



HAL
open science

Identification de mesures de compensation pour améliorer la protection des pollinisateurs face aux épandages de produits phytosanitaires pendant la floraison des cultures

Yves Le Conte, Fabrice Allier, Vincent Béguier, Nicolas Cerrutti, Bruno Chauvel, Axel Decourtye, Frank Duroueix, Philippe Gallois, Stéphane Jézéquel, Bertrand Schatz, et al.

► To cite this version:

Yves Le Conte, Fabrice Allier, Vincent Béguier, Nicolas Cerrutti, Bruno Chauvel, et al.. Identification de mesures de compensation pour améliorer la protection des pollinisateurs face aux épandages de produits phytosanitaires pendant la floraison des cultures. [0] INRAE. 2022, pp.36. hal-03719258

HAL Id: hal-03719258

<https://hal.inrae.fr/hal-03719258>

Submitted on 11 Jul 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

➤ Identification de mesures de compensation pour améliorer la protection des pollinisateurs face aux épandages de produits phytosanitaires pendant la floraison des cultures

Yves Le Conte, Fabrice Allier, Vincent Béguier, Nicolas Cerrutti, Bruno Chauvel, Axel Decourtye, Frank Duroueix, Philippe Gallois, Stéphane Jezequel, Bertrand Schatz, Christian Huyghe

Janvier 2022

Ce travail d'expertise a été réalisé à la demande des Ministres en charge de l'Agriculture et la Transition Écologique et Solidaire.

Rapport de la saisine sur l'identification de mesures de compensation visant à améliorer la protection des pollinisateurs face aux épandages de produits phytosanitaires pendant la floraison des cultures

1- Introduction et interprétation de la saisine

La saisine vise à identifier des mesures de compensation écologique pour améliorer la protection et la conservation des insectes pollinisateurs en atténuant l'impact des épandages de produits phytosanitaires (herbicides et fongicides) pendant la floraison des cultures. L'application sur une culture attractive en floraison ou sur une zone de butinage d'un produit autorisé est réalisée dans les 2 heures qui précèdent le coucher du soleil et dans les 3 heures qui suivent le coucher du soleil. Elle reste sous réserve que ces molécules aient préalablement reçu une mention dérogatoire abeille relative à l'arrêté du 28/11/2003, en vue de limiter les périodes de restriction d'épandage pendant la floraison des cultures et hors présence d'abeilles. Cette période d'épandage peut être adaptée ou supprimée, notamment en vue de permettre des traitements le matin, sous réserve de la mise en place de mesures apportant des garanties équivalentes en matière d'exposition des abeilles et autres pollinisateurs. Ces mesures et les modalités de traitement associées qu'elles permettent seront définies après avis de l'Anses.

Pour répondre à ces questions, un groupe d'experts a été constitué en prenant en compte les différents métiers et disciplines concernés dans la saisine : agronomie, cultures traitées, cultures et couverts mellifères, connaissance des abeilles domestiques et des pollinisateurs sauvages. Le groupe comprend les experts suivants : Fabrice Allier, Vincent Béguier, Nicolas Cerrutti, Bruno Chauvel, Axel Decourtye, Frank Duroueix, Philippe Gallois, Nathalie Harzic, Christian Huyghe, Stéphane Jezequel, Yves Le Conte, Bertrand Schatz. Des personnes, expertes d'autres filières, ont été invitées, mais n'ont pas pu répondre à cette invitation.

Contours et interprétation de la saisine :

Rappel de la saisine

Le ministère de la Transition écologique et le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation se sont engagés à mettre en place un plan national de protection des pollinisateurs d'ici la fin de l'année 2021. Il visera notamment à renforcer la nécessaire protection des pollinisateurs pendant les périodes de floraison, une période de quelques semaines par an, particulièrement propice au butinage. Pour cela, l'interdiction d'utilisation des insecticides et acaricides durant la floraison pourrait être étendue aux herbicides et aux fongicides sur la base de l'avis de l'ANSES du 23 novembre 2018.

Cette évolution réglementaire devra prendre en considération les situations au cours desquelles un traitement peut s'avérer nécessaire. Pour ces situations, il sera nécessaire de déterminer les produits phytosanitaires ne présentant pas de risques inacceptables pour les abeilles domestiques et sauvages en période de floraison (bénéficiant de la dérogation « floraison », plus communément appelée mention abeille) et leurs conditions d'utilisation.

Dans ce contexte, le ministère de la Transition écologique et le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation souhaitent explorer les mesures de compensation qui permettraient d'alléger les conditions d'utilisation des produits phytosanitaires bénéficiant de la dérogation « floraison » en période de floraison.

En particulier, il apparaît qu'un des principaux critères influant sur la santé des insectes pollinisateurs, aussi bien domestiques que sauvages, soit la disponibilité en quantité et qualité suffisante des aliments riches en acides aminés. Ainsi, il est demandé d'étudier l'efficacité de mesures consistant à réserver une partie de la surface agricole utile pour installer des couverts végétaux dans le but d'assurer un bol de nourriture minimal pour ces insectes pollinisateurs :

- Quelle surface minimale et quelles dispositions temporelles et spatiales de ces couverts mellifères permettraient d'alléger les conditions d'utilisation des produits phytosanitaires bénéficiant de la dérogation « floraison » en période de floraison ?
- Quels couverts mellifères ou mélanges favorisant les plantes messicoles seraient favorables aux abeilles domestiques et aux pollinisateurs sauvages. Il s'agit dès lors que leur production soit non dépendante de traitements phytopharmaceutiques, permette de garantir une floraison simultanée avec la floraison des cultures productives traitées, une attractivité significative et une production de pollen et de nectar satisfaisante au regard des besoins des populations d'abeilles domestiques et de pollinisateurs sauvages ?

Pour éclairer ces questions, il est demandé un rapport s'appuyant sur l'ensemble des données scientifiques et techniques disponibles et sur les initiatives de terrain connues afin d'évaluer l'hypothèse selon laquelle les pollinisateurs ont un comportement opportuniste vis-à-vis des plantes attractives et d'objectiver les bénéfices de la plantation de cultures mellifères pour les pollinisateurs pour chaque filière.

Interprétation et démarche

La saisine s'inscrit dans le cadre de l'application d'herbicides et de fongicides sur des cultures au moment de leur floraison, les fongicides étant les plus concernés par l'objet de la saisine. L'application d'herbicides sur des plantes en fleurs pendant la période d'interculture, dans les espaces inter-rangs de cultures pérennes (vignobles, vergers...) ainsi que des plantes à fleurs a été analysée. Pour l'essentiel, ces situations n'entrent pas dans le cadre de la saisine (en particulier, la vigne n'est pas dans le contour de la saisine). Les espèces adventices des céréales, les haies, ainsi que la problématique des résidus de traitements, ne sont pas dans le champ de la saisine mais ont été évoqués dans la démarche. Seules les applications d'herbicides dans l'inter-rangs de vergers pourraient être considérées, mais elles sont peu fréquentes. Les substances actives herbicides concernées sont essentiellement des molécules appliquées en post levées avec pénétration foliaire. Ce sont des molécules à large spectre appartenant à différentes modes d'action.

L'approche retenue pour traiter cette saisine a été d'imaginer des surfaces de compensation, ressources alternatives capables d'attirer les pollinisateurs en dehors de la parcelle agricole sur laquelle un herbicide ou un fongicide est utilisé durant la période de floraison, en s'appuyant sur la littérature relative au comportement des abeilles et pollinisateurs sauvages.

Il s'agit donc de proposer des cultures, des couverts mellifères*, nectarifères et/ou pollinifères*, et des linéaires boisés attractifs qui puissent détourner ponctuellement les abeilles domestiques et les

pollinisateurs sauvages de la culture traitée en fleurs ; l'agriculteur pourrait alors bénéficier d'un horaire de traitement plus étendu en étant autorisé à déroger aux horaires d'exclusion.

Cette approche conduit dès lors à devoir définir :

- i) ce qui détermine qu'une surface est capable de détourner les abeilles et pollinisateurs d'une culture agricole, ceci reposant sur une connaissance de la biologie des insectes concernés et sur celle du niveau d'attractivité de cultures de compensation non traitées proposées,
- ii) la façon de caractériser les espèces végétales au regard de ces déterminants, ceci permettant de pouvoir les classer en fonction de leur attractivité,
- iii) les rapports de surface entre les cultures traitées en floraison et celles non traitées que l'on qualifiera de surfaces de compensation, et
- iv) le niveau d'organisation technico-économique (parcelle, système de culture, exploitation, GIEE ...) où ces rapports de surface seront appliqués.

Ces différents points vont constituer la base de notre expertise et définir la structure du rapport d'expertise.

Nous avons considéré les abeilles domestiques, les abeilles sauvages (il en existe environ 1000 espèces en France) et les autres insectes pollinisateurs (papillons, syrphes et autres insectes pollinisateurs dont d'autres diptères et coléoptères). Ces insectes ont une stratégie de butinage différente selon leur socialité. Les abeilles domestiques, *Apis mellifera*, sont dites eusociales. Une de leurs particularités est la division des tâches parmi les individus de la colonie, et en particulier des tâches d'intérieur et d'extérieur (butinage). Les ouvrières peuvent butiner dans un rayon de plusieurs kilomètres (3 km est souvent considéré comme un rayon englobant la plupart des butinages), mais il dépend des ressources disponibles (Visscher et Seeley, 1982 ; Esch et Burns, 1996 ; Steffan-Dewenter et Kuhn, 2003). Les butineuses ont la capacité de renseigner leurs congénères sur l'importance, la distance et l'intérêt d'un butin en réalisant la danse en huit décodée par Karl von Frish dont les travaux sur ce thème lui ont valu le prix Nobel en 1973. Les butineuses peuvent moduler le recrutement des congénères en fonction de la profitabilité de la ressource (Seeley et al, 1991). De plus, les performances du butinage de pollen dépendent de l'expérience individuelle des butineuses (Klein et al, 2019) et de leurs capacités cognitives et de mémorisation à intégrer des informations relatives à la navigation et du retour à la ruche des butineuses (Menzel et al, 2005, 2011). La race d'abeilles domestiques n'influe qu'à la marge sur leur activité de butinage (variation sur le rythme et l'intensité de butinage). Ces mécanismes complexes aboutissent à l'optimisation de la récolte par les butineuses des ressources de l'environnement vis-à-vis des besoins de la colonie.

De leur côté, les autres espèces d'abeilles (abeilles sauvages) n'ont pas un rayon d'action aussi important et beaucoup d'entre elles ne butinent qu'à quelques centaines de mètres de leur nid. Grossièrement, la distance de vol d'une espèce dépend de sa taille mais aussi de sa spécialisation alimentaire ; cette distance varie ainsi de 150 m pour des petites abeilles spécialisées à 1 à 2 kms pour les plus grosses et généralistes (comme le bourdon terrestre) (Zurbuchen et al., 2010). Chez les abeilles solitaires, la femelle construit le nid et alimente les alvéoles avec du pollen pour assurer le développement d'un ou de quelques futurs immatures. Le nid est alors directement dépendant d'une seule abeille, la femelle fondatrice ; si elle meurt, le nid disparaît également. Ce n'est pas le cas pour les abeilles domestiques ou les espèces qui vivent en colonies (bourdons et quelques autres espèces dont les *Lasioglossum*) ; si les butineuses meurent d'un stress environnemental, les ouvrières nourrices

peuvent, dans certaines conditions, servir de tampon pour remplacer les pertes et assurer le développement du nid et le butinage. Si une telle situation entraîne souvent un bouleversement de la dynamique de développement des colonies (avec une réduction des rendements chez les colonies d'abeilles domestiques élevées par les apiculteurs), la survie de la colonie n'est donc pas forcément immédiatement engagée. Les insectes non-sociaux (ils sont majoritaires parmi les abeilles sauvages et systématiques chez les autres pollinisateurs) sont donc beaucoup plus fragiles vis à vis des pesticides que les abeilles sociales ; la recolonisation d'un milieu impacté ne se faisant que par recolonisation de proximité. D'autres insectes comme les papillons ou les syrphes ne construisent pas de nid et ont un comportement de butinage plus erratique. La plupart des insectes pollinisateurs ont un comportement opportuniste vis-à-vis des plantes attractives cultivées, qui représentent une source temporaire de nectar et de pollen. La régression de la culture des légumineuses à graines et surtout fourragères contribue en cela à la réduction globale des ressources florales. Pourtant, ces légumineuses cultivées et surtout celles à floraison estivale (sainfoin, trèfles, luzerne, etc.) ainsi que d'autres espèces, comme la phacélie à feuilles de tanaïsie (*Phacelia tanacetifolia*), contribuent fortement à l'alimentation en nectar de plusieurs espèces de bourdons (comme *Bombus ruderatus*, groupes *B. lapidarius* et *B. pratorum*, etc..) et d'autres abeilles sauvages à activité estivale. En outre, la longueur et la forme des pièces buccales peuvent favoriser le butinage de certaines espèces végétales dont les fleurs possèdent des corolles profondes où le nectar est difficilement accessible. Ainsi les papillons peuvent avoir accès plus facilement au nectar de ce type de fleurs grâce à leur trompe extensible.

Une liste non exhaustive des cultures traitées concernées par les traitements fongicides et herbicides et une liste non exhaustive de cultures et espèces pouvant servir de couverts de compensation ont été établies. Pour qu'un insecte pollinisateur soit détourné des cultures traitées, il faut l'attirer ailleurs, c'est-à-dire sur des surfaces qui puissent présenter une floribondité et produire du nectar et du pollen en quantité suffisante. Il faut que les surfaces de compensation mises en œuvre présentent pour celui-ci un intérêt supérieur, en raison d'une quantité/qualité de pollen et/ou nectar produite supérieure. La quantité de ressources produite par unité de surface dépend de la floribondité de l'espèce.

