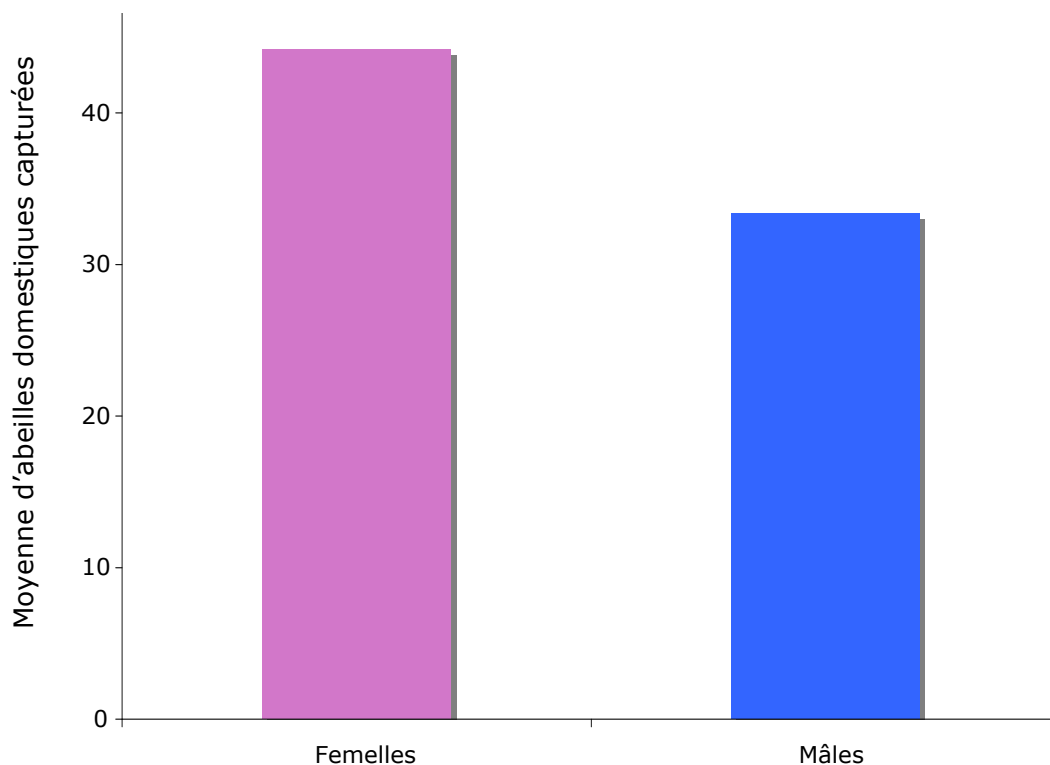
Une ANOVA a été réalisée sur l'abondance des abeilles domestiques avec comme facteurs explicatifs : la variété (4), la période de capture (matin/après-midi), la lignée (mâle/femelle), les traitements (ruches (+/-) & environnement naturel (+/-), le numéro d'observation par parcelle et la masse florale (cf. annexe 4). Le modèle général est significatif ( $P < 0,0001$ , 42 ddl) et le  $R^2$  obtenu est de 0,64 ( $R^2$  ajusté = 0,5). Les facteurs et les interactions suivantes ont un effet significatif sur la moyenne d'abeilles domestiques capturées :



**Figure 18 : Effet de la variété sur l'abondance relative des abeilles domestiques sur les capitules de tournesol en production de semence hybride.**

