



Tester une innovation technique favorable aux abeilles mellifères par des approches participative et expérimentale – Projet InterAPI 1

Fabrice Allier, Cédric Alaux, Pierrick Aupinel, F. Baechler, S. Baron, M. Bezine, V. Boone, C. Cervek, R. Coffion, Florent Decugis, et al.

► To cite this version:

Fabrice Allier, Cédric Alaux, Pierrick Aupinel, F. Baechler, S. Baron, et al.. Tester une innovation technique favorable aux abeilles mellifères par des approches participative et expérimentale – Projet InterAPI 1. *Innovations Agronomiques*, 2017, 55, pp.13-28. 10.15454/1.513774634157859E12 . hal-01606342

HAL Id: hal-01606342

<https://hal.science/hal-01606342>

Submitted on 25 May 2020

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Tester une innovation technique favorable aux abeilles mellifères par des approches participative et expérimentale – Projet InterAPI¹

Allier F.^{1,2}, Alaux C.^{2,10}, Aupinel P.¹⁶, Baechler F.³, Baron S.⁴, Bezine M.⁵, Boone V.⁶, Cervek C.⁷, Coffion R.¹⁴, Decugis F.¹⁰, Decourtye A.^{1,2,8}, Delestra E.⁹, Etienne M.¹¹, Franck R.¹⁴, Gratadou P.¹², Gourrat M.¹, Henry M.^{2,10}, Labreuche J.¹³, Le Bivic P.¹, Le Conte Y.^{2,10}, Lemeur E.¹⁴, Lieven J.¹⁵, Odoux J.-F.¹⁶, Remond P.¹⁷, Tamic T.¹⁶, Tosser V.¹³, Vidau C.^{1,2}

¹ ITSAP, Site Agroparc, Domaine Saint-Paul, CS 40509, 84914 Avignon cedex 9, France

² UMT PrADE, Site Agroparc, Domaine Saint-Paul, CS 40509, 84914 Avignon cedex 9, France

³ Chambre d'agriculture du Loir et Cher CS 1808 - 11-13-15 rue Louis-Joseph Philippe Zone de l'Erigny - 41018 Blois, France

⁴ Chambre d'agriculture du Loiret, 13 avenue des droits de l'Homme - 45921 Orléans Cedex, France

⁵ Chambre d'agriculture d'Eure et Loir, 10, rue Dieudonné-Costes - 28000 Chartres, France

⁶ Coop de France Centre, 1 avenue de Vendôme - BP 1306 - 41013 Blois Cedex, France

⁷ Chambre régionale d'agriculture du Centre, Cité de l'agriculture - 13 avenue des droits de l'Homme - 45921 Orléans cedex 9, France

⁸ ACTA, Site Agroparc, Domaine Saint-Paul, CS 40509, 84914 Avignon cedex 9, France

⁹ Association de développement de l'apiculture du Centre, Cité de l'agriculture - 13, avenue des droits de l'Homme - 45921 Orléans cedex 9, France

¹⁰ INRA, UR406 Abeilles & Environnement - 84914 Avignon cedex 9, France

¹¹ INRA, SAD Ecodev - 84914 Avignon Cedex 9, France

¹² Jouffray-Drillaud, La Cour d'Hénon - 4 avenue de la CEE - 86170 Cisse, France

¹³ ARVALIS-Institut du végétal, 3 rue Joseph et Marie Hackin - 75116 Paris, France

¹⁴ ACTA Informatique, 149 rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12, France

¹⁵ Terres Inovia, 12 avenue George V - 75008 Paris, France

¹⁶ INRA, le Magneraud UE Entomologie, Le Magneraud BP52 - 17700 Surgères, France

¹⁷ EPL La Saussaye, CFPPA La Saussaye - 28630 Sours, France

Correspondance : fabrice.allier@itsap.asso.fr

Résumé

La combinaison de la mortalité et de colonies non productrices en sortie d'hiver est responsable d'un taux de mortalité représentant près d'un tiers du cheptel. Nous nous sommes intéressés aux conditions environnementales des colonies d'abeilles mellifères à cette période cruciale de pré-hivernage. Une solution technique spécifique a été testée pour étudier l'influence de l'environnement sur la période d'hivernage des colonies. C'est grâce à une double approche d'accompagnement des acteurs et expérimentale s'appuyant sur une implication forte des agriculteurs et apiculteurs de la Beauce, que les partenaires du projet InterAPI mettent en évidence l'intérêt d'un aménagement du territoire qui intègre des cultures intermédiaires mellifères (CIM) favorables aux colonies. Ils identifient les espèces candidates et leurs caractéristiques grâce à deux outils d'aide à la gestion de cette interculture.

Mots clés : Abeille mellifère, culture intermédiaire mellifère, innovation technique, accompagnement des acteurs, co-construction

¹ Projet Casdar 1176 (2012-2014) ^{1.1}. Influence de CIPAN produisant du nectar et du pollen en zone de grandes cultures sur la dynamique de colonies d'abeilles domestiques hivernantes. InterAPI est intégré dans le programme de R & D de l'Unité mixte technologique « Protection de l'abeille dans l'environnement » (PrADE) qui fédère les quatre partenaires suivants : ACTA, INRA UR 406 « Abeilles et environnement », ITSAP-Institut de l'abeille, ADAP et Terres Inovia.

Abstract: Testing a technical innovation favourable to honey bees through participatory and experimental approaches – InterAPI Project

The rates of honeybee colony winter losses remain very high describing mortalities and non-producing colonies after wintering represents nearly a third of the producing colonies. We were interested in environmental conditions of honeybee colonies at this crucial time. A technical solution has been tested and specifically to study environment influence on the wintering period of the colonies. Through a dual approach of co-construction and experimental, based on a strong involvement of farmers and beekeepers in Beauce region, partners of InterAPI project highlight the interest of a landscape management which includes melliferous catch crops. They identify candidate species and their characteristics using two tools helping the management of catch crops.

Keywords: honey bee, melliferous catch crops, technical innovation, co-construction

1. Une filière apicole dépendante des espèces végétales cultivées et des infrastructures paysagères agro-écologiques

Les interactions entre apiculture professionnelle et agrosystèmes céréaliers se sont intensifiées à partir des années 80 avec l'augmentation des surfaces en oléo-protéagineux, et en particulier celles dédiées aux cultures de colza et tournesol. Même si les apiculteurs professionnels ont, jusqu'à récemment encore, réalisé une part importante de leur production (70% de la production française) de miel à partir de ces deux cultures - un miel bon marché principalement dédié à l'industrie agro-alimentaire (FranceAgriMer, 2011) -, les relations entre les deux filières n'ont jamais été évidentes.

Les colonies d'abeilles mellifères en milieu céréalier sont extrêmement dépendantes, en qualité et en quantité, de la ressource alimentaire (nectar et pollen) offerte par les cultures de colza et tournesol (Requier et *al.*, 2015 ; Rollin et *al.*, 2013). L'apiculteur se positionne, dans ce fonctionnement, comme un utilisateur de l'assolement présent sur le territoire, sans avoir d'influence, ni sur l'organisation du parcellaire, ni sur la quantité de surface de cultures mellifères ciblées, ni sur les itinéraires techniques associés à ces cultures. Nous assistons par ailleurs depuis trois à quatre décennies à une forte évolution des paysages agricoles de grande culture. Leur organisation est apparue de plus en plus inadaptée au fonctionnement et aux besoins des colonies d'abeilles mellifères en particulier, mais aussi à un ensemble de communautés végétales et animales essentielles au fonctionnement de l'agro-écosystème (van Zanten, 2014). Dans ce contexte fortement dégradé, même si le maintien d'une petite apiculture familiale sédentaire pourrait s'envisager ou s'observe à proximité des villages et d'infrastructures semi-naturelles (haies, bosquets, forêt...), les conditions du maintien d'une apiculture professionnelle dans les milieux agricoles intensifs sont de plus en plus discutées.