La notion de floribondité a été introduite ; c'est le nombre de fleurs produites par l'espèce végétale et disponibles à un moment donné par unité de surface. L'utilisation de couverts végétaux, qu'il s'agisse de cultures de rente ou de plantes de services, produisant beaucoup de fleurs attractives, peut servir de culture attractive de compensation de la culture traitée. Pour que la compensation soit efficace, il faut que la culture compensatoire soit plus attractive en valeur absolue que la culture traitée. Le cas contraire aboutirait à l'exposition d'une partie des pollinisateurs, ce qui n'est pas recevable. Cependant, en dépit de ces précautions, la fréquentation de la culture traitée alors même qu'une culture de compensation a été mise en place à proximité immédiate ne peut être totalement exclue. Donc, ces précautions nous semblent permettre de minimiser la présence des pollinisateurs lors du traitement, en considérant que l'objectif de garantir l'absence totale d'insectes pollinisateurs sur la parcelle traitée en fleur semble peu atteignable.

Même si une culture traitée peut être intéressante en termes de nutrition pour les insectes pollinisateurs, en particulier pendant les périodes de disette (Requier et al., 2015 ; 2017), le fait même qu'elle soit traitée comporte un risque d'exposition pour les pollinisateurs. C'est donc en termes d'attraction vers une culture plus attractive au moment de la floraison qu'il faut raisonner. Il s'agit alors de déterminer quelles cultures utiliser, en fonction de leur attractivité et de leur période et durée de floraison. La définition d'une surface minimale de couverts attractifs à mettre en place pour attirer les pollinisateurs est également nécessaire. Pour cela, la définition et le calcul d'un indice d'attraction intégrant l'intérêt d'une espèce pour son nectar et son pollen, et sa floribondité sont proposés.

La synchronie de floraison est un élément majeur à prendre en compte, tant entre plantes cultivées traitées et plantes de compensation, qu'entre plantes cultivées traitées dont certaines ont une période de floraison assez étendue, avec parfois une variabilité selon le cultivar.

La question des couverts complexes associant plusieurs espèces végétales ayant des caractéristiques différentes vis-à-vis des insectes pollinisateurs a été abordée pour définir une règle de combinaison. Les Surfaces d'Intérêt Ecologique (SIE) regroupent une grande diversité de structures qu'il convient de prendre en compte. Les règles pour leur prise en compte dans ce dispositif ont été définies, tout comme l'équilibre entre surface de compensation et surface de production.

Dans une perspective d'application éventuelle de dérogation et donc de contrôle, l'échelle de mise en œuvre a été discutée. Cette échelle spatiale pourrait être envisagée depuis le système de culture (Sebillotte, 1990), l'exploitation, le groupe d'exploitations, ou le territoire agricole.

L'ensemble de ces propositions a été testé et validé à travers une étude de cas, permettant d'élaborer des recommandations de mise en œuvre.

2. Comportement de butinage, nutrition, et santé des abeilles domestiques et des autres abeilles sauvages

Le maintien en bonne santé des insectes pollinisateurs dans les agrosystèmes passe nécessairement par un accès à une ressource nectarifère et pollinifère abondante, diverse et de bonne qualité. Pour la première caractéristique, les abeilles et pollinisateurs visitent un large cortège d'espèces végétales fleuries de février à octobre selon une répartition spatiale qui touche tous les compartiments du territoire : parcelles cultivées, bords de parcelles intérieurs et extérieurs, espaces interstitiels entre les entités du paysage et plus globalement toutes les infrastructures agroécologiques présentes (haies, lisières de forêts, clairières, sous-bois, talus, bords de chemins, tourbières ...etc.), dès lors que des fleurs sont présentes (Di Pasquale et al., 2018 ; Rollin, 2015 ; Rhoné et Odoux, 2015).

Concernant la qualité de la ressource, relative au niveau de la contamination des matrices végétales (nectar et pollen) par des résidus de pesticides (insecticides, fongicides, herbicides, régulateurs de croissance), les abeilles sont régulièrement exposées à des mélanges de substances chimiques (Chauzat et al., 2006, 2009 ; Lambert et al., 2013), pouvant avoir d'une part des effets indésirables sur les butineuses et sur leur progéniture dans les nids, et d'autre part rendre impropre un miel dépassant les limites de résidus autorisées .

La floraison et l'organe floral d'une culture ou d'une espèce semi-naturelle présente à proximité de la culture représentent une période clé et le stade vital pour assurer à la fois une production végétale à l'agriculteur, une production apicole à l'apiculteur, une ressource de nourriture pour tous les insectes pollinisateurs et autres auxiliaires des cultures. Le comportement de butinage et les interactions plantes-abeilles sont cependant différentes selon les espèces d'abeilles. De leur côté, les abeilles domestiques peuvent couvrir un large rayon de butinage autour de leur colonie (2 à 5 km en moyenne avec un maximum de 10 km, selon l'abondance de la ressource (Visscher et Seeley, 1982 ; Esch et Burns, 1996 ; Steffan-Dewenter et Kuhn, 2003)), ce qui leur permet d'avoir accès à un large choix de plantes. Ainsi, l'abeille domestique butine au cours de la saison (de février à octobre) une diversité insoupçonnée d'espèces végétales, et de préférence des grandes masses florales (colza, tournesol, féverole, châtaignier, tilleul, ronces, prairies naturelles...) (Requier et al., 2015).

Chez les abeilles sauvages, les traits biologiques et écologiques du millier d'espèces d'abeilles connues en France sont très divers, en termes d'organisation sociale (mais elles sont solitaires pour la plupart),

de spécialisation alimentaire (certaines récoltent leur pollen sur une seule espèce de plante, d'autres sont plus généralistes), de mobilité (de quelques centaines de mètres à plus de 10 km) et de types d'habitats (mais la majorité nichent dans le sol) (Rollin, 2018). Leur aire de butinage respective est donc différente pour chaque espèce considérée (Gathmann et Tscharnkte 2002 ; Greenleaf et al. 2007). Par exemple, pour l'espèce *Hoplitis adunca*, cette distance maximale s'établirait entre 400 et 600m alors qu'elle serait entre 100 et 250m pour une espèce plus petite, *Hylaeus punctulatus* (Zurbuchen et al. 2010). Plus la distance entre le nid et le site d'approvisionnement en ressource s'accroît, plus le temps de vol augmente, et cela diminue le nombre des descendants potentiels par période reproductive (Zurbuchen et al. 2010 ; Peterson et Roitberg, 2006).

La santé des abeilles et leur succès reproducteur sont extrêmement sensibles à la disponibilité des ressources autour de leur nid ou ruche pour l'abeille domestique, à l'abondance de cette ressource et à sa diversité.

Dans une plaine céréalière de l'ouest de la France de 450 km², la zone atelier Plaine et val de Sèvre (Deux-Sèvres), près de 200 espèces d'abeilles sauvages ont été dénombrées, soit environ 20% de la diversité (1000 espèces) connue à ce jour à l'échelle de la France métropolitaine. Ces espèces, en fonction de leur comportement écologique et de leur répartition spatiale, ont été observées toute la saison de mars à septembre dans les différentes entités du paysage et les analyses palynologiques des pollen constituant le bol alimentaire des colonies d'abeille domestique suivies montrent un intérêt, plus ou moins marqué, des abeilles pour les espèces cultivées : colza, tournesol, luzerne, maïs, pois et lin, des espèces semi-naturelles en bordure de ces parcelles, et des espèces arbustives des haies adjacentes (Rollin et al. 2013).

Plus précisément, les abeilles sauvages sont généralement présentes en abondance et en diversité sur la flore herbacée sauvage, tout au long de l'année. Les abeilles sauvages sont jusqu'à quatre fois plus diversifiées dans les habitats semi-naturels que dans les parcelles de colza dans lesquelles les quelques espèces rencontrées sont des espèces communes et sociales telles que les abeilles mellifères et les bourdons (Rollin et al. 2015). Cela est dû en partie à la diversité et à la pérennité de la flore de ces habitats qui permet de répondre aux besoins des différentes espèces. En effet, les abeilles sauvages sont plus ou moins exigeantes dans leurs préférences alimentaires. Pour la récolte de pollen, cela va d'espèces très généralistes comme l'abeille mellifère (dite polylectique) qui peuvent tirer leur alimentation pollinique de nombreuses plantes, à des espèces spécialisées qui dépendent d'une unique espèce végétale (dite monolectique). Pour le nectar, les abeilles s'organisent en deux catégories fonctionnelles : celles dites à langue courte (ne dépasse pas la longueur de la tête) et celles à langue longue (dépasse la longueur de la tête) (Rollin, 2018).

Conditions environnementales et météorologiques liées au butinage

La connaissance précise de ces conditions est importante car elles peuvent expliquer l'absence de butineuses dans les parcelles avant de traiter (Decourtye et al. 2016, pour revue).

La température ambiante est le facteur météorologique le plus évoqué dans la littérature sur l'activité de butinage. L'humidité relative atmosphérique présente moins d'effet sur l'activité de butinage que la température (Joshi et Joshi, 2010). Les conditions climatiques agissent directement sur la physiologie des butineurs mais aussi sur la dynamique d'apparition des fleurs et leur capacité à produire nectar et pollen attractifs pour les abeilles. Les abeilles ont besoin de maintenir leur température thoracique dans une certaine gamme : 31–32 °C chez une abeille mellifère durant le butinage (Heinrich, 1979).

Chaque espèce posséderait ainsi des températures ambiantes seuils (minimale et maximale) au-delà desquelles le coût énergétique nécessaire au maintien de la température corporelle ne pourrait être supporté (Stone, 1994). Selon des auteurs, la masse corporelle est un facteur déterminant de la thermorégulation chez les insectes (Heinrich, 1979 ; Herrera, 1990). Le seuil de température en dessous duquel il n'y a pas d'activité de butinage chez l'abeille mellifère est très variable, de 6°C à 12°C en climat tempéré selon les auteurs (Tan et al., 2012 ; Heinrich, 1979 ; Burrill et Dietz, 1981 ; Danka et al., 2006). Par rapport à l'abeille mellifère, la plupart des espèces de bourdons sont aussi connues pour avoir une activité de vol à des températures ambiantes inférieures (Corbet et al., 1993 ; Lundberg, 1980 ; Stone et Willmer, 1989).

La production de nectar par les fleurs est directement liée aux conditions climatiques. Pour être attractif, le nectar doit être produit en quantité et avec un taux d'hygrométrie limité et donc une concentration en sucre élevée. Un climat trop sec limite la production de nectar des fleurs, c'est souvent le cas sur la culture de la lavande ; une saison trop sèche réduit fortement la récolte de ce miel par les abeilles et les apiculteurs. De même, la pluie est un facteur limitant la récolte de nectar, car d'une part les abeilles ne peuvent pas butiner, mais d'autre part les fleurs sont 'lavées' de leur nectar et la récolte est perdue, comme c'est souvent le cas pour le Robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*). Il en est de même pour la production et la récolte de pollen des fleurs par les pollinisateurs, qui est dépendante des conditions climatiques.

La plage horaire des sorties des butineuses est variable en fonction du mois. Cette plage est plus étendue en juin que lors des autres mois. La durée d'ensoleillement par jour doit expliquer en partie ce fait. La moindre quantité de ressources florales disponibles dans le paysage céréalier à cette période peut également participer à ce phénomène (Requier, 2013).

Bol alimentaire des abeilles

Alors qu'il est possible de déduire le bol alimentaire des abeilles et les plantes visitées, donc attractives, par des analyses mellissopalynologiques (recherche des pollens dans le miel) et palynologique (composition des pollens récoltés), la connaissance générale sur le potentiel nectarifère ou pollinifère de toutes les espèces cultivées, semi-naturelles ou naturelles reste éparse. L'évaluation se fait donc à dire d'experts en croisant résultats d'expérimentation et observations de butinage.

Par exemple pour le potentiel mellifère d'une plante, certaines données quantitatives sont exprimées en kg de miel /ha et l'analyse de ces résultats révèle parfois de grandes variabilités selon les méthodes d'estimation par les auteurs.

– Pour la culture de colza (*Brassica napus*), le minimum noté est de 67,5 kg/ha et le maximum de 325 kg/ha, soit un facteur de presque 5 entre les deux valeurs estimées ;

– Pour le melon (*Cucumis melo*), plante annuelle largement dépendante des pollinisateurs, le minimum observé est de 25 kg/ha et un maximum de 140 kg/ha, soit un facteur de plus de 5 entre les deux valeurs estimées ;

– pour le poirier (*Pyrus communis*), espèce arbustive cultivée sur différents territoires (floraison mars-avril), les sources bibliographiques révèlent des potentiels mellifères présentant des écarts d'un facteur 9 selon l'auteur : de 6 à 50 kg/ha d'après respectivement Koltowski (2006) et Janssens et al. (2006).

Cette variabilité s'explique par la méthode employée, mais également par l'état de santé et de développement des abeilles, des conditions environnementales, agronomiques (conduites agricoles,

variété) et pédo-climatiques. Une autre limite majeure de cette évaluation est qu'il n'intègre pas la fréquentation des plantes par les abeilles pour le pollen.