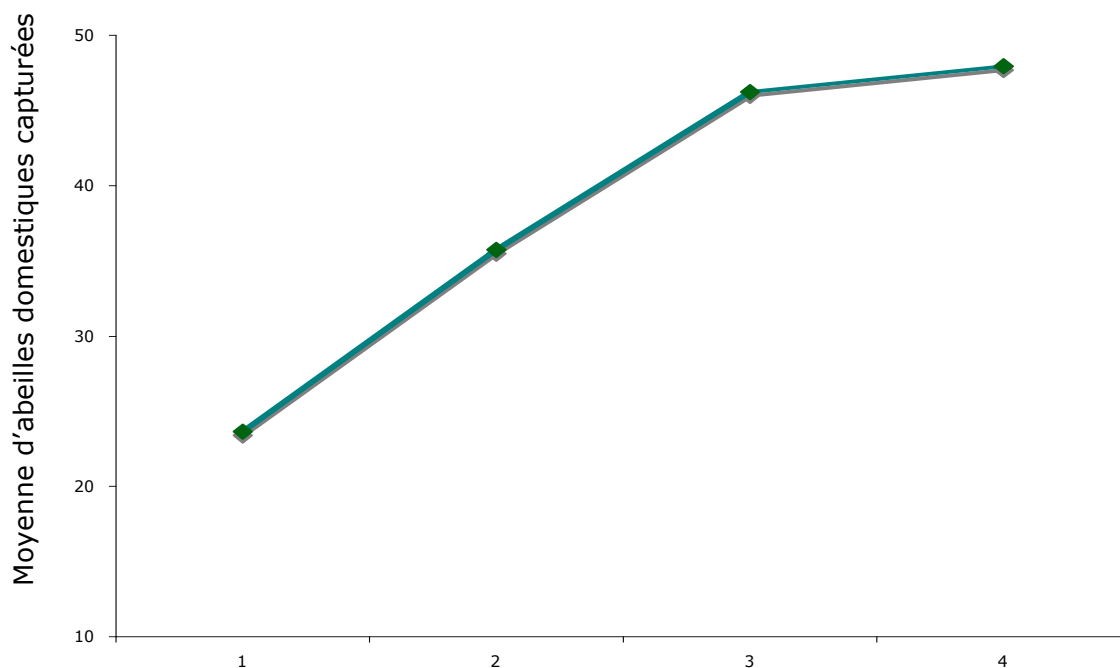
Nous avons capturé plus d'abeilles domestiques sur la variété F (Fig. 18). On peut formuler deux hypothèses : 1) cette variété est significativement plus attractive que les autres dans l'absolu ou 2) cette variété étant la plus tardive, le tournesol constituait alors l'une des seules ressources disponibles pour les abeilles.

Au contraire, on a capturé moins d'abeilles domestiques sur la variété M. Comme pour la variété F, deux hypothèses peuvent être formulées : 1) cette variété est moins attractive ou 2) la variété M étant la plus précoce de l'expérimentation, l'abondance relativement plus faible enregistrée dans ces parcelles peut s'expliquer par la présence d'autres cultures attractives en fleurs comme la lavande.

*b) les lignées*

**Figure 19 : Effet de la lignée sur l'abondance relative des abeilles domestiques sur les capitules de tournesol en production de semence hybride.**

Les abeilles domestiques ont butiné en plus grand nombre sur les lignées femelles (Fig. 19). Cette répartition reste la même quelle que soit la période de la journée et durant toute la période d'observation.

*c) L'ordre des observations (codé comme 1, 2, 3 et 4)*

**Figure 20 : Effet de l'ordre d'observation sur l'abondance relative des abeilles domestiques sur les capitules de tournesol en production de semence hybride.**

L'abondance relative des abeilles domestiques dans les parcelles a augmenté au fur et à mesure que la floraison avançait (Fig. 20). Cette évolution peut avoir plusieurs causes. On peut simplement penser à un effet Allee, c'est-à-dire que plus il y a de ressources, plus il y a d'abeilles. À la fin de la floraison, le tournesol pouvait aussi constituer l'une des seules ressources disponibles pour les abeilles. Cela est particulièrement vraisemblable pour la variété F qui est la plus tardive et qui a débuté sa floraison autour du 20 juillet.