Aussi, depuis maintenant plus de vingt ans, l'ensemble de la filière apicole est confronté à une crise profonde dont les causes sont multiples et agissent parfois en interaction (Alaux et *al.*, 2010 ; Vanbergen et *al.*, 2013 ; Di Pasquale et *al.*, 2013) : les causes directement liées à la colonie et à sa gestion – bioagresseurs, pratiques apicoles et de protection chimique contre le varroa ; et les causes exogènes - homogénéisation des paysages, baisse de la densité des réseaux trophiques pourvoyeurs d'alimentation et d'habitats protégés, diminution des surfaces de cultures fleuries oléo-protéagineuses et mellifères, intensification des pratiques d'entretien des espaces interstitiels (bords de champs, bordures, fossés, talus, lisières de bois/haies) limitant le développement d'espèces végétales mellifères, systématisation de l'usage de produits chimiques dans la lutte contre les bioagresseurs, les adventices, ou pour l'amélioration des rendements agricoles, augmentation de la contamination chimique des milieux naturels ou semi-naturels ainsi que des matrices apicoles. Pour l'abeille mellifère, ces changements sont perceptibles et impactants à une échelle spatiale large (plusieurs km²) et également dans le temps, pendant toute la saison apicole, de la sortie d'hivernage à leur entrée. Le manque de ressources mellifères dans ces paysages céréaliers, tant en quantité qu'en qualité, et ce tout au long de

l'année, est un des facteurs de mortalité (Naug, 2009 ; Decourtye et al., 2010). Ce besoin en alimentation diversifiée apparaît encore plus stratégique à l'approche de l'hiver, au moment où une nouvelle génération, « les abeilles d'hiver », apparaît avec les pontes des mois d'août à octobre. D'une durée de vie bien supérieure aux abeilles de saison et pourvues d'un profil physiologique adapté, grâce à l'alimentation en pollen et nectar d'automne, elles ont pour tâche d'assurer le maintien en vie de la colonie d'une saison à une autre, sur toute la période d'hivernage. Cet objectif vital pour la colonie et l'apiculteur apparaît difficile à atteindre au vu des taux de pertes hivernales de colonies sur les exploitations variant entre 20 et 30% chaque hiver (Basso et Vallon, 2014).

Partant de cet état des connaissances et du constat des apiculteurs concernés « *Existe-t-il des solutions pour faire face à l'augmentation des mortalités hivernales et augmenter les ressources avant l'hivernage ?* », ou en d'autres termes « *Compte-tenu du besoin en réserve alimentaire avant l'hivernage, quel serait le rapport bénéfice/risque pour nos colonies d'une implantation de cultures intermédiaires mellifères (CIM) sur un territoire ?* », le projet InterAPI propose de répondre à ces enjeux par une approche innovante. Dans l'objectif d'étudier les relations entre les agriculteurs et les apiculteurs, de favoriser les échanges, et de les inciter à promouvoir mutuellement des couverts mellifères par une méthode d'accompagnement multi-agents, nous avons construit en miroir un dispositif expérimental à l'échelle de petits territoires où des groupes locaux constitués de ces deux types d'acteurs coopéraient. Structurées autour d'un partenariat complet rassemblant toute la chaîne de la recherche et développement, jusqu'à la formation, les questions visaient à préciser le rapport coûts/bénéfices des CIM chez l'abeille mellifère, pour mieux identifier et diffuser les solutions techniques liées à cette mesure (choix des couverts et des itinéraires techniques). Nous exposons d'abord dans cet article comment une méthode d'accompagnement multi-agents permet et facilite l'adoption et la mise en œuvre d'une innovation technique. Puis expérimentalement, à une échelle paysagère, nous décrivons la mise en œuvre d'une solution commune grâce à la coopération entre acteurs. Enfin, nous proposons divers outils, fruits de notre étude de trois ans, d'aide à l'implantation des CIM dans les itinéraires techniques.

2. Quand apiculteurs et céréaliers se croisent : l'accompagnement des acteurs pour tester une solution technique favorable aux abeilles

2.1 Démarche mise en place

En zone cultivée, l'existence d'interactions entre l'abeille mellifère et les champs cultivés est évidente : d'une part, le service de pollinisation rendu par les insectes pollinisateurs pour assurer la production de semences ; d'autre part, l'utilisation du nectar produit par les plantes cultivées comme le colza ou le tournesol, par les colonies d'abeilles pour produire du miel. Les interactions entre agriculteurs et apiculteurs sont plus systématiques et structurées dans le premier contexte, par exemple via des contrats de pollinisation. Cette asymétrie conduit, chez ces acteurs, à des représentations contrastées des terres cultivées (allant d'un fournisseur de services écosystémiques à une source de perturbation majeure sur l'environnement et les abeilles), pouvant engendrer des relations conflictuelles.

Le dispositif expérimental visait à initier une recherche participative en réunissant dans une même dynamique ces deux acteurs locaux : des agriculteurs (des cultivateurs céréaliers dans le cas présenté ici) et les apiculteurs. Le projet s'est intéressé à favoriser des interactions entre ces deux acteurs par deux approches méthodologiques. D'abord au travers du dispositif expérimental de plein champ impliquant les agriculteurs (semis du couvert InterAPI sur leurs parcelles) et les apiculteurs (mise à disposition de colonies d'abeilles mellifères). Cette approche s'appuie sur l'hypothèse de l'appropriation d'une innovation par sa mise à l'épreuve et sa validation par le terrain. Parallèlement, cette coopération a été étudiée via un processus de modélisation d'accompagnement. Cette démarche fait l'hypothèse

qu'une meilleure connaissance mutuelle des points de vue des différents acteurs d'un territoire facilite l'émergence et l'adoption de nouvelles pratiques.

La méthode d'accompagnement multi-agents avait pour objectif principal de faciliter la discussion des exploitants en grandes cultures autour de la mise en place de cultures intermédiaires mellifères (CIM). Celle-ci est issue des réflexions d'un collectif de chercheurs interdisciplinaires ComMod (Daré et al., 2009 ; Etienne et al., 2010) ayant défini ensemble une charte décrivant les grands principes de la démarche. Sa réussite repose sur la constitution d'un groupe de partenaires, dit « noyau dur », rassemblés autour d'une même question et volontaires pour s'impliquer lors des processus de conception, validation, et d'utilisation des différents outils issus de la démarche. Dans le cadre d'InterAPI, le noyau dur était constitué des partenaires, représentants du milieu de la recherche, des instituts techniques, du développement agricole et apicole, et soucieux de concilier les activités apicoles et céréalières de façon durable au sein de leur territoire.

2.2 Du modèle mental individuel au schéma conceptuel collectif

La première étape de la démarche consiste à faire expliciter lors d'entretiens individuel (d'environ 3h) ou collectif (6h) par différents acteurs du territoire: les acteurs, les ressources, les dynamiques et les interactions (méthode ARDI, Etienne et al., 2011) intervenant sur et autour des espaces cultivés. Ces entretiens reposaient sur une question principale posée au démarrage « *Comment les surfaces cultivées sont utilisées pour mieux produire dans une zone de grandes cultures ?* ». Puis, après avoir expliqué les attentes et la manière dont les informations seront collectées, l'enquêteur déroulait et adaptait la question citée ci-dessus pour chacun des éléments.

A la fin de chaque entretien, un modèle mental (ou modèle conceptuel) est produit répondant à la question principale de départ. Les entretiens individuels ont été menés auprès d'un large éventail d'acteurs de terrain (n=32) concernés par la question et revendiquant des savoirs sur l'abeille mellifère : apiculteurs (amateur, semi-professionnel, professionnel), techniciens apicoles, négociants en miel ; sur l'agriculture : céréaliers, éleveurs, arboriculteurs, producteurs de semences, conseillers agricoles, gérants de coopératives, firmes phytosanitaires ; et sur l'environnement : associations de protection de la nature, élus. Pour l'entretien collectif, les 22 acteurs présents autour de la table représentaient le conseil agricole, le conseil apicole, les filières agricoles et apicoles, les industries phytopharmaceutiques, la recherche et la politique régionale. L'analyse des modèles mentaux individuels ainsi obtenus permet d'identifier les points clés où une compréhension commune entre ces différents acteurs fait défaut et de définir la place que chacun d'eux accordent à l'abeille sur leur territoire. Le même exercice réalisé en collectif a permis la co-construction d'une représentation partagée de la question suivante « *Quelles interactions entre apiculture et agriculture dans une zone de grande cultures ?* » sous la forme d'un modèle conceptuel « générique » (Figure 1).