Exposition des abeilles domestiques aux pesticides

La contamination des matrices apicoles par des substances chimiques est régulièrement observée au travers d'expérimentations et observatoires de suivis de colonies et cela dans différents pays. En effet, les travaux réalisés aux États-Unis (Mullin et al., 2010), dans le reste de l'Europe (Ghini et al., 2004 ; Bernal et al., 2010), ou sur le sol français, révèlent que les abeilles mellifères, les miels, les pollens et les cires sont régulièrement contaminés par des résidus de pesticides (Chauzat et al., 2006, 2009 ; Lambert et al., 2013 ; Prado et al., 2019). Ces travaux décrivent notamment une contamination importante des abeilles, ainsi que du pollen et du miel qu'elles consomment, par des fongicides, des insecticides et des acaricides. Ces derniers peuvent être utilisés par les cultivateurs pour protéger leurs cultures et par les apiculteurs pour lutter contre *Varroa*, un parasite dangereux pour les colonies. Les résidus d'acaricides synthétiques anti-*Varroa* pouvant être présents dans les cires des ruches, des méthodes de lutte alternatives se développent (acides organiques, huiles essentielles, sélection génétique...). En consultant les travaux de Lambert et al. (2013) conduits dans l'Ouest de la France en 2009, on constate que 72 % des échantillons d'abeilles (n = 141), 58 % des pollens (n = 128) et 95 % des miels (n = 141) collectés contiennent au moins un résidu de pesticide. Plus précisément, ce sont cinq fongicides différents qui sont détectés dans les abeilles. Ils sont au nombre de neuf dans les pollens et dans les miels. Pour les insecticides, 11 résidus différents sont détectés dans les abeilles, alors qu'ils sont respectivement au nombre de dix et de 15 dans les pollens et les miels. Ces résultats montrent que les abeilles sont régulièrement exposées à des insecticides et les fortes concentrations mesurées pour certaines substances (par exemple la cyperméthrine : 48 mg/kg d'abeille) suggèrent une exposition directe des abeilles durant leur activité de butinage (Decourtye et al. 2016).

L'amélioration récente de la sensibilité des méthodes d'analyses chimiques multi-résidus rend possible la détection de plusieurs dizaines de substances à des concentrations souvent inférieures à 5 mg/kg. Cette avancée a permis de mettre en évidence que les abeilles sont régulièrement exposées de façon concomitante à plusieurs résidus de pesticides. Dans les travaux de Lambert et al. (2013) par exemple, il est décrit qu'en moyenne les abeilles sont contaminées par 1,4 pesticides et que les abeilles les plus contaminées contiennent jusqu'à six résidus de pesticides différents. Aux États-Unis, une contamination importante a été constatée puisque, en moyenne, il a été retrouvé 2,5 résidus de pesticides par échantillon d'abeilles et 25 résidus de pesticides dans l'échantillon le plus contaminé (Mullin et al., 2010). En France, l'alimentation des abeilles est également contaminée par plusieurs résidus comme en témoignent les travaux conduits par l'ITSAP-Institut de l'abeille et les associations régionales de développement apicole : 25 % des pollens collectés par les butineuses sont contaminés par au moins cinq résidus de pesticides (Tableau. 1) (Vidau, 2015).

Nombre d'échantillons analysés	165
Nombre d'échantillons contaminés (%)	72
Nombre d'échantillons contaminés par plus de 5 résidus (%)	25
Nombre de résidus maximum par échantillon	11
Nombre total de résidus détectés	66
Nombre d'insecticides détectés	23
Nombre de fongicides détectés	32
Nombre d'herbicides détectés	8
Nombre de régulateurs de croissance détectés	3

Tableau 1 : Bilan de l'analyse des 165 échantillons de pollen collectés dans cinq régions françaises.

3- Espèces agricoles concernées

Une liste non exhaustive des cultures traitées en floraison a été établie par le groupe de travail pour les espèces agricoles (Annexe 1). Cette liste reprend pour chaque culture concernée l'Institut Technique Agricole de référence, la superficie en France, la date de floraison, les principales espèces d'abeilles qui visitent la culture, ainsi que les bioagresseurs qui justifient les traitements fongicides et/ou herbicides appliqués. Le niveau d'attractivité des plantes (pollen, nectar et floribondité) est estimé dans l'annexe 2. Cette estimation a été faite en s'appuyant sur des données publiées, en France ou à l'étranger, USA en particulier, sur des travaux précédents menés sur les pollinisateurs, sur l'expertise des membres du groupe. En cas de non-disponibilité des données, d'incertitude ou de différence d'analyse au sein du groupe de travail, la mention 'A déf' a été utilisée. Une procédure simplifiée pourra être potentiellement mise au point pour réduire l'incertitude sur ces estimations, soit via une nouvelle exploration de la littérature scientifique et technique soit via des dispositifs expérimentaux allégés. Les valeurs sont donc susceptibles d'évoluer, mais les valeurs inscrites le sont avec un niveau de confiance satisfaisant.

4- Espèces utilisées comme attracteurs

Une liste, non exhaustive, des espèces attractives pouvant être semées ou plantées est présentée à l'Annexe 2. Elle comprend les cultures qui présentent un intérêt comme espèces attractives de compensation ainsi que les cultures traitées. Pour chaque espèce végétale, il précise la date de floraison, le potentiel d'attractivité et les différents pollinisateurs qui les fréquentent. Les niveaux d'attractivité sont variables et quelquefois difficiles à renseigner. Le tableau présente conjointement des espèces très attractives pour les abeilles comme par exemple le colza et la luzerne qui sont des espèces mellifères de premier ordre et qui sont un support de production de miel, et des espèces comme le lin ou le pois chiche qui ne sont visitées que de manière anecdotique et dans les situations de faible niveau de ressource alternative.

Pour permettre une lecture efficace du tableau et sans ambiguïtés des limites doivent être précisées. En particulier, les cultures prises en compte dans le tableau diffèrent en plusieurs aspects, notamment pour leur niveau d'interaction avec les insectes pollinisateurs. Celui-ci influence directement la notion de risque lié à l'exposition des insectes pollinisateurs qui les fréquentent, et aussi la contribution de ces cultures dans l'alimentation des insectes.

Niveau d'attractivité des espèces végétales, quelle réalité sur le terrain ?

Pour chaque espèce végétale, l'estimation du potentiel d'attractivité est réalisée en faisant la somme de l'intérêt pour le nectar et le pollen de la fleur - qui varient de 0 à 3 - multipliée par la floribondité, également selon une échelle de 0 à 3.

Le niveau de fréquentation d'une culture par les insectes pollinisateurs est en lien avec la quantité et la qualité des ressources alimentaires qu'elles fournissent et aussi avec le niveau d'accessibilité de ces ressources pour les insectes (Atlagic et al., 2003 ; Cook et al., 2003 ; Cnaani et al., 2006 ; Tepedino et Parker, 1982). Il en résulte que, sur le terrain, le niveau de fréquentation dont une culture fait l'objet dépend à la fois de l'espèce végétale et de l'espèce d'insecte pollinisateur considéré, de ses besoins alimentaires, de sa morphologie et aussi de l'environnement autour des parcelles. De ce fait, la notion

d'attractivité ne peut être qu'une notion relative car elle dépend directement du contexte dans lequel elle est évaluée (la nature des espèces végétales présentes autour de la culture d'intérêt et aussi des surfaces correspondantes peuvent l'influencer).

En outre, l'attractivité d'une culture ne dépend pas uniquement des autres cultures alentours mais également de la présence et de la nature des éléments semi-naturels (haies, bosquets...) environnants. En effet, les ressources qu'ils fournissent peuvent entrer en compétition avec celles fournies par les espèces cultivées, et ainsi devenir des surfaces de compensation.

Certaines études ont abouti à la mise en œuvre de classement des végétaux sauvages et cultivés basés sur divers critères :

- le potentiel mellifère, c'est-à-dire la quantité de miel par hectare que des colonies d'abeilles placées à proximité sont capables d'en extraire (Ion et al., 2018)
- les quantités de pollen et/ou de nectar produites par les fleurs, c'est-à-dire le caractère nectarifère et pollinifère des espèces (Liste des plantes attractives pour les abeilles, 2017)
- le niveau d'attractivité du pollen et/ou du nectar produit et leur niveau d'utilisation par les abeilles (USDA, 2017)

Selon les sources que l'on retient, les classements établis n'ont pas la même signification ; par conséquent ; il est attendu de rencontrer des classements différents.

Enfin, l'aspect variétal peut être responsable de niveaux d'attractivité différents. Toutefois il n'est pas considéré ici dans la mesure où les données ne sont que rarement disponibles, même pour les espèces mellifères de grandes cultures (Cerrutti et Pontet, 2016). C'est une limite importante du classement proposé.

Dans le cas du présent rapport, les classements sont réalisés de manière à représenter le niveau d'utilisation d'une culture par les abeilles au regard des ressources nectar et/ou pollen qui sont produites et prenant en compte l'évaluation de la floribondité.

La floribondité : un facteur important mais peu étudié

La floribondité représente le nombre de fleurs 'matures' par unité de surface à l'instant t produit par et présent sur une culture. Cette notion a fait l'objet d'études récentes (Farjon et al., 2019 ; Zhang et al., 2020), notamment en vue de conduire une recherche systématique dans différents pays du pourtour méditerranéen. Mais les données disponibles sont insuffisantes pour permettre de proposer des classements, même pour les espèces de grandes cultures. Pourtant, la notion de floribondité a une importance capitale car elle est directement en lien avec l'abondance des ressources produites (Janssens et al., 2006) et de ce fait en lien avec les niveaux de fréquentation d'insectes pollinisateurs que l'on peut observer sur les cultures. Dans le classement présenté ici, les classes de floribondités proposées sont données à dire d'experts. Elles pourront donc faire l'objet de modifications. Ceci pourra modifier les classements entre espèces sans modifier le principe et la validité du critère et de la méthode proposée.

Espèces végétales et couverts végétaux pouvant assurer une fourniture alimentaire aux pollinisateurs et contribuer à une compensation.

Diverses espèces et structures végétales en dehors de la culture de rente peuvent fleurir au cours de l'année culturale et assurer une fourniture de ressources alimentaires pour les pollinisateurs :

* L'association de cultures consiste à associer des espèces ou des variétés cultivées sur la même surface. Les espèces ou variétés cohabitent pendant une période plus ou moins longue de leur croissance et sont semées pour des objectifs recherchés (limitation des effets de divers agresseurs, limiter le 'salissement' de la parcelle...). Les espèces semées en mélange dans la culture (pois dans le blé), par leur localisation, ne peuvent pas être considérées comme une mesure de compensation dans le cas où l'une des deux cultures ferait l'objet d'un traitement au cours de la floraison.

* Les espèces de couvert semées en relay-cropping ou pendant la période d'interculture (couverts végétaux d'interculture) peuvent fleurir en même temps que certaines cultures estivales. Ces zones d'interculture avec des plantes de couvert en fleur pourraient être considérées comme des zones de compensation à la condition qu'elles ne soient pas soumises à une gestion chimique afin de limiter la grenaison des espèces de communautés d'adventices qui se développent dans ces couverts, et qui, en enrichissant la banque de graines du sol, pourraient nuire aux cultures suivantes.

* Les bandes fleuries semées en bord extérieur des parcelles peuvent héberger des espèces semées mais aussi des 'espèces natives'. Situées en bordure extérieures des parcelles, ces bandes peuvent constituer des zones de compensation potentielles. La valeur pollinique des espèces adventices de bordure a été étudiée afin de déterminer leur attractivité vis-à-vis de différents types d'insectes pollinisateurs (Ricou et al., 2014). Leur connexion avec des éléments fixes paysagers en fleur favorise le butinage par l'abeille domestique (Henry et al., 2012).

* L'agroforesterie, en assurant la présence d'essences arbustives florifères et d'espèces herbacées en fleurs dans le couvert enherbé au pied des arbres, constitue également une ressource alimentaire pour les insectes pollinisateurs (Varah et al, 2020)

Pour les espèces non cultivées pouvant être proposées à semer ou à planter afin de i/ renforcer la ressource alimentaire en nectar et pollen dans les agrosystèmes et ii/ d'atténuer l'exposition des abeilles aux pesticides en les attirant sur des surfaces fleuries plus attractives, la liste publiée en 2017 par FranceAgriMer, le ministère de l'agriculture, Astredhor et l'ITSAP est un outil d'aide à la décision. Cette liste donne les espèces herbacées, arbustives et arborées à intégrer principalement en dehors des parcelles.

<https://agriculture.gouv.fr/decouvrez-la-liste-des-plantes-attractives-pour-les-abeilles>

Pour les espaces cultivés, un second outil d'aide à la décision donne les caractéristiques des espèces ou mélanges d'espèces à semer en période d'interculture. Il a été élaboré dans le cadre du projet Casdar Interapi. Il s'agira dans ce cas d'une culture intermédiaire mellifère (CIM) (www.interapi.itsap.asso.fr). Cet outil donne aussi des compositions de mélanges intéressants pour les abeilles à semer pour créer des jachères mellifères.

https://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/pollen_abeilles.pdf

Encadré : Le cas des espèces messicoles

Les plantes dites messicoles (plantes des moissons) sont pour la plupart des plantes annuelles à germination automnale à hivernale dont le cycle de vie se déroule essentiellement dans les céréales d'hiver (Cambecèdes et al., 2012). Environ une centaine d'espèces sont décrites comme messicoles sur le territoire national. Beaucoup de ces espèces sont rares et très sensibles à l'intensité des pratiques culturales, ce qui explique leur considérable régression depuis les années 1960. Les cortèges messicoles les plus diversifiés se rencontrent essentiellement sur sols calcaires superficiels. Les messicoles sont décrites comme étant dépendantes en grande partie pour leur reproduction des insectes butineurs, mais les pollinisateurs de ces plantes ne sont pas bien connus. Un travail participatif (mission messicoles-pollinisateurs) est actuellement en cours afin de mieux connaître les relations entre ces communautés. Ces espèces constituent un groupe écologique riche avec une grande

diversité d'espèces. Leur caractère spontané leur confère le statut d'espèces indicatrices de l'état du milieu où elles poussent. Ces plantes messicoles bénéficient d'un plan national d'actions (PNA).