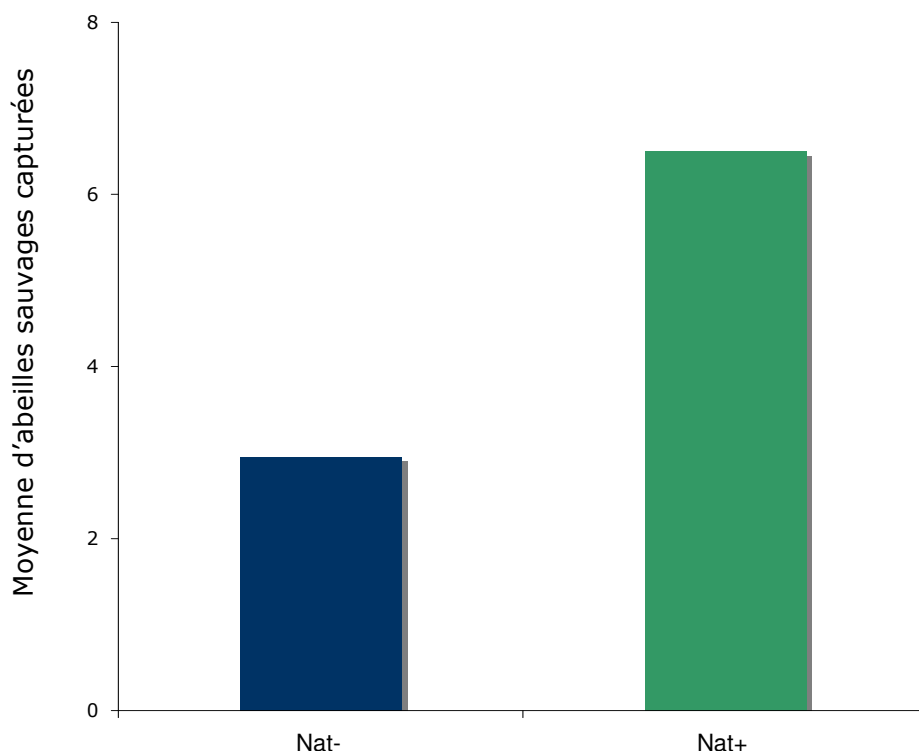
*Remarques :*

Des colonies d'abeilles domestiques étaient présentes sur l'ensemble des parcelles car nous avons capturé des abeilles domestiques à chaque observation. Par contre, on n'a pas observé d'effet significatif de l'apport de colonies à proximité des parcelles avec ce traitement sur l'abondance des abeilles domestiques. Cela peut-être lié à la conduite de la colonie (qu'il reste à étudier) ou à la date d'apport des colonies. En effet pour des raisons logistiques, toutes les colonies ont été apportées la même semaine alors que plusieurs variétés n'étaient pas encore au début de la floraison.

## **2) Abeilles sauvages**

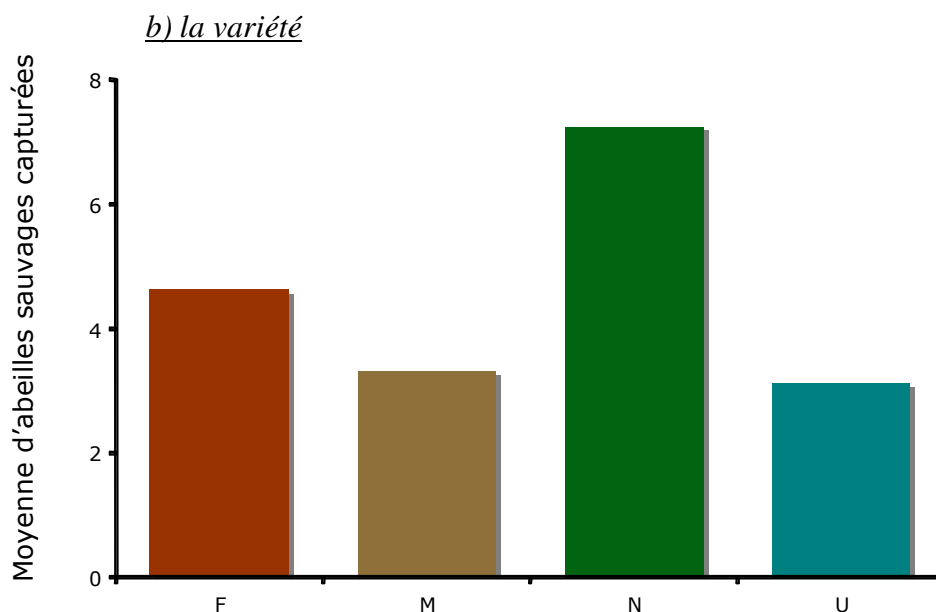
Une analyse identique a été réalisée sur l'abondance des abeilles sauvages. Le modèle général est significatif ( $P < 0,0001$  ; 42 ddl) et  $R^2 = 0,42$ . Les facteurs et les interactions suivantes ont eu un effet significatif sur la moyenne d'abeilles sauvages capturées :