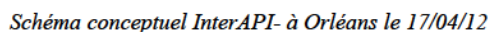


Figure 1 : Schéma conceptuel obtenu lors d'un entretien collectif (n=22 acteurs)

Chaque élément a été cité par un acteur, à tour de rôle après validation par le collectif. Les points d'interrogations mettent en évidence la controverse/l'incertitude sur les interactions. Les éléments encadrés de bleu représentent les acteurs directs (noir) et indirects (bleu) ; en vert sont représentées les ressources sur lesquelles agissent les acteurs. Les flèches symbolisent les interactions entre deux éléments, décrites par une action (bleu) et associées à des dynamiques lorsqu'elles sont identifiées (rose). Dynamiques économiques : VPAC (verdissement de la PAC), NB (arrivée de nouveaux bio-agresseurs), IA (intensification de l'agriculture), EEA (état d'esprit de l'agriculture), CM (crise mondiale).

2.3 Construction d'un jeu de rôles

Ce modèle a ensuite servi de base à la construction d'ateliers mettant en scène les interactions entre exploitants en grandes cultures et apiculteurs dans un jeu de rôles. Ces ateliers sont destinés à faire émerger des questionnements chez ces acteurs et à les faire discuter de solutions techniques. Il met en relation 3 types d'agents (céréalier, apiculteur, multiplicateur de semences) sur un environnement constitué par 3 exploitations agricoles composées chacune d'un ensemble de parcelles dont la taille est fonction de la production qui lui est affectée. Ce paysage agricole est modelé par les décisions d'assolement prises par les agriculteurs. Il est partiellement butiné par les abeilles provenant des ruchers installés et éventuellement déplacés par les apiculteurs.

Trois sessions de test du jeu ont été organisées (Figure 2). Un atelier jeu de rôles comporte deux phases :

- Une partie jeu de rôles où apiculteurs et céréaliers d'un même territoire jouent leur propre rôle à travers une mise en scène. Cette dernière repose sur différents outils tels qu'un plateau de jeu physique ; des fiches guidant les joueurs dans la réalisation de différentes actions ; un modèle multi-agents qui représente l'environnement en simulant l'impact des pratiques des différents joueurs sur la dynamique et la productivité des ruches ainsi que sur les rendements des cultures.
- Une partie débriefing où les joueurs réagissent aux situations qui ont été révélées par la phase de jeu. Un animateur guide les discussions de façon à répondre à l'objectif de l'atelier.

L'analyse des modèles conceptuels des différentes catégories d'acteurs rencontrés a mis en évidence qu'une grande majorité des exploitants en grandes cultures, qu'une part importante d'acteurs du développement (conseillers apicoles, agricoles), ainsi que quelques apiculteurs et élus ne représentent pas l'apiculteur comme un acteur clé intervenant sur ou autour de terres cultivées. Par ailleurs, certaines interactions ne sont pas perçues de façon similaire en fonction de la catégorie d'acteurs enquêtée. Ces résultats ont démontré l'intérêt de construire des ateliers jeu de rôles pour confronter les points de vue, faire évoluer le schéma mental de chacun, et faire émerger des interactions positives entre ces acteurs. Les tests des ateliers organisés ont révélé la force de cet outil qui permet aux joueurs de se questionner et d'échanger à partir d'un socle commun de connaissances puisqu'issues d'un jeu de rôles auquel ils ont tous participé. Ces tests valident ainsi l'hypothèse méthodologique du projet de fonder la réussite de la mise à l'épreuve d'une solution innovante, les CIM, à l'échelle d'un territoire agricole par l'implication directe des exploitants.



Figure 2 : Illustration des interactions observées entre joueurs pendant l'atelier de jeu de rôles.

3. Augmenter les ressources : une solution accessible; la Beauce devient un territoire expérimental pour l'abeille mellifère !

3.1 Protocole expérimental mis en place

Le protocole développé sur le terrain, relativement innovant par son ampleur et ses objectifs, a nécessité plusieurs discussions au sein du partenariat et plus largement. Il met donc en exergue un compromis issu de ces discussions et prend en compte des attentes techniques et scientifiques, professionnelles, géographiques, pédo-climatiques, partenariales et réglementaires. Sur le plan agronomique, il s'agissait d'évaluer le développement du couvert mellifère en période d'interculture longue (entre la récolte d'une culture d'hiver et le semis d'une culture de printemps), de vérifier la faisabilité technico-économique de son implantation et de s'assurer de son effet « piège à nitrates ». Sur le plan apicole, le dispositif permettait d'étudier le développement et la vitalité des colonies d'abeilles mellifères disposées sur les sites expérimentaux mellifères et témoins.

En fondant le dispositif expérimental sur les interactions entre les acteurs, tout en lui donnant un cadre scientifique pertinent, nous avons réuni des agriculteurs et apiculteurs en petits groupes locaux, en cœur de Beauce, sur 4 secteurs situés à proximité de Chartres (28), Ouzouer le Marché (41), Boisseaux (45) et Pithiviers (45). Pour les deux années du suivi (2012 et 2013), chaque secteur expérimental comprenait 2 sites de 700 ha (d'un rayon autour du rucher de 1,5 km) s'apparentant à celui d'une aire de butinage. Ces 2 sites étaient espacés d'environ 6 km (Figure 3). Sur l'un des 2 sites, dit « site mellifère », le couvert d'interculture mellifère « InterAPI » était implanté sur au moins 30 ha par les agriculteurs participants (environ 4 par site). L'autre site, sans couvert mellifère, était le site témoin. La surface minimale de 30 ha de couvert mellifère par site a été jugée suffisante, pour d'une part bénéficier d'une marge de réussite de l'implantation et de la floraison du mélange entre les parcelles, et

pour d'autre part couvrir les besoins des abeilles en pollen et nectar à cette période. Les sites expérimentaux ont été choisis dans des milieux ouverts incluant quelques éléments semi-naturels (bosquets, haies...), afin d'assurer un minimum vital de ressources aux abeilles en début et fin d'hivernage. Pour leur part, les apiculteurs mettaient à disposition deux ruchers de 15 colonies d'abeilles mellifères sur chaque site avant la mise en hivernage en septembre.