5- Règle de décision

L'usage de produits phytosanitaires constitue un impact important pour les insectes pollinisateurs domestiques comme sauvages. Cette partie dédiée à la méthode de compensation s'inspire du code de l'environnement et notamment de la séquence Eviter-Réduire-Compenser (séquence ERC) pour atténuer cet impact. Elle propose une règle de décision pour améliorer le ratio entre les surfaces des cultures traitées et celles de cultures attractives de compensation non traitées pendant la floraison.

Calcul de la surface à fournir par rapport à l'attraction de la plante cultivée

L'objectif est ici de fournir une règle de décision prévalant à l'homogénéisation nationale de cette démarche. Voici les principes de cette décision :

Règles générales

- Cette réflexion doit être menée à l'échelle de chaque exploitation agricole. Elle peut potentiellement s'appliquer à plusieurs exploitations (GIEE) aux conditions incontournables qu'elles soient spatialement contiguës, et que l'une accepte de compenser les impacts de l'autre. Il n'est aucunement question de créer des crédits pesticides entre exploitations agricoles, car cette démarche doit s'effectuer à l'échelle de chaque exploitation, ou des GIEE.
- Si un impact ne peut être ni évité, ni réduit, ni compensé, alors l'usage à la source de l'impact n'est pas autorisé. En d'autres termes, si l'usage de produits phytosanitaires sur une surface ne peut pas être compensé par une surface sans traitement dont l'attractivité est supérieure, alors la dérogation aux restrictions d'horaires ne peut pas être autorisée en période d'exposition des insectes butineurs.
- Chaque culture doit être caractérisée par ses ressources florales (nectar et pollen) et sa floribondité afin de caractériser son attractivité pour les pollinisateurs et de pouvoir raisonner avec des cultures d'attractivité équivalente. Le choix des cultures et de leur surface est donc crucial pour atténuer cet impact. **L'attractivité est calculée par la somme de (l'intérêt pour le nectar (de 0 à 3) + intérêt pour le pollen (de 0 à 3)) multipliée par la floribondité (de 0 à 3).**
 - Par exemple, l'attractivité de la phacélie est calculée de la façon suivante :
 - Intérêt du nectar pour les insectes pollinisateurs : 3
 - Intérêt du pollen pour les insectes pollinisateurs : 1
 - Floribondité : 3
 - Attractivité : $(3+1) \times 3=12$.

Ce calcul est proposé comme une base de réflexion, et est soumis aux incertitudes liées aux indices de confiance utilisés pour estimer l'intérêt du pollen et du nectar de la plante concernée.

- **Phase d'évitement** : l'impact d'une dérogation aux plages de traitement, en d'autres termes, l'usage de produits phytosanitaires en période de floraison durant ces horaires, doit être évité

au maximum. Cette démarche doit être associée à la recherche de solutions alternatives à l'usage de produits phytosanitaires par chaque culture, ainsi qu'à la recherche de leviers agroécologiques, potentiellement fondées sur la nature (SFN), et conduisant à une réduction de la pression de bioagresseurs (prophylaxie). Cette mesure d'évitement est tout particulièrement importante à considérer en premier lieu puisque les couverts végétaux implantés à proximité des parcelles traitées, sur lesquels reposent les mesures de compensation, peuvent malgré tout provoquer l'exposition des abeilles à certains résidus de produits phytosanitaires par dérive ou par pollution diffuse (Botias et al., 2016 ; 2019). L'évitement peut aussi consister à prévenir l'apiculteur suffisamment à l'avance afin que celui-ci prenne des dispositions pour protéger ces colonies d'abeilles domestiques ou qu'il puisse retirer ses ruches situées à proximité de la zone de traitement. Le retrait des ruches devant être une solution de dernier recours dont la décision doit revenir à l'apiculteur, car cette pratique entraîne des conséquences technico-économiques négatives (rupture dans la dynamique de récolte des colonies, perte de récolte, charges supplémentaires liées au déplacement des ruches). Mais ce retrait ne s'applique de toute façon pas aux autres pollinisateurs dont le déplacement est impossible.

- **Phase de réduction** : si l'impact ne peut être évité, l'exploitant doit rechercher à réduire l'impact, par exemple en diminuant le nombre de passages (et en réduisant la concentration des produits utilisés). L'exploitant est aussi fortement incité à regrouper spatialement la zone traitée et ainsi réduire l'impact sur les zones non traitées. Ceci doit toutefois être mis en œuvre en prenant compte le bénéfice lié aux mosaïques paysagères et à l'incidence positive d'une taille moyenne faible des parcelles cultivées (Sirami et al, 2019).
- Après les phases d'évitement et de réduction, l'exploitant doit quantifier la surface des cultures traitées à floraison avec des produits phytosanitaires, de type fongicides et herbicides dans le cas de la présente saisine. Les surfaces agricoles traitées à floraison n'étant pas associées à des espèces protégées, le principe général pour pouvoir déroger aux contraintes horaires est d'avoir une surface de compensation au moins équivalente de cultures non traitées à floraison, en intégrant les différentiels d'attractivité. Cette réflexion doit être intégrée lors du choix d'assolement et avoir lieu avant le traitement aux produits phytosanitaires, de façon à respecter ce principe de plus grande attractivité surfacique pour les surfaces non traitées. Pour qu'elle soit pertinente, cette démarche se base sur une comparaison des attractivités entre cultures. Les espèces végétales présentes sur les surfaces de compensation doivent avoir une attractivité vis-à-vis des insectes pollinisateurs supérieure à celle des cultures traitées, les espèces ayant des périodes de floraison semblables. Compte-tenu de l'appréciation par classe large des 3 éléments qui composent le critère d'attractivité, il est délicat de définir l'amplitude nécessaire des différences entre cultures traitées et cultures de compensation. A ce stade, il est donc proposé de retenir uniquement une plus forte attractivité, en valeur absolue, des surfaces de compensation.
- **Phase de compensation** : La mise en place de cultures non traitées à floraison devra constituer une alternative de ressources florales dont l'attractivité est supérieure à celle des cultures traitées, de façon à attirer les insectes pollinisateurs ; la diversité de ces cultures non traitées est fortement conseillée. Parmi ces cultures non traitées, l'exploitant pourra inclure les haies, les bandes enherbées, les prairies naturelles et les zones de pâturage fleuries mais en considérant leurs attractivités respectives. Ces zones non traitées ne devront pas être soumises aux impacts des traitements, comme par exemple les eaux de ruissellement des zones traitées. Les zones boisées, les surfaces de voirie et les surfaces de bâtiments agricoles

et d'habitation (incluses dans l'exploitation) ne sont pas prises en compte dans les zones non traitées, leur attractivité étant généralement faible et difficile à quantifier.

- Pour rendre cette compensation efficace, il est nécessaire que la ou les cultures de compensation aient une attractivité plus forte (d'au moins un point d'attractivité) que la culture traitée. Plus cet écart sera important, plus élevé devrait être le déplacement des insectes pollinisateurs vers ces surfaces de compensation, et la compensation en sera d'autant plus facilitée et efficace.
- Si une culture est traitée plusieurs fois durant la floraison, et dans l'objectif de respecter le principe de simultanéité, la durée de l'impact sera allongée en conséquence et la période de nécessaire compensation sera plus longue. Comme il est délicat de définir une période d'innocuité, il est proposé dans une première étape de fonctionner par périodes mensuelles. Un exemple sera présenté qui simule les incidences d'une compensation durant une période plus courte après application d'un produit.
- Le calcul du ratio entre surface traitée et surface de compensation est délicat. Pour parvenir à une proposition sur cette question, et en partant de la logique d'équivalence de surface, la réflexion a intégré le différentiel d'attractivité, en considérant que plus le différentiel est important, plus le déplacement des insectes pollinisateurs sera marqué, et plus la surface physique réelle de la compensation pourra être réduite.
 - Ainsi, si un agriculteur veut pouvoir déroger aux horaires de traitement sur une culture traitée C_t ayant une attractivité A_t et cultivée sur une surface S_t , alors pour compenser, il doit disposer d'une ou plusieurs cultures ayant une période de floraison semblable et ayant une attractivité $A > A_t$
 - S'il mobilise une seule culture de compensation C_1 , alors la surface S_1 de cette culture sera égale $S_t / (A_1 - A_t)$.
 - Ainsi, si l'écart d'attractivité est faible, il faut une grande surface de compensation pour pouvoir déroger. S'il est de 1 point seulement, alors la surface physique des 2 cultures sera équivalente. Si l'écart d'attractivité est important, alors la surface de compensation sera faible.
 - En conséquence également, une espèce ayant une attractivité maximale, comme c'est le cas pour le colza qui a la valeur maximale de 3 pour les 3 critères composant l'attractivité, il est impossible de déroger aux horaires de traitement
- Le calcul du ratio de compensation entre surface traitée et surface de compensation pourra aussi être examiné sur une période pluriannuelle, de façon à permettre à l'exploitant une amélioration progressive de ce ratio. Ce ratio, à l'échelle de l'exploitation, ou d'un territoire, constitue un indicateur de la pression exercée sur les insectes pollinisateurs

Cette démarche vise à ce que chaque exploitant s'approprie la question de l'impact lié à l'usage de produits phytosanitaires et qu'il organise spatialement son exploitation pour atténuer l'impact, et préserver la faune pollinisatrice dont les services sur l'agriculture sont largement documentés.

Illustrations de la mise en œuvre par études de cas

Pour les besoins de la saisine et dans l'objectif de réaliser des simulations dans un contexte agricole réel, Terres Inovia s'est appuyé sur le cas concret que représente le projet territorial R2D2. Ce dispositif n'est pas celui d'une exploitation agricole, mais constitue une illustration d'une situation à forte diversité de cultures, avec des floraisons à différentes périodes de l'année. Ce projet d'accompagnement d'un collectif d'agriculteurs a pour objectif de les aider à gérer les ravageurs des cultures tout en réduisant les applications d'insecticides et pour ce faire de mobiliser conjointement des leviers agronomiques de robustesse ainsi que les processus de régulation naturelle.

Le territoire représente une superficie de 1313 ha et concerne 11 exploitations. L'assolement à l'échelle du projet est présenté dans le tableau 4, de même que les scores associés dont la méthode de calcul est exposée ci-dessous.

Toutefois, au moment de faire des sommes de scores à l'échelle d'une exploitation ou d'un territoire, il convient d'être vigilant. En effet, les scores ne peuvent pas être sommés puisque qu'on utilise $S_i/(A_1 - A_i)$ et non pas $St*At/A1$, et ceci puisqu'on en peut compenser une culture que par une autre culture plus ayant une attractivité plus forte. Les sommes qui figurent dans les tableaux suivants ne doit donc pas être prise en valeur absolue. Elles renseignent toutefois sur l'écart à un équilibre et elles montrent qu'une situation peut fortement varier au fil des saisons, du fait des cultures de rente qui sont en fleurs.

Culture	Surface (ha)	Score attractivité	Score durant la période de traitement à floraison
Avoine	7.5	0	0
Blé	371.35	0	0
Chanvre	5.93	1	5.9
Colza	103	18	1854
Escourgeon	104.9	0	0
Luzerne	103.9	12	1246
Orge de printemps	139.8	0	0
Pois chiche	18	NA	NA
Tournesol	219.7	10	2197
Triticale	30.5	0	0
Pois	118	2	236
Orge d'hiver	17.7	0	0
Trèfle incarnat	12.5	15	187
Non renseigné	60	NA	NA
Mélange R2D2	13	5	65
Total général	1313.2		1610.9

Tableau 4 : Assolement 2019 sur le territoire du projet R2D2 et scores annuels associés à chaque culture. Le détail des composantes du Score d'attractivité figure en annexes du présent document pour les différentes espèces cultivées (NA : non calculé).

Le score attribué à une culture est calculé en ajoutant le score d'attractivité du pollen et le score d'attractivité du nectar de l'espèce végétale et en multipliant le résultat par le score de floribondité (c'est le potentiel d'attractivité calculé et présenté en annexes 1 et 2). Par exemple, le potentiel d'attractivité (cf. Tableau 2) de l'avoine et du blé est de 0 (pas de nectar ni de pollen récolté par les abeilles), donc le score sera toujours de 0, quelle que soit la surface. Dans le cas du tournesol, le potentiel d'attractivité est de 10, et comme l'agriculteur dispose d'une surface de 219,7 Ha, le score est de 2197.

Pour élaborer le calcul et voir si dans une telle situation une dérogation est possible :

- Lorsque qu'une culture attractive pour les abeilles est traitée, le score apparait en négatif, ce qui signifie qu'une atténuation du risque doit être mise en place, durant cette période, pour prétendre déroger au cadre réglementaire.
- Lorsque qu'une culture attractive pour les abeilles n'est pas traitée, elle ressort en positif, ce qui signifie qu'elle permet d'atténuer le risque lié à l'exploitation par les abeilles d'une ressource fleurie traitée et dont la floraison est synchrone.

Sur le territoire du projet R2D2 qui présente une diversité importante d'espèces cultivées, il ressort que le score est positif lorsqu'on prend en compte l'année entière. Si on considère le score sur une période d'un mois, on s'aperçoit que certaines cultures attractives comme le colza et le pois amènent un score négatif sur les mois d'avril et de mai car ces cultures reçoivent un ou plusieurs fongicides durant la floraison. Sur le printemps, il n'existe pas, à l'échelle du territoire du projet, de cultures qui permettraient de compenser le risque. Il n'est donc pas possible pour ces deux cultures de déroger aux horaires de traitement. Cependant, à partir du mois de juin, le score est positif (tableau 3).