*a) L'environnement de milieu semi-naturel de la parcelle*



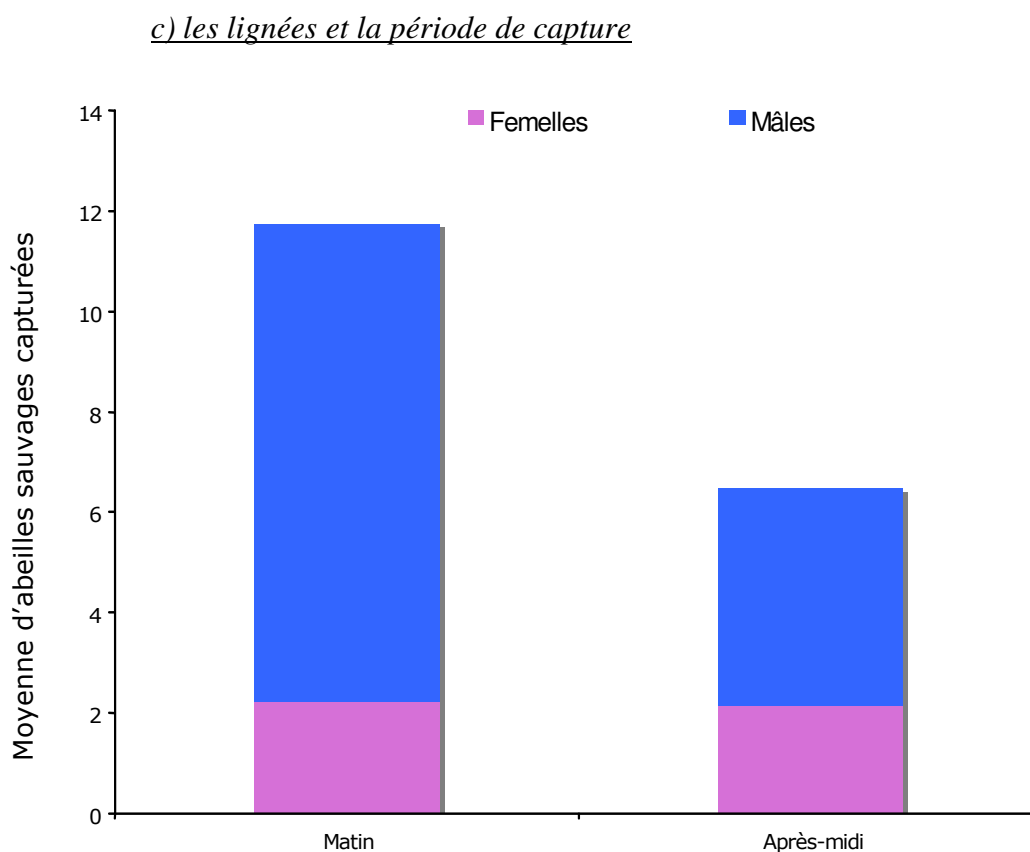
**Figure 21 : Effet de l'importance de l'environnement de milieu semi-naturel sur l'abondance relative des abeilles sauvages sur les capitules de tournesol en production de semence hybride.**

Les parcelles situées à proximité de milieux semi-naturels (forêt, jachère fixe) ont bénéficié d'une abondance accrue d'abeilles sauvages (Fig. 21). Le choix des parcelles s'est donc avéré judicieux.



**Figure 22 : Effet de la variété sur l'abondance relative des abeilles sauvages sur les capitules de tournesol en production de semence hybride.**

Les captures d'abeilles sauvages ont été très importantes dans toutes les parcelles de la variété N (Fig. 22). L'îlot d'isolement concernant cette variété est très riche en milieu naturel et il a été difficile d'avoir un éloignement important de ce milieu pour les deux parcelles de modalité Nat-.



**Figure 723 : Effet de la lignée et de la période de capture sur l'abondance relative des abeilles sauvages sur les capitules de tournesol en production de semence hybride.**

Les abeilles sauvages butinent préférentiellement sur les lignées mâles et le matin (Fig. 23). On retrouve en moyenne le même nombre d'abeilles sauvages sur les lignées femelles quelle que soit la période de la journée. La différence d'abondance entre le matin et l'après midi s'explique par une diminution de la fréquentation des lignées mâles. La diminution de la quantité de pollen disponible peut en être la cause.