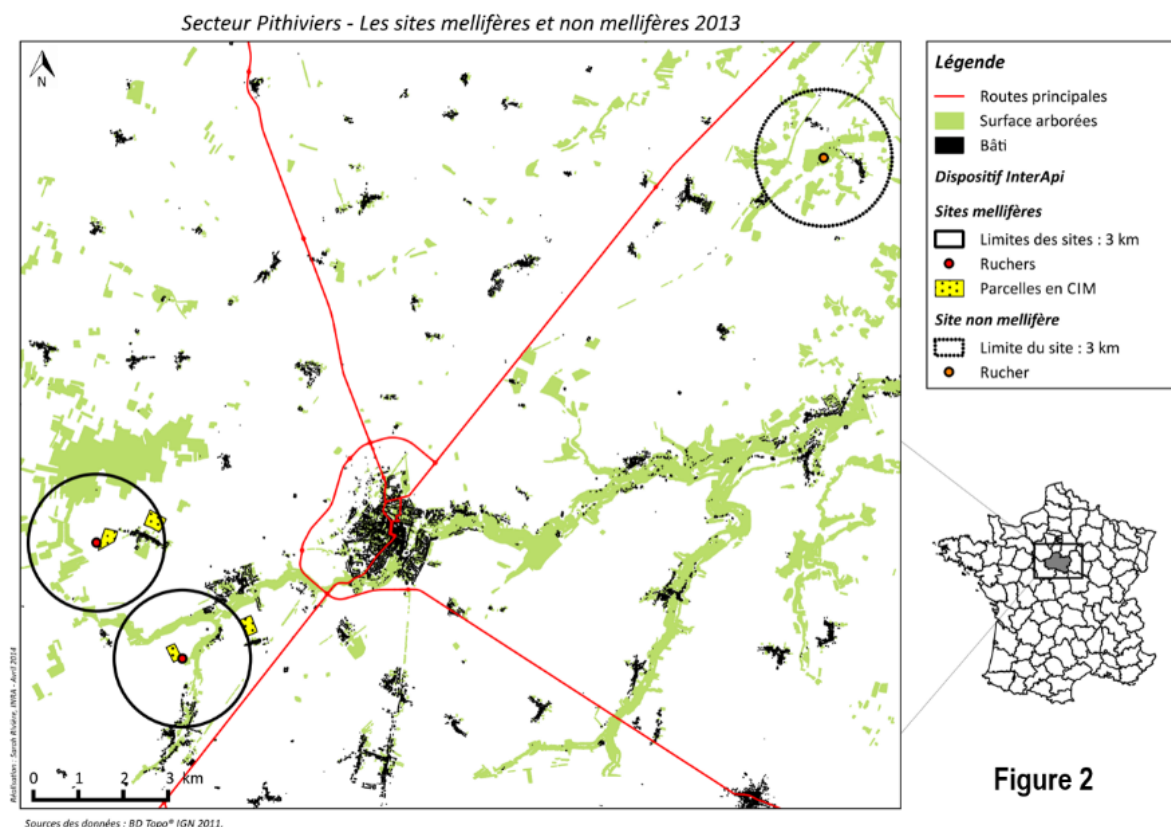


Figure 3 : Exemple d'une représentation géographique du dispositif expérimental situé dans un des quatre secteurs de la Beauce

3.2 Choix de la composition du couvert mellifère « InterAPI »

Le couvert mellifère « InterAPI » testé était un mélange majoritairement attractif pour les abeilles (espèces nectarifères et/ou pollinifères) composé pour moitié de légumineuses, et le reste d'avoine, de moutardes blanche et brune, de tournesol et de phacélie. Si disponible, des variétés précoces pour chacune de ces espèces ont été privilégiées par les techniciens du projet en partenariat avec la société Jouffray-Drillaud, fournisseur des semences. De plus, ces espèces répondaient à plusieurs intérêts agronomiques : piégeage des nitrates, structuration du sol, restitution d'azote, limitation des risques de repousses dans les rotations considérées... Le sarrasin a ainsi été écarté du fait des repousses possibles dans les champs de betterave notamment. Ce choix a aussi dû prendre en compte la réglementation sur les zones de production de semences (limitation du pourcentage de phacélie, interdiction du radis...). Un dosage de 25 kg/ha de semence a été retenu.

Tout l'enjeu d'une recherche de solution commune entre les acteurs reposait sur la composition du mélange d'espèces (mellifères et précocité de floraison) et l'adaptation des dates de semis dans l'objectif d'obtenir une période de floraison dès mi-septembre. Ainsi la principale recommandation technique donnée aux agriculteurs était de semer le couvert d'interculture « InterAPI » le plus tôt possible après la moisson sur les sites mellifères : entre fin juillet et tout début août au plus tard. Sur les sites témoins, dits « non-mellifères », l'objectif était au contraire de ne pas favoriser les floraisons sur

cette période d'éventuels couverts semés précocement. Préalablement, agriculteurs et apiculteurs se sont entendus pour élaborer un cahier des charges commun. Pour les premiers, le couvert devait répondre à la réglementation (Directive Nitrates), être producteur de biomasse, composé d'espèces non envahissantes mais suffisamment compétitives contre les repousses d'adventices et présenter un coût acceptable. Pour les seconds, ils attendaient des espèces à floraison précoce, aptes à fleurir, et produisant du pollen et/ou du nectar, à planter à proximité d'éléments fixes du paysage (bosquet ou haie), ces derniers assurent une protection du rucher contre les événements météorologiques et fournissent une alimentation minimum (lierre à l'automne et noisetier au printemps par exemple). Enfin, la qualité de la ressource (niveau de contamination chimique) générée par la CIM a fait l'objet de mesures (analyses toxicologiques des nectars), étant donné que celle-ci est liée à la présence de résidus d'insecticides issus des traitements des cultures précédentes.

3.3 Atouts et freins d'un itinéraire technique incluant des CIM

Les deux années d'étude des itinéraires techniques relatifs à l'implantation et à la gestion de ce couvert dit « InterAPI » ont mis en exergue des caractéristiques positives sur le plan agronomique, comparativement à un semis plus tardif, avec un bon effet piège à nitrates. Nous retenons ainsi l'importance de le semer juste après la moisson pour i/ obtenir des fleurs à partir de mi-septembre, ii/ s'assurer d'une meilleure levée en mobilisant l'humidité post-moisson, et iii/ favoriser une meilleure production de biomasse (variabilité entre 0,5 et 3 t MS/ha) et un plus fort effet « piège à nitrates » (entre 12 et 110 kg/ha). La problématique de la montée à graines, particulièrement prégnante pour les espèces les plus précoces, a été gérée par la destruction du couvert après début novembre. Sur le plan technico-économique, et compte tenu des habitudes et références régionales, l'implantation de ce couvert se défend, même si le coût des semences (43€/ha contre 15 €/ha habituellement) peut ressortir comme un facteur limitant pour sa généralisation. Un chiffrage comparatif simple, établi à partir d'un outil de calcul de coût d'itinéraire technique élaboré par la Chambre d'agriculture du Loiret, basé sur les barèmes d'entraide, aboutit à un coût induit identique entre la conduite expérimentale préconisée et celle classiquement opérée (Tableau 1).

	Itinéraire technique après moisson	Coût évalué
ITK InterAPI 1	Déchaumage – semis delimbe + roulage – broyage	89 €/ha
ITK InterAPI 2	Semis direct – broyage	75 €/ha
ITK classique 1	2 déchaumages – semis au delimbe + roulage	91 €/ha
ITK classique 2	2 déchaumages – semis au delimbe	74 €/ha

Tableau 1 : Estimation du coût induit par l'itinéraire technique d'implantation du couvert InterAPI comparé un celle d'un couvert classique, hors coûts du mélange semé et du labour pour culture suivante.

L'expérience des techniciens-conseillers locaux, associée aux références acquises ont permis d'établir le constat que l'atteinte d'une floraison précoce passe nécessairement par un semis soigné du couvert au même titre qu'une culture de rente. Idéalement implanté par la technique du semis direct, nos résultats montrent que le couvert développait le plus de leviers agronomiques lorsque semé le plus tôt possible après la moisson, et avant le 10 août.

3.4 Variables mesurées

De leur côté, toutes les colonies ont fait l'objet de diverses mesures (poids des ruches, absence/présence de couvain par face de cadre) et prélèvements effectués en début et en fin de floraison des CIM ainsi qu'en sortie d'hivernage. Ces derniers ont été réalisés une seule fois par campagne, pour mesurer, i/ pour l'ensemble des colonies, l'infestation varroa (nombre de varroas/100 abeilles) par la méthode de lavage au Teepol® après un traitement des colonies à l'anti-varroa avec

Apivar®, et ii/ sur une partie du cheptel, le taux de vitellogénine² et de corps gras (deux marqueurs physiologiques de l'état des abeilles d'hiver) et du virus DWV (Deformed Wing Virus - Virus aux ailes déformées, associé à la présence de l'acarien varroa), sur une partie du cheptel. Des prélèvements de pelotes de pollen ont été réalisés 2 à 3 fois pendant la floraison des cultures intermédiaires mellifères sur 3 colonies par rucher de 15 colonies. Ces échantillons ont fait l'objet d'analyses palynologiques, permettant de caractériser l'origine botanique des pollens en fonction de leur morphométrie. Leur observation a été réalisée selon la méthode Louveaux (1978) dite en « pollens pleins », au grossissement 400x. La proportion des espèces de pollen est estimée sur la masse alimentaire (quantité de pelotes collectées par ruche le jour de l'échantillonnage), et calculée en tenant compte du diamètre des grains de chaque espèce. Le pollen est plus souvent un facteur limitant de la dynamique d'élevage de couvain de la colonie, car stocké à court terme, et consommé par les nourrices pour nourrir les autres individus de la colonie. La quantité et la diversité des pollens collectés sont des parfaits indicateurs du régime alimentaire instantané de la colonie et de sa dynamique populationnelle.