	Jan	fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	nov	dec
Culture												
Avoine												
Blé												
Chanvre						6	6					
Colza				-1854	-1854							
Escourgeon												
Luzerne						1236	1236	1236	1236			
Orge de printemps												
Pois Chiche												
Tournesol							2200					
Triticale												
Pois				-236	-236	-236						
Orge d'hiver												
Trèfle incarnat				188	188	188						
Non renseigné												
Mélange R2D2						65	65	65	65			
TOTAL				-1903	-1903	1258	3507	1301	1301			

Tableau 3 : Scores calculés mensuellement à l'échelle du territoire R2D2

A présent, si on réalise les simulations annuelles à l'échelle de deux fermes issues du territoire du projet R2D2, on obtient les résultats présentés dans les tableaux 4 à 6.

Cultures	Ferme 1	Score simulé	Cultures	Ferme 2	Score simulé
Blé tendre	103,92	0	Blé tendre	160	0
Orges d'hiver	63,24	0	Orges d'hiver	28	0
Orges de printemps	12,87	0	Orges de printemps	22	0
Colza	48,79	-878	Colza	43	-774
Tournesol	42,82	428	Tournesol	24	240
Pois de Printemps	25,69	-51	Pois de Printemps	33	-66
Avoine Nue	21,54	0	Avoine Nue	0	0
Avoine Noire	1	0	Avoine Noire	0	0
Féverole de printemps	1,03	-2	Féverole de printemps	0	
Jachères	13,75	0	Jachères	0	
Chanvre	0	0	Chanvre	33	33
Total	335,65	-503	Total	343	-567

Tableau 4 : Assolement des deux fermes du projet R2D2 considérées pour les simulations et scores annuels associés.

Sur les deux fermes, les scores annuels sont négatifs cette fois car les principales cultures attractives sont traitées (tableau 6). Seules deux cultures attractives ne le sont pas, il s'agit du chanvre et du tournesol qui fleurissent pendant la période estivale. Les scores sont négatifs sur les mois d'avril, mai et juin en raison du colza sur avril et mai et du pois d'avril à juin.

Culture	Jan	fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	nov	dec
Avoine												
Blé												
Chanvre												
Colza				-878	-878							
Escourgeon												
Luzerne												
Orge de printemps												
Pois Chiche												
Tournesol							428	428				
Triticale												
Pois				-51	-51	-51						
Orge d'hiver												
Trèfle incarnat												
féverole printemps				-2	-2	-2						
Mélange R2D2												
TOTAL				-932	-932	-53	428	428				

Tableau 5 : Scores calculés pour la ferme 1

	Jan	fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	nov	dec
Culture												
Avoine												
Blé												
Chanvre						33	33					
Colza				-774	-774							
Escourgeon												
Luzerne												
Orge de printemps												
Pois Chiche												
Tournesol							240	240				
Triticale												
Pois				-66	-66	-66						
Orge d'hiver												
Trèfle incarnat												
Non renseigné												
Mélange R2D2												
TOTAL				-840	-840	-33	273	240				

Tableau 6 : Scores calculés pour la ferme 2

Dans la réalité de ces exploitations et de ce territoire où 90% du colza est traité, en parallèle, il peut d'une part offrir des ressources bénéfiques au développement des colonies d'abeilles domestiques et une production de miel de colza (Requier et al., 2015 ; cf. projet BEETRIP <https://www.ada-aura.org/parcours-de-transhumance-projet-beetrip-2016-2018/resultats/>), et d'autre part nous savons que cette espèce est attractive pour les insectes pollinisateurs (Rollin et al., 2013; Bailey et al., 2014). Cette situation initiale constitue donc un bon modèle pour suivre dans quelle mesure l'application d'horaires d'exclusion permettra d'améliorer la situation des insectes pollinisateurs. Considérant que la situation pourrait être acceptable et compatible avec une activité des abeilles, ceci peut conduire à revisiter la limite de la réflexion à l'échelle du mois. Ceci sera testé plus loin dans ce rapport.

Cas particulier d'une culture traitée particulièrement attractive comme le colza

Le cadre de la saisine, la proposition réservée à des couverts compensateurs implantés sur la surface agricole utile (SAU), mais aussi le pas de temps choisi (1 mois) pour prendre en compte la synchronisation de la floraison d'une culture et d'un couvert, ne permettent pas de considérer l'effet compensateur d'une culture qui puisse être traitée préalablement dans un délai respectable.

Or une culture pollinifère et / ou nectarifère, sans application d'un produit phytosanitaire pourrait jouer ce rôle de compensation à la condition d'avoir une floraison synchrone avec la culture destinée à être protégée par un produit phytosanitaire.

Le colza est une culture très nectarifère et très pollinifère avec un important indice de floribondité, et donc un potentiel d'attractivité très important. Par ces caractéristiques d'attractivité et comme cité précédemment, il est impossible d'alléger les conditions d'utilisation des produits phytosanitaires bénéficiant de la dérogation « floraison » en période de floraison sur cette culture. En effet aucun moyen de compensation ne semble être efficace face à la forte attractivité de cette culture.

Cependant, ces caractéristiques d'attractivité font également du colza une culture de premier ordre dans l'alimentation des abeilles domestiques et sauvages tant en nectar qu'en pollen (Rollin et al., 2013 ; Bailey et al., 2014 ; Requier et al., 2015).

Sachant que l'on raisonne ici en l'absence de traitements de semences, en dehors de l'exposition directe des abeilles qui peut avoir lieu le jour du traitement, il est possible de fixer arbitrairement une période post traitement qui permette d'écartier tout risque de rémanence (par exemple une période

de 6 jours). Cette période pourrait être fixée, de manière conservatoire, par une analyse du processus de rémanence qui dépend des caractéristiques des molécules et des conditions météorologiques. En prenant ces précautions, la parcelle de colza peut représenter un couvert assurant ce rôle de compensation et permettrait de déroger aux heures imposées par le projet d'arrêté pour la protection à floraison d'une autre culture. Ainsi et pendant la floraison de la culture de colza, cette mesure pourrait concerner les applications réalisées en floraison sur les cultures de pois, de lin ou de lupin. Cette possibilité se limite aux cultivars d'hiver, du fait de leur floraison précoce (floraison de fin avril à fin mai). Ce principe est décrit en figure 1.

Par exemple, si le colza reçoit un traitement fongicide au début du mois d'avril, une semaine après le début de la floraison, et qu'aucun traitement n'est effectué en mai, alors le colza devient une surface de compensation au cours du mois de mai. Il devient alors une surface qui compense l'application d'un fongicide sur le pois et permet de déroger aux horaires de traitement sur le pois protéagineux.

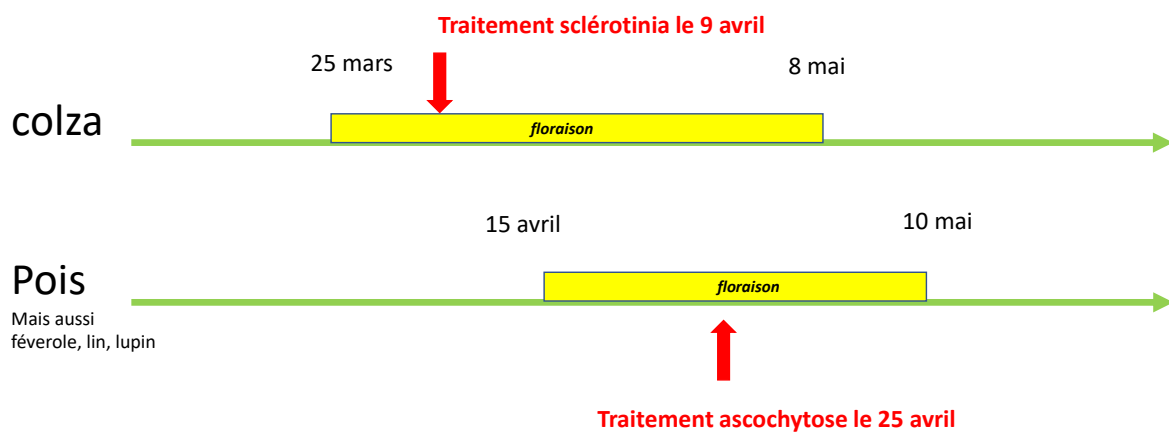


Figure 1 : principe de compensation à base d'une culture de colza. Dans cet exemple, la culture de colza devient une culture de compensation le 25 avril, lors du traitement du pois contre l'ascochytose, soit 16 jours après le dernier traitement fongicide sur colza.

Pour la prise en compte de la simultanéité des floraisons entre culture à traiter et couvert compensateur, ce principe obligerait à modifier le pas de temps considéré jusqu'à présent dans ce document. Des périodes de 7 jours permettraient d'affiner suffisamment le grain de l'analyse, mais il peut être choisi de retenir une période de 14 jours pour plus de facilité de gestion et de contrôle.

A l'échelle d'une exploitation ou du territoire, cette proposition opérationnelle et contrôlable (les dates de traitements phytosanitaires et les dates de début et de fin de floraison des cultures sont enregistrées dans le cahier d'enregistrement ou dans le logiciel de traçabilité, type MESPARCELLES) présente l'avantage d'objectiver la place d'une espèce cultivée attractive dans la ressource alimentaire des pollinisateurs et de ne pas la considérer uniquement comme une source de nuisance pour les abeilles pendant toute sa durée de floraison. L'analyse par période de 2 semaines conduit à une nouvelle lecture sur le territoire R2D2 présenté en tableau 7.

	1-15 mars	15-31 mars	1-15 avril	15-30 Avril	1-15 mai	15-31 mai	1-15 juin	15-30 juin
Culture								
Avoine								
Blé								
Chanvre							6	6
Colza			-1854	1854	1854			
Escourgeon								
Luzerne							824	824
Orge de printemps								
Pois Chiche								
Tournesol								
Triticale								
Pois				-236	236			
Orge d'hiver								
Trèfle incarnat			125	125	125	125	125	
Non renseigné								
Mélange R2D2							65	65
TOTAL	0	0	-1729	1743	2215	125	1020	895

Tableau 7 : Scores calculés sur une période de 14 jours à l'échelle du territoire R2D2. Une seule protection fongicide en colza contre le sclérotinia et alternaria, deux protections possibles en pois d'hiver contre ascohytose.

Le passage du rouge au vert dépend vraiment de la période pendant laquelle chaque pesticide reste actif (sur la plante, dans le sol et dans les eaux de ruissellement). C'est à examiner au cas par cas pour chaque pesticide. C'est un point crucial pour la pertinence de cette proposition. Si la proposition est suivie, il faudra travailler ce point.

Dès lors, sur la culture du pois, il est possible de déroger aux horaires de traitement du 15 avril au 15 mai. Par contre, durant la fin de la floraison du pois (15 – 31 mai), il n'est plus possible de déroger, si un traitement fongicide s'avérait nécessaire.

6. Discussion

Compte-tenu de la biologie des insectes et des plantes, peut-on compenser ?

Les mesures consistant à réserver une partie de la surface agricole utile pour installer des couverts végétaux dans le but d'assurer un bol de nourriture minimal pour les pollinisateurs sont efficaces. Ce principe a été repris ici pour imaginer une modalité de compensation permettant d'éloigner les insectes pollinisateurs des surfaces traitées au cours de la floraison et donc de déroger aux horaires d'exclusion de traitement.

- Il est possible, théoriquement, que des couverts mellifères puissent permettre d'alléger les conditions d'utilisation des produits phytosanitaires bénéficiant de la dérogation « floraison » en période de floraison. Pour cela, il faut que ces couverts mellifères soient plus attractifs que la culture traitée de telle sorte que les insectes pollinisateurs se concentrent uniquement sur les couverts mellifères. Cela est peut-être possible avec des cultures très attractives utilisées en compensation comme le colza (non traité) ou la phacélie, mais les capacités des abeilles à optimiser les ressources ne vont pas dans le sens d'une migration totale vers la culture compensatoire. Nous n'avons pas trouvé de travaux scientifiques sur ce sujet, et ces hypothèses souffrent actuellement d'un manque de

résultats issus d'expérimentation. Par ailleurs, les ressources en nectar et en pollen des couverts végétaux en fleur adjacents aux parcelles traitées peuvent être contaminées par des résidus de pesticides entraînant un risque d'exposition des pollinisateurs. Il faudrait donc tester ces possibilités à travers quelques espèces florales et sur des abeilles domestiques, des abeilles sauvages et d'autres pollinisateurs. Cette méthode vise à épargner une majorité des pollinisateurs, mais il est clair que les espèces non sociales restent beaucoup plus vulnérables que les espèces sociales.

- La surface de compensation dépend directement du potentiel attractif de l'espèce végétale de compensation. Nous proposons que les surfaces de compensation soient fleuries en même temps que les surfaces à compenser. Plus les surfaces seront proches, voire contiguës, plus l'effet sera fort. Toutefois, il semble difficile et peu opérationnel d'intégrer la distance entre surfaces dans un calcul de compensation.
- Il existe des couverts mellifères ou mélanges favorisant les plantes messicoles favorables aux abeilles domestiques et aux insectes pollinisateurs sauvages, une liste non exhaustive est proposée en annexe 2. Parmi ces espèces végétales, certaines sont dépendantes et d'autres non de traitements phytopharmaceutiques, et permettent de garantir une floraison simultanée avec la floraison des cultures productives traitées, une attractivité significative et une production de pollen et de nectar satisfaisante au regard des besoins des populations d'abeilles domestiques et de pollinisateurs sauvages.