*Remarques :*

Contrairement aux abeilles domestiques, on n'a pas observé d'effet de l'ordre d'observation sur l'abondance relative des abeilles sauvages qui peut donc être considérée comme constante au cours de la floraison.

## **Conclusion**

Le comportement des abeilles domestiques et des abeilles sauvages dans la culture de tournesol en production de semences hybrides est très différent. Les abeilles domestiques semblent plus dépendantes de la ressource en nectar car on les retrouve plus sur les lignées femelles et leur abondance augmente avec la floraison. Au contraire, les abeilles sauvages semblent plus dépendantes de la ressource en pollen. On les retrouve principalement le matin et sur les lignées mâles. La proximité de milieux semi-naturels a eu une forte influence sur leur abondance des abeilles sauvages dans la parcelle. Il sera donc intéressant de mesurer l'impact de ces comportements sur le rendement et la qualité des semences.



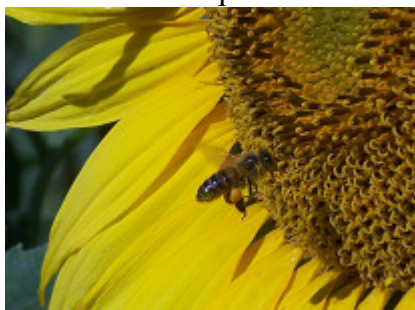
# **ANNEXES**

## ANNEXE 1

### Exemples de différents insectes pollinisateurs du tournesol

Ces insectes sont présentés selon les différents groupes utilisés lors de l'expérimentation.

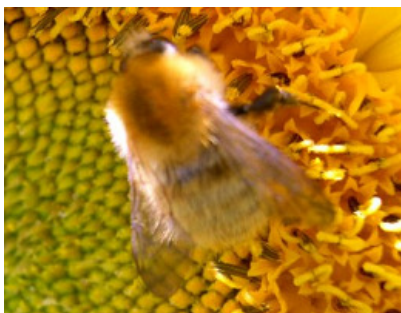
- ✓ Abeilles domestiques :



- ✓ Abeilles sauvages :



- ✓ Bourdons :



- ✓ Syrphes :



(Source ANAMSO et INRA)

## ANNEXE 2

### Données expérimentales obtenues

**Tableau 2 : Sommes des captures des différents types d'abeilles en fonction de la variété**

Variété	Abeilles domestiques	Abeilles sauvages
F	2805	278
M	961	106
N	1219	232
U	1066	100

**Tableau 3 : Sommes des captures des différents types d'abeilles en fonction de la lignée**

Lignées	Abeilles domestiques	Abeilles sauvages
Femelles	3449	171
Mâles	2602	545

**Tableau 4: Sommes des captures des différents types d'abeilles en fonction de la période**

Période	Abeilles domestiques	Abeilles sauvages
Matin	2959	470
Après-midi	3092	246

**Tableau 5: Sommes des captures des différents types d'abeilles en fonction du numéro d'observation**

N° d'observation	Abeilles domestiques	Abeilles sauvages
1	898	149
2	1358	156
3	1756	242
4	1822	156

**Tableau 6: Sommes des captures des différents types d'abeilles en fonction du traitement Nat**

Nat	Abeilles domestiques	Abeilles sauvages
+	2637	248
-	3414	468

## ANNEXE 3

### Résultats de l'ANOVA réalisée pour les abeilles domestiques

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrées	Erreur des carrés	F	Pr > F
Modèle	42	43882,401	1044,819	4,639	< 0,0001
Erreur	109	24549,467	225,224		
Total corrigé	151	68431,868			

Calculé contre le modèle  $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Analyse Type I Sum of Squares :