3.5 Analyse des résultats : les CIM favorisent indirectement l'état démographique et sanitaire des colonies

Le projet INTERAPI émet le postulat que l'implantation de couverts mellifères dans le voisinage de colonies en période de pré-hivernage pourrait améliorer les conditions physiologiques des abeilles et ainsi diminuer les risques de mortalité hivernale. Cependant, il est envisageable que le coût énergétique et démographique de la colonie associé à la mobilisation de butineuses à cette période tardive et froide de l'année ne soit pas efficacement contrebalancé par l'apport de ces ressources mellifères. L'étude du lien entre implantation de CIM et dynamique des colonies en pré-hivernage s'est donc portée sur l'examen non seulement des paramètres démographiques et physiologiques, mais aussi sur la disponibilité en ressource à une échelle paysagère.

L'ensemble des données collectées sur les colonies et l'état de floraison des CIM a fait l'objet d'une analyse statistique après deux années de relevés pour répondre aux questions posées. Cette synthèse a été réalisée en trois phases. La première phase visait à retracer les liens entre la survie hivernale des colonies et les principaux paramètres démographiques (variation du poids, dynamique de développement du couvain, taux d'infestation varroa) des colonies en pré-hivernage (n=336 colonies). Dans la seconde phase, les liens entre survie hivernale et paramètres physiologiques (teneur en corps gras de l'abdomen, dosage du gène codant pour la vitellogénine) et sanitaires (taux de présence du virus DWV et d'infestation varroa) sont explorés à partir d'un sous-ensemble de ces colonies (n=174) ayant fait l'objet de prélèvements biologiques. Dans la troisième phase, les données palynologiques (n=24 échantillons) sont confrontées avec les mécanismes démographiques et physiologiques établis dans les deux premières phases, en lien avec l'utilisation des CIM par les abeilles. En complément aux analyses palynologiques, la qualité du nectar offert par les CIM, en termes de contamination par des résidus de pesticides néonicotinoïdes provenant de rémanences éventuelles des cultures précédentes, a été contrôlée par des analyses multi- et mono-résidus (n=6 parcelles, 89 échantillons), et décrites à part de cette analyse statistique.

L'analyse des résultats propose ainsi plusieurs niveaux de lecture suivant les types de variables analysées. Elle valorise quatre variables primaires qui influencent la survie hivernale. L'infestation par l'acarien *varroa* apparaît ici comme étant le principal facteur conditionnant négativement la survie hivernale. Nous retrouvons également un lien logique entre *varroa* et la présence du virus DWV. Cependant, la présence du DWV n'a pu être statistiquement reliée à la survie ni à aucune autre variable physiologique. Par ailleurs, la vitellogénine, l'état de développement du couvain en fin de floraison, ainsi

² La mesure effectuée consiste à doser le gène codant pour la vitellogénine – protéine impliquée dans la longévité (antioxydant) et l'immunité cellulaire. Cette protéine est produite par les corps gras, ce qui est logiquement reflété par le lien significatif observé entre la teneur en vitellogénine et celle des corps gras (figure 4, b).

que les surfaces arborées sont les trois autres variables primaires améliorant quant à elles la survie hivernale. L'enrichissement du paysage en CIM a été retenu comme variable secondaire tendant à favoriser indirectement l'état démographique et sanitaire des colonies (figures 4a et 4b) et n'agit pas comme variable primaire influençant directement la survie hivernale. Bien que faiblement marquée, une relation CIM-vitellogénine apparaît, confortant ainsi la tendance observée entre CIM et développement du couvain puisque la vitellogénine est massivement produite par les ouvrières chargées de nourrir le couvain (nourrices). La production de cette protéine dépend notamment des apports protéiniques issus des pollens. La qualité de la nutrition pollinique est donc probablement impliquée dans ce processus biologique en période de pré-hivernage. Les données palynologiques confirment que les CIM influencent largement la composition de l'alimentation en pollen (jusqu'à 50 à 80 % du volume pollinique), et peuvent ainsi contribuer à améliorer l'état physiologique des individus et favoriser le développement du couvain. Parmi les espèces semées dans les CIM, les pollens de phacélie, moutarde et trèfle d'Alexandrie ont été collectés de manière significative. Cet aménagement a favorisé une diversification du bol alimentaire des colonies situées sur les sites recevant ces espèces mellifères, plutôt qu'un régime parfois monospécifique constitué à base de lierre sur les autres sites.

De plus, si la quantité de surface arborée en période de pré-hivernage semble rarement évoquée en littérature scientifique comme facteur favorisant la survie hivernale, les relations apparaissent cohérentes avec la tendance des apiculteurs à éviter de positionner leurs ruches dans des paysages trop ouverts en fin de saison, au profit de paysages plus boisés et diversifiés. Le lierre, associé aux habitats ligneux, est en effet une ressource clé à cette période de l'année. Les données palynologiques confirment que le lierre constituait de loin la principale ressource non-cultivée dans nos échantillons. Sa contribution à l'alimentation pollinique tend à augmenter avec la quantité de surfaces arborées, mais pas de façon significative.

Enfin, analysées à part, les analyses de résidus d'insecticides néonicotinoïdes révèlent la présence de la molécule Imidaclopride dans des solutions (extraites par centrifugation) associant sève et nectar de 4 espèces semées (moutarde, phacélie, trèfle d'Alexandrie et tournesol) à des quantités comprises entre 0,3 et 1,1 µg/kg. Cela confirme la rémanence de la molécule dans les sols et sa remobilisation par les cultures suivantes, parfois plus d'une année après le semis des céréales précédentes, et dont les graines sont enrobées par cette molécule (Botias et al., 2015 ; Henry et al., 2015). Ce résultat accentue le niveau d'exposition des abeilles aux pesticides en période de pré-hivernage et peut limiter l'acceptabilité de cette mesure, a priori favorable aux abeilles, par les apiculteurs.

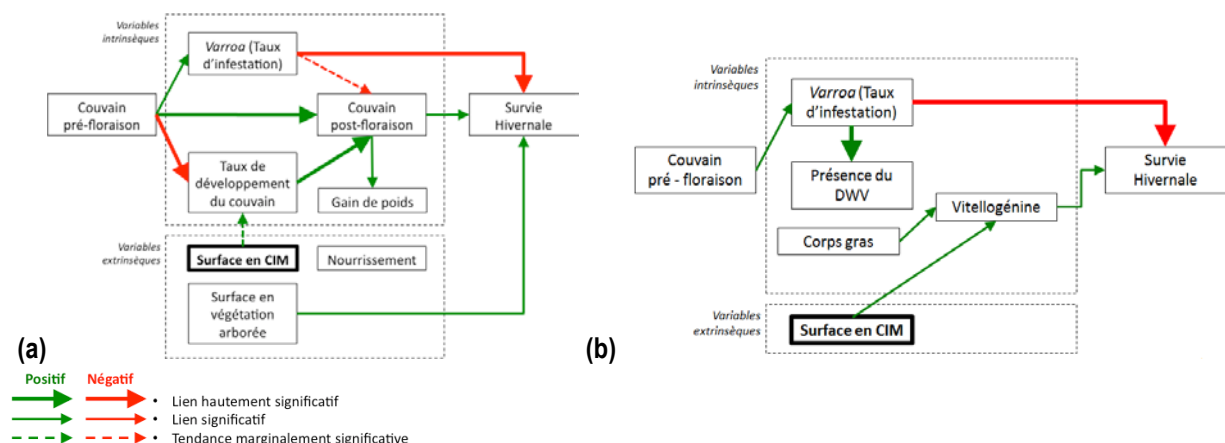


Figure 4. Reconstitution des liens entre survie hivernale et variables démographiques (a) et physiologiques (b).