La plupart des pollinisateurs ont un comportement opportuniste vis-à-vis des plantes attractives (sauf environ un tiers des abeilles sauvages qui se sont spécialisées sur certaines espèces végétales sauvages). Certains, comme l'abeille domestique, ont une stratégie très élaborée pour optimiser leur butinage dans un rayon de plusieurs kilomètres et donc se répandre sur différentes espèces florales en fonction de leur attractivité ; d'autres, comme certaines abeilles sociales, butinent dans un rayon de quelques centaines de mètres maximum avec des stratégies plus ou moins opportunistes, puisque certaines espèces peuvent être inféodées à une seule espèce végétale (Rollin, 2018). Il n'est pas possible d'imaginer un mécanisme de compensation intégrant les différences de comportement entre espèces pollinisatrices, la présence et l'abondance des différentes espèces n'étant pas connues a priori dans chaque territoire d'intervention.

Les bénéfices de l'implantation de cultures mellifères pour les pollinisateurs ont été objectivés en annexe 2 qui estime le potentiel mellifère de 67 espèces florales.

Une surface est capable de détourner les abeilles et les insectes pollinisateurs d'une culture agricole si son potentiel d'attractivité est supérieur à celui de la culture traitée. Nous proposons une méthode pour calculer ce potentiel et caractériser les espèces végétales afin de les classer au regard de leur attractivité, ceci reposant sur une connaissance de la biologie des insectes concernés et sur celle du niveau d'attractivité de cultures de compensation non traitées proposées. Le potentiel d'attractivité peut être attaché à la surface cultivée pour établir un score utilisé comme outil de décision, comme nous l'avons montré dans les exemples ci-dessus. Cependant, aucun travail scientifique ne précise l'écart de score nécessaire ou suffisant pour qu'une culture de compensation puisse attirer la plus grande partie des pollinisateurs.

Quelle règle pour déroger aux horaires d'exclusion ?

Dès lors, compte-tenu de ces spécificités, comment définir une règle permettant d'envisager des dérogations ? Plusieurs options ont été discutées au cours de ce travail.

Une option actuellement débattue serait d'aboutir à des règles de décisions différenciées par culture. Pour cela, des données sont disponibles pour attribuer aux plantes cultivées un degré de fréquentation par l'abeille mellifère (score d'attractivité, potentiel mellifère et pollinifère). Cette option a des limites pour décliner les recommandations d'usage des pesticides par culture à titre générique sur l'ensemble des conditions, pour les raisons suivantes :

- le degré de fréquentation des cultures n'est pas documenté pour l'ensemble des abeilles sauvages ;
- de multiples facteurs (autres que ceux liés à l'abeille elle-même) vont moduler cette fréquentation par les abeilles (variété, pédo-climat, conduite des cultures, état de santé des abeilles, présence d'autres floraisons, d'autres pollinisateurs ou de bioagresseurs...);
- la flore sauvage présente dans les parcelles cultivées ou à proximité de celles-ci représente également une voie d'exposition des abeilles, mellifères ou sauvages, aux pesticides ;
- concernant les abeilles sauvages, les espèces terricoles peuvent nidifier dans les parcelles agricoles ;
- aucune règle, vraie pour l'ensemble des cultures et des espèces d'abeilles, n'est aujourd'hui établie sur la distribution spatiale des butineuses au sein des parcelles.

Cela rendrait caduque une règle de décision du traitement qui serait fonction de la surface à traiter (par exemple, « ne pas traiter les x rangs de la culture en fleurs »).

Une seconde option qui a été avancée serait d'employer des critères d'ordre météorologique (par exemple, « traiter si la température est inférieure à x °C »). Si la température reste le paramètre météorologique qui explique une grande part de la variabilité de l'activité de butinage des abeilles, la notion de « températures seuils » au-delà desquelles cette activité serait absente est mise à mal par l'influence significative d'autres facteurs liés aux abeilles elles-mêmes (espèce, santé, cycle de développement) ou liés à la luminosité, au vent, à l'environnement (qualité, quantité et localisation des ressources), à la période de l'année (durée d'ensoleillement) et à l'instant de la journée (e.g., Danka et al., 2006 ; Burrill et Dietz, 1981). Notre état des connaissances n'est pas suffisant à ce jour pour définir des règles de décision qui combindraient l'ensemble de ces paramètres (Decourtye et al., 2016). Pour ces raisons, des règles de décision basées sur des critères météorologiques nous semblent inappropriés.

La dernière option, retenue et proposée ici, consiste à détourner les insectes pollinisateurs en offrant un couvert végétal situé à proximité de la parcelle traitée et ayant une attractivité supérieure à la culture traitée, la surface de ce couvert prenant en compte d'une part la surface de la culture traitée et d'autre part l'écart d'attractivité. Plus cet écart est grand, plus la surface physique du couvert de compensation peut être réduite.

Ce système de calcul repose également sur la synchronie des floraisons et peut donc être appliquée tout au long de l'année.

Ce système permet également une comptabilité des scores au long de l'année. En effet, plus le total d'attractivité, hors traitement, sera élevé, plus le service apporté aux insectes pollinisateurs sera important.

A quelle échelle peut-on appliquer cette règle ?

Le niveau d'organisation où ces rapports de surface pourraient être appliqués sont la parcelle (traitée et de compensation), l'exploitation agricole, et potentiellement des regroupements d'agriculteurs, tels

les GIEE. Pour pouvoir décider de déroger aux horaires d'exclusion, les seuls niveaux possibles et permettant une procédure de gestion et de contrôle, sont i) l'exploitation agricole et ii) un groupe d'exploitations contiguës. Si les exploitations ne sont pas contiguës ou que l'ensemble s'étend sur des surfaces géographiques trop larges, alors la réalité de l'effet disparaît. L'échelle exploitation semble donc l'échelle la plus pertinente, permettant à chaque agriculteur de gérer ses propres choix, en matière d'assolement et de pratiques de protection des cultures.

Réfléchir la question des insectes pollinisateurs au-delà de la seule exclusion

La prise en compte du paysage dans son ensemble ainsi que l'intérêt des cultures pour les abeilles en termes de santé et d'alimentation (apport de pollen et de nectar), qui constitue un bénéfice notable apporté par les cultures comme le tournesol et le colza pour les insectes pollinisateurs, ont été évoqués. On ne peut pas compenser un problème de traitement par un bénéfice décalé, c'est-à-dire par la floraison d'une culture ou d'un couvert désynchronisé de la culture traitée. Néanmoins, les bénéfices sur l'année existent mais, et il faudrait les documenter davantage.

7. Recommandations :

1. La possibilité de dérogation à l'interdiction d'utilisation des fongicides et herbicides durant la floraison des cultures s'appuie sur l'existence d'une ressource florale plus attractive que la culture traitée à floraison.
2. L'évaluation de l'attractivité d'une culture peut se faire en estimant les ressources en nectar et en pollen ainsi que la floribondité des fleurs de la culture (chacun de ces trois caractères varie de 0 à 3) selon un calcul simple : (ressource nectar + ressource pollen) * floribondité. Dans notre proposition, l'échelle varie de 0 à 18. Il est possible de placer les différentes cultures et couverts végétaux sur ce curseur. Le calcul est facilité par l'utilisation d'un tableur de type EXCEL.
3. Il faut qu'il y ait synchronie entre la floraison de la culture traitée et celles des cultures et couverts de compensation (non traitée) à floraison.
4. Les SIE, linéaires et boisées peuvent être intégrées à cette démarche de compensation (Cf : PAC et autres démarches gouvernementales). Une règle d'évaluation et d'équivalence de la surface compensatoire reste à établir pour ces infrastructures agro-écologiques.
5. L'attractivité d'un mélange d'espèces est égale à la moyenne des attractivités des espèces qui le composent. Il faut raisonner ici en termes de densité d'une espèce florale.
6. Un indice de la surface de compensation, intégrant l'attractivité de chaque culture, doit être supérieur à celui de la culture à compenser.

7. La surface physique de compensation est proportionnelle à la surface traitée, pondérée des écarts d'attractivité.
8. Le pas de temps concerné est le mois (important pour la synchronie de compensation). Il est possible d'envisager de ramener ce pas de temps à des périodes de 2 semaines.
9. Il faut intégrer l'incertitude vis-à-vis de l'attractivité (ressource en nectar, pollen et floribondité) de la culture, comme ce peut être le cas pour les plantes de service. Il faut également intégrer les décalages interannuels dans les périodes de floraison dans le cas d'espèces de service dont la phénologie serait très sensible à la température.
10. L'évaluation doit être réalisée préférentiellement au niveau de l'exploitation ou du groupe d'exploitation (GIEE) uniquement si les surfaces concernées sont contiguës.
11. Le colza est identifié comme une culture difficilement compensable car il est dans la catégorie des cultures les plus attractives pour les pollinisateurs. Cette situation doit stimuler la recherche de solutions alternatives à l'usage de produits phytosanitaires pour cette culture.
12. Le suivi longitudinal pluri-annuel des ratios de compensation pourrait être un indicateur des services offerts par les systèmes agricoles à la préservation des pollinisateurs et constituer un élément de pilotage pour l'agriculteur. L'objectif est de réussir la transition écologique de l'agriculture à l'échelle des exploitations, en visant la réduction progressive puis l'arrêt d'usage des produits phytosanitaires pour chaque culture, et ce dès que possible.
13. Il est important de poursuivre les travaux scientifiques et techniques pour consolider cette proposition. Il s'agit notamment de :
 - a. préciser les valeurs des ressources nectar et pollen et la floribondité des différentes espèces, y compris pour des espèces non prises en compte dans ce travail ;
 - b. préciser la valeur que l'on peut attribuer à un couvert comportant des espèces végétales ayant différentes attractivités ;
 - c. préciser s'il est pertinent d'intégrer des différences entre variétés ;
 - d. préciser la période après traitement où une espèce florifère qui a été traitée deviendrait surface de compensation ;
 - e. préciser l'échelle spatiale et organisationnelle à laquelle il est pertinent d'appliquer cette règle de compensation.
 - f. Poursuivre et renforcer la recherche de solutions alternatives à l'usage des produits phytosanitaires culture par culture.

Lexique

GIEE : Groupement d'intérêt économique et environnemental

PAC : Politique agricole commune

Plantes de service : Plantes compagnes, cultures dérobées, couverts pièges à nitrates, engrais vert... Elles ne sont pas considérées comme des « cultures » au sens de culture principale de la rotation ; leur rôle est de fournir à la culture principale, ou à la parcelle, un ou plusieurs services écosystémiques.

Plantes mellifères : Plantes pollinisées par les abeilles domestiques permettant la production de miel (et l'alimentation de ces ruches).

Plantes nectarifères et/ou pollinifères : Plantes pollinisées par les abeilles sauvages se nourrissant du nectar et/ou du pollen.

SAU : surface agricole utile

Séquence ERC : séquence Eviter-Réduire-Compenser

SFN : Solutions Fondées sur la Nature

SIE : surfaces d'intérêt écologique

Système de culture : l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles cultivées de manière identique. Chaque système se définit par : i) la nature des cultures et leur ordre de succession, ii) les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés. »

ZNT : zones non traitées en bordure des parcelles.

Références bibliographiques

- Atlagic J., Joksimovic J., Sakac Z., Miklic V., Dusanic N., 2003. Mode of inheritance and heritability of disc flower corolla length and nectar content in sunflower. *Genetika* 35, 1, 59-65.
- Bailey S., Requier F., Nusillard B., Roberts S.P., Potts S.G., Bouget C., 2014. Distance from forest edge affects bee pollinators in oilseed rape fields. *Ecology and evolution*, 4(4), 370-380.
- Bernal J., Garrido-Bailón E., Del Nozal M.J., González- Porto A.V., Martín-Hernández R., Diego J.C., Jiménez J.J., Bernal J.L., Higes M., 2010. Overview of pesticide residues in stored pollen and their potential effect on bee colony (*Apis mellifera*) losses in Spain. *Journal of Economic Entomology* 103, 1964–1971.
- Botías C., David A., Hill E.M., Goulson D., 2016. Contamination of wild plants near neonicotinoid seed-treated crops, and implications for non-target insects. *Science of the Total Environment*, 566, 269-278.
- Botías C., Basley K., Nicholls E., Goulson D., 2019. Impact of pesticide use on the flora and fauna of field margins and hedgerows. *The Ecology of Hedgerows and Field Margins*, 90-109.
- Burrill R.M., Dietz A., 1981. The response of honey bees to variation in solar radiation and temperature. *Apidologie* 12, 319-328
- Cambecèdes J., Largier G., Lombard A., 2012. Plan national d'actions en faveur des plantes messicoles. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées – Fédération des Conservatoires botaniques nationaux – Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. 242p.
- Cerrutti N., Pontet C., 2016. Differential attractiveness of sunflower cultivars to the honeybee *Apis mellifera* L. *OCL* 23, 2 D204.
- Chauzat M.P. Faucon, J. P., Martel, A. C., Lachaize, J., Cougoule, N., & Aubert, M. 2006. A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. *Journal of Economic Entomology* 99, 253-262
- Chauzat M.P. Carpentier, P., Martel, A. C., Bougeard, S., Cougoule, N., Porta, P., Lachaize, J., Madec, F., Aubert, M. and Faucon, J. P., 2009. Influence of Pesticide Residues on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Health in France. *Environmental Entomology* 38, 514-523
- Cnaani J., Thomson J.D., Papaj D.R., 2006. Flower Choice and Learning in Foraging Bumblebees: Effects of Variation in Nectar Volume and Concentration. *Ethology* 112, 3, 278-285.
- Cook S.M., Awmack C.S., Murray D.A., Williams I.H., 2003. Are honey bees' foraging preferences affected by pollen amino acid composition? *Ecological Entomology* 28, 5, 622-627.
- Corbet S.A., Fussell M., Ake R., Fraser A., Gunson C., Savage A., Smith K., 1993. Temperature and the pollinating activity of social bees. *Ecological Entomology* 18, 17–30.
- Danka R.G., Sylvester H.A., Boykin D., 2006. Environmental influences on flight activity of USDA-ARS Russian and Italian stocks of honey bees (Hymenoptera: Apidae) during almond pollination. *J. Econ. Entomol.* 99: 1565–1570.
- Decourtye A., Vidau C., Rollin O., Requier F., Rüger C., Allier F., Le Féon V., Kretzschmar A., Devillers J., Henry M., Odoux J.F., 2016. Fréquentation par les abeilles des parcelles agricoles cultivées : données pour un usage moins dangereux des pesticides. *Le courrier de l'environnement de l'INRA*. 66, 59-68.

- Di Pasquale G., Decourtye A., Alaux C., 2018. L'alimentation, le meilleur médicament pour l'abeille. Dans « Les abeilles, des ouvrières agricoles à protéger », A. Decourtye, La France Agricole, 295 pp.
- Esch H., Burns, J., 1996. Distance estimation by foraging honeybees. *The Journal of experimental biology*, 199, 1, 155-162.
- Farjon G., Krikeb O., Hillel A.B., Alchanatis V., 2019. Detection and counting of flowers on apple trees for better chemical thinning decisions. *Precision Agriculture* 21, 503-521.
- von Frisch K., 1965. *Le langage de la danse et l'orientation des abeilles* [« Tanzsprache und Orientierung der Bienen »], Berlin, Springer Verlag.
- Frisch K.V., 1967. *The dance language and orientation of bees*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gathmann A., Tschardt T., 2002. Foraging ranges solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71, 757-764.
- Ghini S., Fernández M., Picó Y., Marín R., Fini F., Mañes J., Girotti S., 2004. Occurrence and distribution of pesticides in the province of Bologna, Italy, using honeybees as bioindicators. *Arch Environ Contam Toxicol.* 47(4):479-88.
- Greenleaf S.S., Williams N.M., Winfree R., Kremen C., 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* 153, 589-596. DOI10.1007/s00442-007-0752-9
- Heinrich B., 1979. Keeping a cool head - honeybee thermoregulation. *Science* 205, 4412,1269-1271
- Henry M., Fröchen M., Maillet-Mezeray J., Breysse E., Allier F., Odoux J.-F., Decourtye A., 2012. Spatial autocorrelation in honeybee foraging activity reveals optimal focus scale for predicting agro-environmental scheme efficiency. *Ecological Modelling* 225, 103-114.
- Herrera C.M., 1990. Daily patterns of pollinator activity, differential pollinating effectiveness, and floral resource availability, in a summer-flowering Mediterranean shrub. *Oikos* 58, 277–288.
- Ion N., Odoux J.-F., Vaissière B.E., 2018. Melliferous potential of weedy herbaceous plants in the crop fields of Romania from 1949 to 2012. *Journal of Apicultural Science* 62 (2), 1-17.
- Janssens X., Bruneau E., Lebrun P., 2006. Prédiction des potentialités de production de miel à l'échelle d'un rucher au moyen d'un système d'information géographique. *Apidologie* 37, 351–365.
- Joshi N.C., Joshi P.C., 2010. Foraging behaviour of *Apis* spp. on apple flowers in a subtropical environment. *N Y Sci J* 3, 71–76.
- Klein S., Pasquarea C., He X.J., Perry C., Sovik E., Devaud J.M., Barron A.B., Lihoreau M., 2019. Honey bees increase their foraging performance and frequency of pollen trips through experience. *Scientific Reports* 9, 10, doi:10.1038/s41598-019-42677-x.
- Koltowski Z., 2006. *Honey potential of plants growing under Poland conditions*. Poland: Pulawy.
- Lambert O, Piroux M, Puyo S, Thorin C, L'Hostis M, Wiest L, Delbac, F. and Pouliquen, H., 2013. Widespread occurrence of chemical residues in beehive matrices from apiaries located in different landscapes of Western France. *PLoS ONE* 8(6): e67007. doi: 10.1371/journal.pone.0067007.
- Lundberg H., 1980. Effects of weather on foraging flights of bumblebees (Hymenoptera, Apidae) in a subalpine/alpine area. *Holarctic Ecol.* 3: 104–110.

- Menzel R., Greggers, U., Smith, A., Berger, S., Brandt, R., Brunke, S., Bundrock, G., Hulse, S., Plumpe, T., Schaupp, F., Schuttler, E., Stach, S., Stindt, J., Stollhoff, N. and Watzl, S., 2005. Honey bees navigate according to a map-like spatial memory. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102, 3040–3045. (doi:10.1073/pnas.0408550102)
- Menzel R., Kirbach, A., Haass, W. D., Fischer, B., Fuchs, J., Koblöfsky, M., Lehmann, K., Reiter, L., Meyer, H., Nguyen, H., Jones, S., Norton, P. and Greggers, U., 2011. A common frame of reference for learned and communicated vectors in honeybee navigation. *Curr. Biol.* 21, 645–650. (doi:10.1016/j.cub.2011.02.039)
- Mullin C.A., Frazier M., Frazier J.L., Ashcraft S., Simonds R., vanEngelsdorp D., Pettis J.S., 2010. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: Implications for honey bee health. *PLoS ONE* 5(3):e9754. doi:10.1371/journal.pone.0009754.
- Peterson J.H., Roitberg B.D., 2006. Impacts of flight distance on sex ratio and resource allocation to offspring in the leafcutterbee, *Megachile rotundata*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59, 589-596.
- Prado A., Pioz M., Vidau C., Requier F., Jury M., Crauser D., Brunet J. L., Le Conte Y., Alaux C., 2019. Exposure to pollen-bound pesticide mixtures induces longer-lived but less efficient honey bees. *Science of the Total Environment* 650, 1250-1260.
- Requier F., 2013. Dynamique spatio-temporelle des ressources florales et écologie de l'abeille domestique en paysage agricole intensif. Thèse de doctorat en Biologie de l'environnement, des populations, écologie. Université de Poitiers.
- Requier F., Odoux J. F., Tamic T., Moreau N., Henry M., Decourtye A., Bretagnolle V., 2015. Honey bee diet in intensive farmland habitats reveals an unexpectedly high flower richness and a major role of weeds. *Ecological Applications*, 25, 4, 881-890.
- Requier F., Odoux J. F., Henry M., Bretagnolle V., 2017. The carry-over effects of pollen shortage decrease the survival of honeybee colonies in farmlands. *Journal of Applied Ecology* 54, 4, 1161-1170.
- Rhoné F., Odoux J-F., 2018. La disponibilité des ressources alimentaires pour l'abeille domestique en zones de grandes cultures. Dans « Les abeilles, des ouvrières agricoles à protéger », A. Decourtye, La France Agricole, 295 pp.
- Ricou C., Schneller C., Amiaud B., Plantureux S., Bockstaller C., 2014. A vegetation-based indicator to assess the pollination value of field margin flora. *Ecological Indicators* 45, 320–331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.03.022>
- Rollin O., Bretagnolle V., Decourtye A., Aptel J., Michel N., Vaissière B., Henry M., 2013. Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 179, 78-86.
- Rollin O., Bretagnolle V., Fortel L., Guilbaud L., Henry M., 2015. "Habitat, spatial and temporal drivers of diversity patterns in a wild bee assemblage." *Biodiversity and Conservation* 24, 5, 1195-1214.
- Rollin O., 2018. L'habitat des abeilles. Dans « Les abeilles, des ouvrières agricoles à protéger », A. Decourtye, La France Agricole, 295 pp.
- Sebillotte M., 1990. Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In : L. Combe et D. Picard coord., *Les systèmes de culture*. Inra, Versailles : 165-196

- Seeley T.D., Camazine S., Sneyd J., 1991. Collective Decision-Making in Honey-Bees - How Colonies Choose among Nectar Sources. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 28, 277-290.
- Sirami C., Gross, N., Baillod, A. B., Bertrand, C., Carrie, R., Hass, A., Henckel, L., Miguet, P., Vuillot, C., Alignier, A., Girard, J., Batary, P., Clough, Y., Violle, C., Giralt, D., Bota, G., Badenhausser, I., Lefebvre, G., Gauffre, B., Vialatte, A., Calatayud, F., Gil-Tena, A., Tischendorf, L., Mitchell, S., Lindsay, K., Georges, R., Hilaire, S., Recasens, J., Sole-Senan, X. O., Robleno, I., Bosch, J., Barrientos, J. A., Ricarte, A., Marcos-Garcia, M. A., Minano, J., Mathevet, R., Gibon, A., Baudry, J., Balent, G., Poulin, B., Burel, F., Tscharntke, T., Bretagnolle, V., Siriwardena, G., Ouin, A., Brotons, L., Martin, J. L. and Fahrig, L., 2019. Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *PNAS* 116, 16442-16447
- Steffan-Dewenter I., Kuhn A., 2003. Honeybee foraging in differentially structured landscapes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 270, 1515, 569-575.
- Stone G.N., 1994. Activity patterns of females of the solitary bee *Anthophora plumipes* in relation to temperature, nectar supplies and body size. *Ecological Entomology* 19, 177-189.
- Stone G.N., Willmer P.G., 1989. Warm-up rates and body temperature in bees; the importance of body-size, thermal regime and phylogeny. *J. Exp. Biol.* 147, 303-328.
- Tan K., Yang S., Wang Z., Radloff S.E., Oldroyd B.P., 2012. Differences in foraging and broodnest temperature in the honey bees *Apis cerana* and *A. mellifera*. *Apidologie* 43, 618-623.
- Tepedino V.J., Parker F.D., 1982. Interspecific Differences in the Relative Importance of Pollen and Nectar to Bee Species Foraging on Sunflowers. *Environmental Entomology* 11, 1, 246-250.
- Varah A., Jones H., Smith J., Potts S.G., 2020. Temperate agroforestry systems provide greater pollination service than monoculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 301, 107031 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107031>
- Vidau C., 2015. Exposition des colonies d'abeille aux pesticides. In: Actes des 3e Journées de la recherche apicole (Paris).
- Visscher P.K., Seeley T.D., 1982. Foraging strategy of honeybee colonies in a temperate deciduous forest. *Ecology* 63, 6, 1790-1801.
- Zhang C., Craine W.A., McGee R.J., Vandemark G.J., Davis J.B., Brown J., Hulbert S.H., Sankaran S., 2020. Image-Based Phenotyping of Flowering Intensity in Cool-Season Crops. *Sensors* 20, 5, 1450.
- Zurbuchen A., Landert L., Klaiber J., Müller A., Hein S., Dorn S., 2010. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation* 143, 669-676 (doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.003)

Documents accessibles en ligne :

Liste des plantes attractives pour les abeilles : <https://agriculture.gouv.fr/decouvrez-la-liste-des-plantes-attractives-pour-les-abeilles>

Attractiveness of agricultural crops to pollinating bees for the collection of nectar and/or pollen : https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/OPMP/Attractiveness%20of%20Agriculture%20Crop%20to%20Pollinating%20Bees%20Report-FINAL_Web%20Version_Jan%202018.pdf

Annexe 1 : Tableau des espèces agricoles concernées par les traitements phytosanitaires au cours de la floraison et attractivité vis-à-vis des pollinisateurs.

Pollinisateurs - Espèces agricoles concernées par les traitements phytosanitaires en cours de floraison