Source	DDL	Somme des carrées	Erreur des carrés	F	Pr > F
Masse florale*variété	3	3741,676	1247,225	5,538	0,001
Numéro observation*Période	1	2161,466	2161,466	9,597	0,002
Masse florale*Lignées	1	1112,847	1112,847	4,941	0,028
Numéro observation*variété	3	2067,448	689,149	3,060	0,031
Numéro observation*Masse florale	1	1036,169	1036,169	4,601	0,034
Lignées*Ruches	1	724,149	724,149	3,215	0,076
variété*Lignées	3	1575,857	525,286	2,332	0,078
Numéro observation*Lignées	1	584,011	584,011	2,593	0,110
Période*Ruches	1	489,268	489,268	2,172	0,143
Lignées*Nat	1	447,071	447,071	1,985	0,162
Période*Nat	1	410,049	410,049	1,821	0,180
variété*Ruches	3	1113,617	371,206	1,648	0,183
variété*Nat	3	1094,701	364,900	1,620	0,189
Ruches	1	262,829	262,829	1,167	0,282
Numéro observation*Ruches	1	257,396	257,396	1,143	0,287
Masse florale*Nat	1	246,112	246,112	1,093	0,298
Numéro observation*Nat	1	216,553	216,553	0,961	0,329
variété*Période	3	781,840	260,613	1,157	0,330
Nat	1	165,441	165,441	0,735	0,393
Ruches*Nat	1	54,525	54,525	0,242	0,624
Masse florale	1	52,174	52,174	0,232	0,631
Masse florale*Ruches	1	45,066	45,066	0,200	0,656
Période*Lignées	1	29,445	29,445	0,131	0,718
Période	1	1,359	1,359	0,006	0,938
Masse florale*Période	1	0,132	0,132	0,001	0,981
Numéro observation	1	13222,237	13222,237	58,707	< 0,0001
variété	3	6463,546	2154,515	9,566	< 0,0001
Lignées	1	5525,414	5525,414	24,533	< 0,0001

Sont surlignée en vert les facteurs et interactions qui ont un effet significatif sur la moyenne d'abeilles domestiques capturées.

## ANNEXE 4

### Résultats de l'ANOVA réalisée pour les abeilles sauvages

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Erreur des car	F	Pr > F
Modèle	42	3636,368	86,580	3,573	< 0,0001
Erreur	109	2641,257	24,232		
Total corrigé	151	6277,625			

Calculé contre le modèle  $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Analyse Type I Sum of Squares :

Source	DDL	Somme des carrés	Erreur des car	F	Pr > F
Période	1	335,285	335,285	13,837	0,000
Ruches*Nat	1	331,774	331,774	13,692	0,000
variété	3	396,406	132,135	5,453	0,002
Période*Lignées	1	142,363	142,363	5,875	0,017
Masse florale*Période	1	137,184	137,184	5,661	0,019
Lignées*Nat	1	134,579	134,579	5,554	0,020
Masse florale*Lignées	1	132,675	132,675	5,475	0,021
variété*Ruches	3	170,937	56,979	2,351	0,076
variété*Période	3	146,332	48,777	2,013	0,116
Masse florale*variété	3	123,718	41,239	1,702	0,171
Ruches	1	28,998	28,998	1,197	0,276
Masse florale	1	26,922	26,922	1,111	0,294
Numéro observation*Ruches	1	16,385	16,385	0,676	0,413
Numéro observation	1	15,064	15,064	0,622	0,432
Numéro observation*Nat	1	14,088	14,088	0,581	0,447
variété*Lignées	3	60,833	20,278	0,837	0,477
Masse florale*Nat	1	11,560	11,560	0,477	0,491
Période*Nat	1	10,596	10,596	0,437	0,510
Numéro observation*Masse fl	1	10,017	10,017	0,413	0,522
Période*Ruches	1	7,511	7,511	0,310	0,579
Lignées*Ruches	1	4,272	4,272	0,176	0,675
Masse florale*Ruches	1	2,629	2,629	0,108	0,743
Numéro observation*variété	3	16,964	5,655	0,233	0,873
variété*Nat	3	13,799	4,600	0,190	0,903
Numéro observation*Lignées	1	0,316	0,316	0,013	0,909
Numéro observation*Période	1	0,055	0,055	0,002	0,962
Lignées	1	858,768	858,768	35,440	< 0,0001
Nat	1	486,338	486,338	20,070	< 0,0001

Sont surlignée en vert les facteurs et interactions qui ont un effet significatif sur la moyenne d'abeilles sauvages capturées.