4. Renforcer les connaissances et aider les acteurs à les utiliser : quelles espèces candidates pour des CIM ?

Le manque de connaissances exprimé par les agriculteurs et apiculteurs, et partagé par les partenaires, sur les caractéristiques agronomique et mellifère des espèces à sélectionner a donné lieu à un travail à la fois expérimental et bibliographique. Concrètement, un inventaire, une identification et une description de 36 espèces végétales ont été proposés puis mis à disposition du grand public sur un site internet dédié³. *In situ*, ce sont cinq expérimentations qui ont été menées durant les étés 2012 et 2013, pour mieux cerner les périodes de floraison et le potentiel d'attractivité pour les insectes de différentes espèces semées en interculture en conditions estivales. Ces dispositifs expérimentaux (3 sur la station de Boigneville (91) et 2 sur celle de Thiverval-Grignon (78)) comportaient la plupart du temps plusieurs répétitions sur des petites parcelles avec jusqu'à 30 couverts testés.

Dans chaque site, diverses notations d'opportunités ou systématiques ont permis de compléter les connaissances générales sur les couverts : comportements de couverts d'interculture (vigueur à la levée, sensibilité aux maladies et dégâts de prédateurs), données phénologiques (taux de plantes fleuries, stade de grenaison), agronomiques (biomasse et azote absorbé avant destruction, impacts sur l'azote minéral du sol et sur la culture suivante), et d'attractivité des espèces végétales vis-à-vis des insectes pollinisateurs (nombre de visites par les insectes pollinisateurs - abeilles mellifères, syrphes, bourdons et autres abeilles sauvages).

Dans les conditions testées, pour des espèces fleurissant assez rapidement (ex : délai du semis jusqu'au début de la floraison de 500 à 900°jours), des floraisons étaient observées en septembre, sachant que les essais étaient semés de mi-juillet à début août en station ou sur les parcelles des agriculteurs suivies (Figure 5). Le stade « début floraison » signale le moment où des fleurs commencent à être disponibles pour les insectes pollinisateurs. Sur cette figure, le délai entre le semis et le début de la floraison présente des différences marquées entre les espèces, et pour une même espèce, ce qui traduit un ensemble d'interactions multifactorielles. A noter que le facteur variétal rentre en jeu : par exemple, les moutardes brunes et blanches, commercialisées aujourd'hui, disposent de gammes de précocité variées. Le développement d'une espèce de couvert n'est en effet pas directement proportionnel aux sommes de température. Les conditions du milieu influent sur le rythme de développement des espèces en interculture : stress hydrique, stress thermique, niveau de la réserve azotée du sol, tassement de sol... La date de semis procure un effet important sur la vitesse d'enchaînement des stades phénologiques des couverts semés en été, en raison du photopériodisme propre à chaque espèce (paramètre qui traduit la durée du jour et de la nuit...). Etant donné la diversité des dates de semis, ce délai a néanmoins été exprimé en sommes de température (arbitrairement, la base 0°C a été retenue). D'après nos résultats, le sarrasin, le radis fourrager, la caméline, la moutarde brune, voire la moutarde blanche, sont des espèces pouvant présenter un intérêt apicole pour leur floraison précoce. Pour les semis de mi-août, les floraisons n'ont été observées qu'à partir de fin septembre ou début octobre. A cette période les conditions sont encore favorables au butinage. Cela est nettement plus aléatoire en octobre dans le bassin parisien.

³ www.interapi.itsap.asso.fr

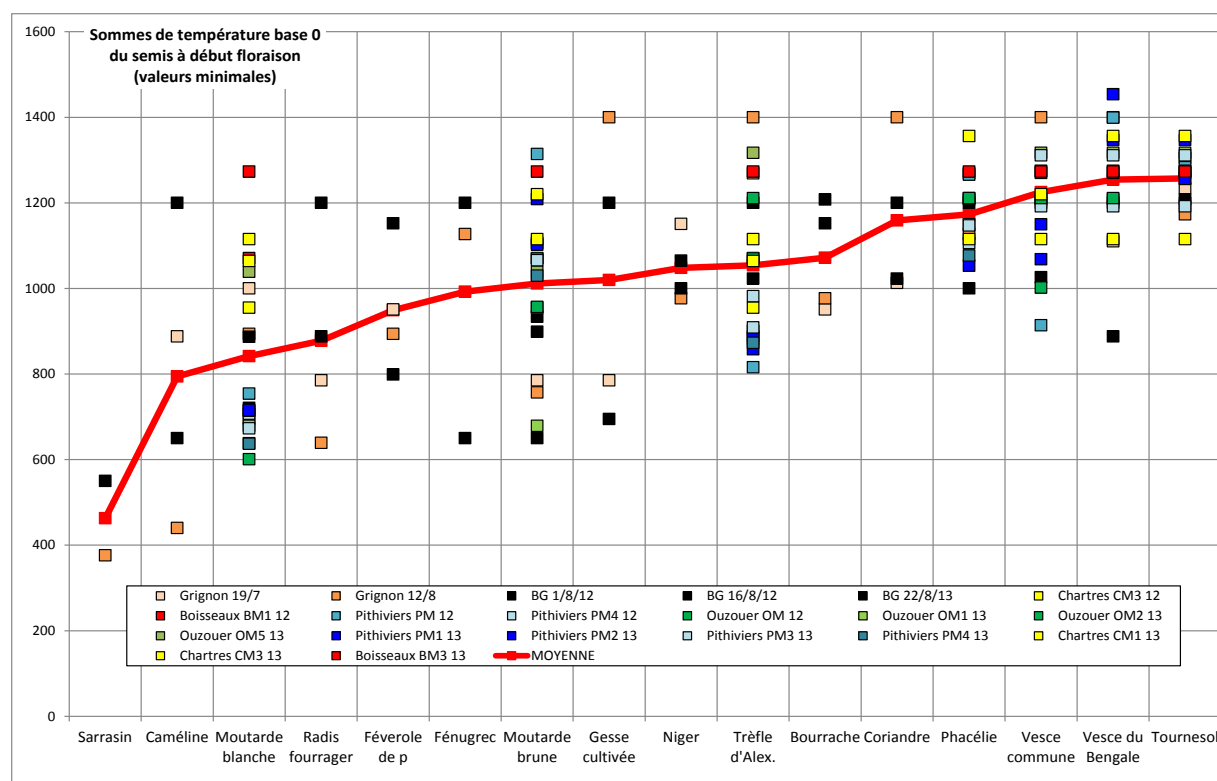


Figure 5 : Sommes de température base 0°C entre le semis et le début de la floraison : Regroupement de données issues d'essais des différents partenaires obtenues en 2012 et 2013, en station (Grignon et Boigneville) et en parcelles agriculteurs (Boisseaux ; Pithiviers ; Ouzouer ; Chartres).

Ces travaux mettent en avant plusieurs enseignements pour conjuguer cultures intermédiaires et attractivité pour les insectes pollinisateurs :

- La nécessité de semer tôt les couverts pour obtenir leur floraison précoce ;
- La précocité de floraison des espèces voire des variétés qui peut être très différente à la floraison ;
- Le choix de l'itinéraire technique qui peut influencer fortement la préparation et le semis (gestion des chaumes, profondeur et rattachage des graines) et des conditions d'humidité du sol et donc le rythme de développement du couvert ;
- L'attractivité pour les insectes pollinisateurs semble différente selon les espèces de couverts ou d'insectes ;
- Le risque de grenaison des couverts est à prendre en compte même s'il est mal connu à ce jour (production de graines viables et conditions de nuisance de celles-ci).

5. Passer de l'expérimentation à la diffusion des références grâce à deux outils d'aide à la décision

Les résultats, acquis lors des phases expérimentales et bibliographiques, ont fait l'objet d'une analyse complémentaire ayant abouti à la création de deux outils d'aide à la décision, à destination des conseillers agricoles, agriculteurs et apiculteurs : 1/ un modèle ajustant le délai semis-floraison à une période favorable au butinage à l'automne, et 2/ un site internet rassemblant une quarantaine d'espèces végétales et décrites selon des caractéristiques mellifères et agronomiques.