Instituts Techniques	Cultures	Nb ha cultivés en France (2019)	Date de floraison	Attractivité en floraison			bioagresseurs visés (hors insectes)	Produits de traitements utilisés (hors insecticides). Liste non exhaustive. En minuscules: famille ou matière active. En MAJUSCULES: produits commerciaux.
				Abeilles domestiques	Bombus	Abeilles sauvages		
Terres Inovia	Colza	1 113 497	Avril-Mai	oui +++	oui Bombus terrestres principalement	oui Andrenes, halictes	sclérotinia, alternaria, mycosphaerella, oidium	fongicides
Terres Inovia	Pois protéagineux	228 000	Avril-Juin	oui, faiblement attractif	oui	oui mégachiles, xylocopes	ascochytose, rouille, oidium	fongicides
Terres Inovia	féverole	76 235	Avril-Juin	oui +	Bomus terrestres principalement	oui Eucères	botrytis, ascochytose	fongicides
Terres Inovia	lupin	5 866	Avril-Juin	oui, faiblement attractif	oui	oui Andrenes, halictes	ascochytose, rouille, botrytis	fongicides
Terres Inovia	pois-chiche	37 000	mai	oui, faiblement attractif			ascochytose	fongicides
FNAMS	Luzerne semences	22718	Juin-juillet	Oui	Oui	oui	rouille, phoma, pseudopeziza	Fongicides : azoxystrobine, tebuconazole, difenoconazole, metconazole
FNAMS	Vesces semences	2193	Juin-juillet	Oui	Oui	Oui mais moins important	ascochyta, botrytis	azoxystrobine, metconazole
FNAMS	Pois fourrager semences	2801	mai-juin	peu attractif, différent du pois potager	peu attractif, différent du pois potager	peu attractif, différent du pois potager	anthracnose, botrytis	AMISTAR, PROSARO, SCALA
FNAMS	Ciboule semences	5	Mai-Juillet	Oui	Oui	Oui	mildiou, botrytis	Fongicide : ZAMPRO MAX, AMISTAR, SIGNUM, OPTIMO TECH, ACROBAT MDG, TELDOR,
FNAMS	Ciboulette semences	1	Mai-Juillet	Oui	Oui	Oui	mildiou, botrytis	Fongicide : ZAMPRO MAX, AMISTAR, SIGNUM, OPTIMO TECH, ACROBAT MDG, TELDOR
FNAMS	Echalion semences	8	Mai-Juillet	Oui	Oui	Oui	mildiou, botrytis	Fongicide : ZAMPRO MAX, AMISTAR, SIGNUM, OPTIMO TECH, ACROBAT MDG, TELDOR, mancozèbe- Insecticide : pas de traitement en
FNAMS	Oignon semences	1990	Mai-Juillet	Oui +++	Oui +++	Oui ++	mildiou, botrytis	Fongicides : ZAMPRO MAX, AMISTAR, SIGNUM, OPTIMO TECH, ACROBAT MDG, TELDOR
FNAMS	Poireau semences	57	Mai-Juillet	Oui +++	Oui +++	Oui ++	rouille, alternaria	AMISTAR, AMISTAR TOP, BALMORA, SCORE
FNAMS	Aneth semences	143	Fin-mai à fin juillet	+	- (rare)	++	phomopsis, oidium	AMISTAR TOP, SIGNUM, SCORE
FNAMS	Carotte semences	1533	Fin-mai à fin juillet	+	- (rare)	++	phomopsis, oidium	AMISTAR TOP, SIGNUM, SCORE
FNAMS	Céleri semences	23	Mai-Juillet	+ (peu attractif pour les abeilles)	- (rare)	++	septoriose, botrytis	AMISTAR TOP, SIGNUM, SCORE, SWITCH, PICTOR PRO
FNAMS	Cerfeuil semences	qq ha	Mai-Juillet	+	- (rare)	++		?
FNAMS	Coriandre semences	1132	Mai-Juillet	+	- (rare)	++	Alternaria	AMISTAR
FNAMS	Fenouil semences	43	Juin-Juillet	+	- (rare)	++	oidium, cercosporium, botrytis	AMISTAR TOP, SIGNUM, SCORE, SWITCH, PICTOR PRO
FNAMS	Panais semences	75	Mai-Juillet	+	- (rare)	++	oidium, septoriose	AMISTAR, AMISTAR TOP, ARMICARB, SCORE
FNAMS	Persil semences	716	Mai-Juillet	+	- (rare)	++	phomopsis, oidium	AMISTAR TOP, SIGNUM, SCORE
FNAMS	Chicorée annuelle semences	11	Juin	Oui	-	Oui	oidium, botrytis	AMISTAR, AMISTAR TOP, SCORE, LUNA SENSATION, ARMICARB
FNAMS	Chicorée bisannuelle semences	420	Mai-Juillet	+++	+++	++	sclerotinia, rouille	AMISTAR, AMISTAR TOP, SIGNUM, PICTOR PRO, trifloxystrobine
FNAMS	Laitue semences	45	Juin	-	-	Oui	mildiou	AMISTAR
FNAMS	Choux semences	145	Avril-Juin	+++	-	+++	alternaria, phoma	SIGNUM, AMISTAR TOP, SCORE, LUNA SENSATION
FNAMS	Navet semences	48	Avril-mai	+++	-	+++	alternaria, sclérotinia	SIGNUM, AMISTAR TOP, SCORE, LUNA SENSATION
FNAMS	Radis semences	472	Juin-Juillet	+++	-	+++	rouille blanche	ZAMPRO MAX, AMISTAR, OPTIMO
FNAMS	Citrouille semences	0,14	Juin-Juillet	+++	+++	++	mildiou, oidium	AMISTAR, ARMICARB, NISSODIUM, SCORE, soufre
FNAMS	Concombre semences	16	Juin-Juillet	+++	+++	++	mildiou, oidium	AMISTAR, ARMICARB, NISSODIUM, SCORE, soufre
FNAMS	Cornichon semences	0,23	Juin-Juillet	+++	+++	++	mildiou, oidium	AMISTAR, ARMICARB, NISSODIUM, SCORE, soufre
FNAMS	Courge, courgette semences	178	Juin-Juillet	+++	+++	++	mildiou, oidium, cladosporiose, maladies à	AMISTAR, AMISTAR TOP, ARMICARB, NISSODIUM, SCORE,
FNAMS	Melon semences	11	Juin-Juillet	+++	+++	++	mildiou, oidium, sclérotinia	AMISTAR, ARMICARB, NISSODIUM, SCORE, soufre
FNAMS	Potiron-Potimarron semences	14	Juin-Juillet	+++	+++	++	mildiou, oidium	AMISTAR, ARMICARB, NISSODIUM, SCORE, soufre
FNAMS	Fève semences	20	mai	+	+++	+++	acochyta, rouille, botrytis	Fongicides : AMISTAR, SIGNUM, SCALA, LUNA SENSATION
FNAMS	Haricot semences	1823	juin, juillet	++	++	+	botrytis, sclerotinia	SIGNUM, LUNA SENSATION, SCALA, SWITCH
FNAMS	Lentille semences	1992	juin	+	+	+	Ascochytose, botrytis, mildiou, rouille brune	Fongicides : AMISTAR, LUNA SENSATION, PROSARO, SCALA
FNAMS	Pois potager semences	4325	mai	++	++	+	botrytis, sclerotinia, mildiou	AMISTAR, SCALA
FNAMS	Mâche semences	420	mars-avril	-	-	-	phoma	SWITCH, SIGNUM, cuivre, PICTOR PRO, SCALA
Arvalis	maïs (traitement très peu fréquent)	est. 20000 /an maxi	juillet	oui pollen			maladies foliaires (heminthosporiose)	Azoxystrobine
Arvalis	maïs doux (sous dérogation)	23000	juillet	oui pollen			maladies foliaires (heminthosporiose, rouille)	Azoxystrobine
Arvalis	Maïs semence, et maïs doux semence sous dérogation	85000	juillet	faible, pollen réduit aux seules plantes mâles (écimage)			maladies foliaires (heminthosporiose, rouille), maladies des épis (fusariose)	Azoxystrobine, tébuconazole, tébuconazole + bromuconazole (m.semence seulement)
Arvalis	pomme de terre	175 000 (hors plants)	(mai)-juin-juillet	non, à confirmer avec observations en 2021	non, à confirmer avec observations en 2021	non, à confirmer avec observations en 2021	maladies foliaires (mildiou, alternaria)	fongicides
Arvalis, Terres Inovia	lin fibre + lin graine	141400 ha	Avril-mai-juin	Très peu visité : la floraison ne dure que quelques heures le matin. Niveau d'attractivité à confirmer avec observations en 2021	Très peu visité : la floraison ne dure que quelques heures le matin. Niveau d'attractivité à confirmer avec observations en 2021	Très peu visité : la floraison ne dure que quelques heures le matin. Niveau d'attractivité à confirmer avec observations en 2021	maladies/verse	fongicides régulateurs (rares à ce stade)

Annexe 2 : Tableau des espèces cultivées, période de floraison et valeur d'attractivité vis-à-vis des pollinisateurs

Famille	Nom scientifique	Nom(s) commun(s)	Type de plante	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Début floraison	Fin floraison	Intérêt Nectar (0 à 3)	Intérêt Pollen (0 à 3)	Indice de confiance	Floribondité (1 à 3) (si donnée non évaluée)	Somme Nectar + Pollen	Potentiel attractivité (Floribondité x Somme nect/pollen)	Attractivité Abeilles Sauvages (Dre de rapors)
GROSSIÈRES	<i>Phytolacca americana</i>	Fabricier commun	Vivace													Février	Avril	1	3	0,00	3	4	12	Grandes abeilles (bourdons, Megachile, ...)
BUTIÈRES	<i>Chrys. spp.</i>	Années	Annuelle / Adrisseau / Liane													Mai	Jun	2	à def	0,00	2	2	4	Divers abeilles sauvages
ARACÉES	<i>Aberthum graveolens</i>	Années	Annuelle / Vivace													Jun	Juillet	1	à def	0,00	1	1	1	Diptères, halictes Grandes abeilles (bourdons, Halictes, megachiles, ...)
ASTÉRACÉES	<i>Onara scolyrus</i>	Falchaut comestible	Annuelle / Vivace													Avril	Mai	1	3	0,00	1	4	4	Grandes abeilles (bourdons, Petites abeilles (halictes, Pentes andrènes, ...))
AMARILLIACÉES	<i>Ocimum basilicum</i>	Basilic	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Juillet	Août	1	à def	0,00	1	1	1	Bourdons, andrènes
BOURNONIACÉES	<i>Bourgo officinale</i>	Bourgo officinale	Annuelle / Vivace													Avril	Septembre	3	1	0,00	2	3	6	Bourdons, andrènes Diptères, halictes Megachile, bourdons, cornes
ARACÉES	<i>Pinguicula vulgaris</i>	Scorille	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Jun	Juillet	1	2	à def	2	4	4	Diptères et divers abeilles
GROSSIÈRES	<i>Rubus spp.</i>	Cassissier, Groselle, Rubus / Adrisseau / Liane	Annuelle / Vivace													Avril	Mai	2	2	0,00	1	4	4	Megachile, bourdons, cornes Diptères et divers abeilles
ARACÉES	<i>Aquilegia vulgaris</i>	Coléri	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Août	Septembre	à def	à def	à def	1	0	0	Divers abeilles sauvages
FRACÉES	<i>Castanea sativa</i>	Châtaignier	Vivace													Jun	Juillet	3	2	0,00	3	5	15	Divers abeilles sauvages (bourdons, halictes, ...)
ASTÉRACÉES	<i>Centaurea jacea</i>	Chicoire annuelle	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Juillet	Octobre	à def	à def	à def	1	0	0	Andrènes, halictes
ASTÉRACÉES	<i>Cichorium</i>	Chicouète	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Juillet	Octobre	à def	à def	à def	1	0	0	Andrènes, halictes
BRASSICACÉES	<i>Brassica oleracea</i>	Choux	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Avril	Juillet	à def	à def	à def	1	0	0	Diptères, halictes
AMARILLIACÉES	<i>Allium fistulosum</i>	Choude	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Mai	Juillet	à def	à def	à def	1	0	0	Pentes abeilles (halictes, Petites andrènes, ...)
AMARILLIACÉES	<i>Allium schoenopras</i>	Choulette	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Mai	Août	à def	à def	à def	1	0	0	Pentes abeilles (halictes, Petites andrènes, ...)
CUCURBITACÉES	<i>Cucurbita pepo</i>	Courbutte	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Juillet	Août	2	à def	0,00	2	2	2	Bourdons, andrènes Grandes abeilles (bourdons, Megachiles, ...)
GROSSIÈRES	<i>Oxalis obliqua</i>	Cograsse	Vivace													Mai	Mai	1	à def	0,00	2	1	2	Diptères et divers abeilles
BRASSICACÉES	<i>Brassica napus</i>	Coza	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Avril	mai	3	3	0,00	3	6	18	Bourdons, andrènes sauvages
CUCURBITACÉES	<i>Cucumis sativus</i>	Concombre	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Juillet	Août	2	1	à def	1	3	3	Bourdons, andrènes
ARACÉES	<i>Corydalis sativum</i>	Corandaire cultivée	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Mai	Juillet	3	à def	0,00	2	3	6	Diptères, halictes
CUCURBITACÉES	<i>Cucumis sativus</i>	Concombre	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Juillet	Août	2	1	à def	1	3	3	Bourdons, andrènes
CUCURBITACÉES	<i>Cucurbita sp.</i>	Courge, courpille	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Jun	Septembre	3	1	à def	1	4	4	Bourdons, andrènes
AMARILLIACÉES	<i>Allium cepa</i>	Echalion	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Mai	Juillet	à def	à def	à def	1	0	0	Diptères, halictes
ARACÉES	<i>Foeniculum vulgare</i>	Fenouil commun	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Jun	Août	2	2	à def	1	4	4	Diptères, halictes
ARACÉES	<i>Vicia faba</i>	Fève	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Jun	Jun	1	à def	à def	1	1	1	Bourdons, andrènes Grandes abeilles (bourdons, Anthophore, Euclype)
ARACÉES	<i>Vicia faba</i>	Fève	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													avril	Jun	3	1	0,00	1	4	4	Divers abeilles sauvages
GROSSIÈRES	<i>Rubus spp.</i>	Francoisier, mures, Années / Adrisseau / Liane	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Mai	Août	3	2	0,00	2	5	10	Divers abeilles sauvages Grandes abeilles (bourdons, xylocops, megachiles, ...)
FRACÉES	<i>Lathyrus sativus</i>	Gesse cultivée, Gesse	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Mai	Septembre	2	à def	0,00	1	2	2	Divers abeilles sauvages
FRACÉES	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Haricot	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Jun	Juillet	à def	à def	à def	1	0	0	Divers abeilles sauvages
ACTINODIACÉES	<i>Adiantum species</i>	Renouée	Annuelle / Adrisseau / Liane													Mai	Jun	à def	1	0,00	1	1	1	Diptères, halictes Grandes abeilles (halictes, andrènes, ...)
ASTÉRACÉES	<i>Lactuca sativa</i>	Salade	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Jun	Juillet	à def	à def	à def	1	0	0	Divers abeilles sauvages
AMARILLIACÉES	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lavande fine, Lavande	Annuelle / Adrisseau / Liane													Jun	Août	3	à def	0,00	3	3	9	Divers abeilles sauvages Petites abeilles (halictes, andrènes, ...)
AMARILLIACÉES	<i>Linum usitatissimum</i>	Lin	Annuelle / Bisannuelle / Vivace													Avril	Mai	0	1	0	1	1	1	Divers abeilles sauvages andrènes, ...)

Ce travail d'expertise a été réalisé à la demande des Ministres en charge de l'Agriculture et de la Transition Écologique.

Pour citer ce document :

Le Conte Y., Allier F., Béguier V., Cerrutti N., Chauvel B., Decourtye A., Duroueix F., Gallois P., Jezequel S., Schatz B., Huyghe C., 2021. *Identification de mesures de compensation pour améliorer la protection des pollinisateurs face aux épandages de produits phytosanitaires pendant la floraison des cultures*. INRAE, 36 pages.

Disponible en ligne : <https://hal.inrae.fr/hal-03719258>

DOI : <https://doi.org/10.17180/7TV7-X316>