Le premier outil (Labreuche et al., 2016) a été généré suite à une analyse fréquentielle des dates de floraison des cultures intermédiaires et des conditions de butinage afin d'évaluer les meilleures périodes (semaines) où ces deux variables d'intérêt coïncideraient. Les conditions favorables ou pas au butinage ont été modélisées à partir des inventaires de butinage réalisés en micro-parcelles, et transposées aux

données météorologiques provenant d'archives nationales pour la période de 1994 à 2013. Sur cette série de 19 années de relevés, une période d'une semaine fût considérée comme favorable si au moins 20% des jours (soit environ 1,5 jours) sont favorables à l'activité des abeilles mellifères (Figure 6). Parallèlement et pour 32 situations en France, la date de début de floraison a été calculée à partir de ces mêmes données météo (Figure 7).

Ainsi pour différentes régions (nord-ouest, sud-ouest, sud-est, centre et nord-est), deux données sont synthétisées en une dans les 4 tableaux associés à la Figure 7 : i/ la date de début de floraison médiane, calculée sur la période 1994-2013, pour une date de semis donnée et un besoin en température semis-début floraison donné ; et ii/ la semaine présentant entre 1 et 2 jours minimum favorables au butinage, estimée selon les résultats issus du modèle de butinage. Un code couleur indique si cette condition est remplie dans 100% des cas, deux tiers des cas, un tiers des cas ou jamais pour l'ensemble des stations météo de la grande région retenue. Il ressort de nettes disparités entre régions, celles du sud étant les plus favorables et le nord-ouest l'étant le moins. Dans le sud, si les couverts sont en capacité de lever, il est assez facile de les faire fleurir à une date encore favorable aux abeilles (fin octobre sur le pourtour méditerranéen). Plus au nord, cela est possible mais à condition de semer des couverts dont les besoins sont en adéquation avec la date de semis et la chaleur disponible. Les espèces les plus exigeantes devront être semées en juillet au nord de la Loire, alors qu'il est encore possible d'obtenir des résultats intéressants avec des espèces très précoces semées en septembre dans le sud de la France. Ce type de connaissance est à adapter au niveau local.

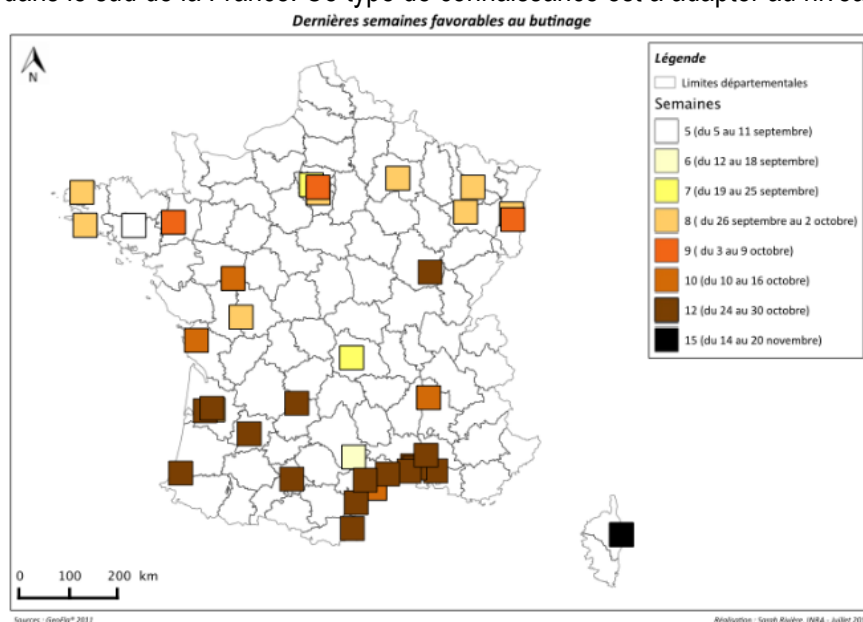


Figure 6. Modélisation des dernières semaines favorables au butinage (conditions retenues : température $12 < x < 24^{\circ}\text{C}$ et vent $0 < x < 25\text{km/h}$).

Le second outil facilite le choix des espèces et répond ainsi aux attentes des acteurs, que l'innovation technique soit suggérée par l'apiculteur ou que l'agriculteur cherche à diversifier ses objectifs en alliant intérêts agronomiques et production de nectar et pollen. Cet outil, disponible à l'adresse suivante www.interapi.itsap.asso.fr, permet la recherche d'une espèce végétale à partir de différentes entrées.

En recherchant une date de semis adéquate d'un couvert pour atteindre l'objectif de floraison avant mi-octobre, les utilisateurs s'appuient désormais sur deux outils complémentaires, renseignés à l'échelle du territoire national. Il s'agira d'abord de définir quelle est la période à laquelle les conditions de butinage sont encore favorables pour les abeilles mellifères. Le large éventail d'espèces testées facilitera l'identification de la phénologie des espèces candidates selon la somme de température nécessaire pour le délai semis-floraison. En fonction du choix des espèces retenues, le conseiller agricole ou l'agriculteur décidera d'un ajustement ou pas de l'itinéraire technique (semis précoce) pour l'implantation de l'interculture. Ces changements aboutiront à une réorganisation du temps de travail pour assurer un bon semis pendant la période post-moisson, et devront prendre en compte la disponibilité en matériel et en semences. Pour améliorer les propriétés agronomiques de l'interculture et

garantir un meilleur potentiel de floraison, des mélanges peuvent être constitués en intégrant des espèces mellifères adaptées à chaque situation et des espèces non mellifères à intérêt agronomique.

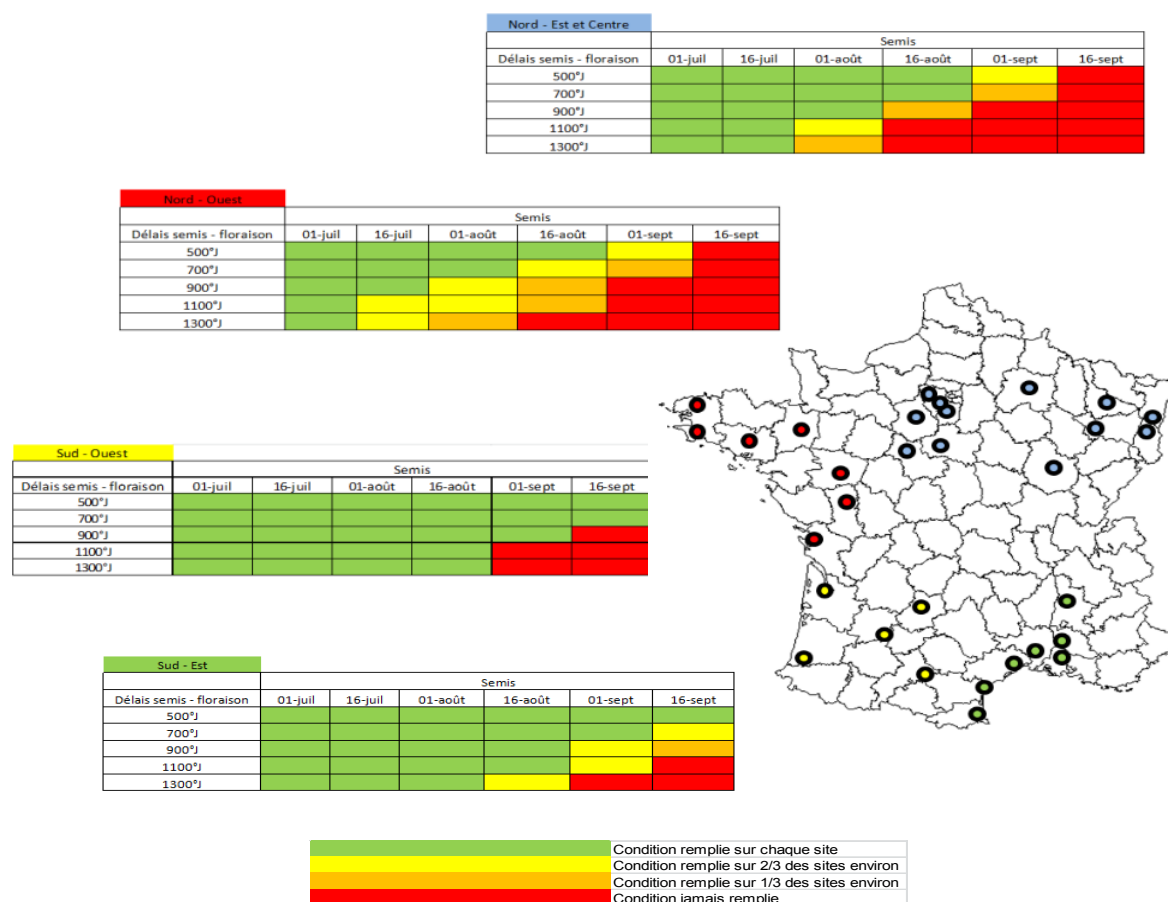


Figure 7 : Capacité d'un couvert à atteindre la floraison dans des conditions favorables au butinage. La date médiane de début de floraison a été calculée en prenant en compte 6 dates de semis potentielles (1^{er} juillet, 16 juillet, 1^{er} août, 16 août, 1^{er} septembre, 16 septembre) et 5 niveaux d'exigences en températures (500, 700, 900, 1100 et 1300°J base 0).

Conclusion

Les échanges observés entre agriculteurs et apiculteurs, et avec les partenaires du projet, à la fois au cours de la mise en œuvre de l'expérimentation ou au cours des entretiens et des ateliers de jeu de rôles, montrent que les uns et les autres ont dû adapter leurs pratiques classiques pour assurer l'implantation des CIM. Ce changement, dans le cas du déploiement d'une telle mesure, doit être accompagné et conseillé. Habituellement pour un agriculteur, le conseil est fourni par les structures du développement agricole. Lors des ateliers de jeu de rôles, la sollicitation de l'implantation d'une CIM émanait le plus souvent des apiculteurs, acteurs peu identifiés par les agriculteurs sur le territoire. Cette demande dépassait ici le simple cadre réglementaire (CIPAN) et l'utilisait comme support d'une pratique à adapter pour remplir d'autres fonctions moins attendues. Pour les agriculteurs volontaires participant à l'expérimentation, si habituellement ils semailent la CIPAN mi-septembre, dans le cas d'une CIM, un semis précoce juste après moisson, était préconisé pour atteindre un stade floraison suffisamment tôt dans l'automne. Si couramment, ces agriculteurs détruisaient le couvert au plus tôt et avant floraison, au contraire, il leur était demandé de détruire le couvert le plus tard possible et de le laisser fleurir. Enfin, si le choix de ces céréalières se tournait d'abord vers un couvert monospécifique (moutarde) et

peu coûteux, les apiculteurs demandaient la valorisation d'un couvert multi-espèces et donc un coût pouvant doubler ou tripler...

Côté apiculteurs, même si cette innovation bénéficierait aux abeilles, elle n'est pas sans poser quelques contraintes : une CIM positionnée à proximité des ruchers d'hivernage sera plus accessible. Une CIM éloignée demandera plus d'efforts à la colonie, ou à l'apiculteur. En effet, rapprocher les colonies des CIM nécessite pour l'apiculteur l'organisation d'une transhumance supplémentaire et la recherche d'un nouvel emplacement adéquat pour les colonies. Cela en fin de saison alors que la charge de travail est habituellement ciblée sur la mise en hivernage (nourrissement, traitement, visite des colonies). Une démarche chronophage, et *a priori* peu rentable, au même titre que l'implantation d'une CIM qui nécessite une approche différente pour l'agriculteur et peut paraître, à première vue, plus coûteuse à court terme.

Les travaux menés pendant trois années mettent bien en évidence que la construction d'actions est pertinente entre partenaires, en privilégiant la participation des acteurs de terrain, les premiers concernés par le maintien de leurs activités sur leur territoire. En favorisant les échanges, soit par l'expérimentation soit par des mises en situation, chaque acteur appréhende différemment ses voisins et les contraintes inhérentes à leurs métiers. Au travers d'une enquête réalisée dans le cadre de ce projet, sur 54 agriculteurs enquêtés (5 régions) : 74% pensent réalisable une adaptation technique de leurs pratiques CIPAN vers des CIM et se déclarent, pour 67% d'entre eux, prêts à conduire une partie de ses couverts d'automne en vue d'obtenir une floraison entre le 15 septembre et le 15 octobre, tant pour des intérêts agronomiques que pour la préservation des insectes pollinisateurs. Quant aux apiculteurs, ils sont une majorité (84% sur 31 interrogés) à être intéressés par l'offre en ressources alimentaires susceptible d'être apportée par les CIM. Ils estiment par ailleurs que cette solution est complémentaire (d'abord pour l'apport de pollen) à un nourrissage artificiel (apport de sucre), mais que de bonnes réserves collectées lors d'une miellée d'été restent prépondérantes pour le passage de l'hiver. De plus, selon eux, même si l'étude montre la présence d'une pollution de la ressource à cette période de pré-hivernage, et augmente l'exposition des abeilles aux produits chimiques, cette exposition est avant tout globale. L'impact potentiel doit être mesuré tout au long de la saison. Ils pensent néanmoins que les CIM restent un levier technique judicieux pour initier une prise en compte des insectes pollinisateurs et démarrer un changement de pratiques des cultivateurs.

Enfin, comme le montrent les résultats des ateliers jeu de rôles, l'atteinte de cet objectif passe nécessairement par une phase de connaissance et reconnaissance mutuelles des acteurs locaux et peut se concrétiser par l'adhésion des apiculteurs à des groupements collectifs d'agriculteurs existants ou à créer à l'échelle d'un petit territoire.

Références bibliographiques

Alaux C. et *al.*, 2010. Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology* 12, 774- 782.

Basso B., Vallon J., 2014. Résultats de l'observatoire des pertes hivernales en France pour 2012-2013. www.itsap.asso.fr.

Botias C., David A., Horwood J., Abdul-Sada A., Nicholls E., Hill E.M., Goulson D., 2015. Neonicotinoid residues in wildflowers, a potential route of chronic exposure for bees. *Environ. Sci. Technol.*

Daré W., Ducrot R., Botta A., Etienne M., 2009. Repères méthodologiques pour la mise en œuvre d'une démarche de modélisation d'accompagnement. Cardère éditions, Laudun. 127p.

Decourtye A., Mader E., Desneux N., 2010. Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie* 41, 264–277.

Di Pasquale et *al.*, 2013. Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? PlosOne, 8.

Etienne M., 2010. La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable. Quae Editions.

Etienne M., Du Toit D.R., Pollard S., 2011. ARDI: a co-construction method for participatory modeling in natural resources management. Ecology and Society 16 (1), 1 - 14.

FranceAgriMer, 2012. Audit économique de la filière apicole française. Les synthèses de FranceAgriMer, Apiculture.

Henry M., Cerrutti N., Aupinel P., Decourtye A., Gayrard M., Odoux J.-F., Pissard A., Rüger C., Bretagnolle V., 2015. Reconciling laboratory and field assessments of neonicotinoid toxicity to honeybees. Proc. R. Soc. B 282: 20152110. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.2110>.

Labreuche J., Tosser V., Allier F., Henry M., 2016. Cultures intermédiaires mellifères (CIM), une ressource alimentaire complémentaire pour les abeilles. Perspectives agricoles 429, 14-17.

Naug D., 2009. Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. Biol. Cons. 142 2369–2372.

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.

Rollin O. et *al.*, 2013. Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. Agriculture, Ecosystems and Environment 179 (2013) 78– 86.

Vanbergen A.J. and the Insect Pollinators Initiative, 2013. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. Front Ecol Environ 11(5), 251–259, doi:10.1890/120126.

van Zanten B.T. et *al.*, 2014. European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review. Agron. Sustain. Dev. 34, 309–325. DOI 10.1007/s13593-013-0183-4.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL)