



HAL
open science

IODA -Informatiser et Organiser les Données Abeilles

Alexandre Dangleant, Fabien Ricard, Cyril Vidau, François Laperruque,
Maryline Pioz, Marion Guinemer, Thomas Quintaine, Axel Decourtye

► **To cite this version:**

Alexandre Dangleant, Fabien Ricard, Cyril Vidau, François Laperruque, Maryline Pioz, et al.. IODA -Informatiser et Organiser les Données Abeilles. Innovations Agronomiques, 2021, 82, pp.165-177. 10.15454/lygt-vw39 . hal-03159801

HAL Id: hal-03159801

<https://hal.inrae.fr/hal-03159801>

Submitted on 4 Mar 2021

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

IODA – Informatiser et Organiser les Données Abeilles

**Dangléant A.¹, Ricard F.¹, Vidau C.¹, La Perruque F.², Pioz M.³, Guinemer M.⁴,
Quintaine T.⁵, Decourtye A.¹**

¹ ITSAP – Institut de l’abeille, F-84914 Avignon

UMT PrADE : Protection des abeilles dans l’environnement

INRAE – UR 406 A&E – Domaine Saint Paul – Site Agroparc

² INRAE – Unité GenPhySE – F-31326 Castanet Tolosan

³ INRAE – Unité abeilles - F-84914 Avignon

UMT PrADE : Protection des abeilles dans l’environnement

INRAE – UR 406 A&E – Domaine Saint Paul – Site Agroparc

⁴ ADA AURA, F-63170 Aubière

⁵ ANSES, F-94700 Maisons-Alfort

Correspondance : alexandre.dangleant@itsap.asso.fr

Résumé

La profession apicole a dû faire face à d’importantes pertes de cheptel ainsi qu’à une baisse de production de miel conséquente ces dernières décennies. L’ITSAP - Institut de l’abeille - coordonne des études à l’échelle nationale sur la santé des colonies d’abeilles, réalisées par un réseau expérimental comptant une quinzaine de partenaires régionaux. Le projet IODA a ciblé le développement d’un système informatique (SI) dédié à la gestion et l’exploitation des données scientifiques générées par ce réseau. Ce SI est constitué d’une base de données et de multiples interfaces dédiées à la saisie des observations de terrain, à leur visualisation et à leur valorisation. Des milliers de données sont aujourd’hui mises à disposition de notre réseau au travers de différents outils évolutifs et à haut potentiel.

Mots-clés : Base de données, système informatique, application web, visualisation de données, méta-analyse.

Abstract: Digitalize and Organize Bee’s Data: the IODA project

For the last decades, beekeepers have faced important colony losses as well as substantial honey production loss. The French bee institute (ITSAP) is coordinating honeybee health studies on a national scale, conducted by an experimental network including a dozen of regional partners. The IODA project targeted the development of an IT system for the management and mining of scientific data generated by this network. This IT system is made of a database and multiple web applications dedicated to the input of the field observations, their visualization and their promotion. Thousands of pieces of data are now available on our network through different evolving tools with high potential.

Keywords: Data base, IT system, web application, data visualization, meta-analysis.

Introduction

Depuis une vingtaine d'années, la filière apicole est confrontée à une forte diminution des rendements en miel (France AgriMer, 2015 ; FranceAgriMer, 2020) ainsi qu'à des problèmes de santé qui concernent une part importante des cheptels. Ces événements impactent gravement la productivité et la durabilité des exploitations apicoles. Les problèmes auxquels sont confrontés les professionnels peuvent être déclinés de la manière suivante :

- Des affaiblissements démographiques des colonies en saison qui impactent grandement le rendement de chaque colonie et peut conduire à leur perte ;
- Une mortalité en saison élevée : apparue depuis les années 1990, ce phénomène a concerné environ 13,6 % du cheptel des exploitations en France entre 2012 et 2013, ce qui représente le plus haut taux d'Europe (Laurent *et al.*, 2016) ;
- Une mortalité hivernale élevée : le taux de pertes hivernales national sur la période 2008-2011 est de 25 % des cheptels, 18,4 % en 2012 et 17,3 % en 2013 (Laurent *et al.*, 2016), les mortalités hivernales considérées comme normales par la profession étant de 10 %.

Ces problèmes se sont traduits par une importante diminution de la production de miel en France, qui est passée d'un niveau historique de 33 000 tonnes par an (rapporté en 1995) à 15 000 tonnes en 2013 malgré un nombre de ruches constant. Ce nombre est à mettre en parallèle avec la consommation de miel sur le territoire qui est de l'ordre de 40 000 tonnes par an (FranceAgriMer, 2012).

Afin de comprendre les sources de ces problèmes, les apiculteurs ont alerté le ministère de l'agriculture et la communauté scientifique sur la question (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2013). Pour répondre à cette demande, l'ITSAP – Institut de l'abeille a coordonné de nombreuses études visant à identifier des facteurs explicatifs potentiels en les confrontant à l'état et à la dynamique démographique des colonies. Cependant, si de nombreuses causes potentielles ont pu être identifiées (telles que les parasites de l'abeille, les maladies connues, les résidus de pesticides, la génétique des colonies, les ressources disponibles et le climat), aucune ne suffit à elle seule pour expliquer l'ampleur des pertes de cheptel que subissent actuellement et depuis de nombreuses années les apiculteurs. En effet, les scientifiques s'accordent sur le fait que la mortalité des colonies d'abeilles et en particulier des effondrements de colonies proviennent d'une multitude de facteurs de stress qui agissent de façon concomitante ou non (Goulson *et al.*, 2015).

Ce message a été largement relayé auprès de la profession qui demeure depuis dans l'attente d'éléments explicatifs concrets à partir desquels elle pourrait développer des réponses techniques à ces problèmes majeurs. Or, la multiplicité des causes et des synergies qui s'opèrent impose la réalisation d'analyses statistiques portant sur une masse de données importante. Si elle existe bel et bien, cette masse de données n'est pas mobilisable directement pour la conduite de méta-analyse car elle n'est pas centralisée dans une base de données.

En 2015, l'ITSAP a répondu à l'appel à projets CASDAR Recherche et Technologie avec comme objectif la réalisation d'un système informatique dédié à la centralisation des données collectées lors des expérimentations et à leur valorisation. La centralisation des données est logiquement concrétisée par le développement d'une base de données tandis que la volonté de valorisation se traduit par le développement d'applications visant à faciliter l'exploration des données, leur visualisation et, finalement, leur mise à disposition pour la recherche.

Les livrables du projet IODA sont :

- Une base de données adaptée aux méthodes employées par notre réseau pour le suivi des colonies et évolutive pour garantir sa pérennité lors du développement de nouvelles méthodes ;

- Une interface de gestion des données qui inclut des vérifications automatiques lors des saisies pour garantir la qualité des données, notamment par la détection de valeurs manquantes ou aberrantes ;
- Des applications de visualisation des données intégrant des fonctionnalités de reporting, de production de graphiques et de calculs d'indicateurs, éventuellement compilés dans des tableaux de synthèse.

Les destinataires du projet IODA sont, en premier lieu, les membres du réseau expérimental de recherche et développement de l'apiculture pour lequel l'ITSAP coordonne des expérimentations. Ce réseau comprend, d'une part, les Associations de Développement de l'Apiculture (ADA) régionales et, d'autre part, les partenaires de recherche fondamentale et appliquée inclus dans l'Unité Mixte Technologique Protection des Abeilles dans l'Environnement (UMT Prade) parmi lesquels INRAE et l'ACTA. En outre, les acteurs de notre réseau partagent la volonté d'ouverture des données réunies dans la base de données IODA et travaillent actuellement à adopter une licence d'utilisation adaptée à cet objectif.

1. Matériel et méthodes

1.1 Organisation du développement

Le développement des différents livrables du système informatique IODA a été mené en parallèle avec d'une part, la base de données et l'interface de gestion et saisie et, d'autre part, deux applications de visualisation (différenciées pour les différents types de données). Pour chaque élément, un groupe de suivi « métier » a été constitué afin de piloter le développement en étant garant de l'adéquation entre les fonctionnalités intégrées et les besoins métiers. La méthodologie appliquée pour le suivi s'est largement inspirée des méthodes dites AGILE, c'est à dire qui privilégient les aller-retours fréquents entre développeurs et utilisateurs, que ce soit pour valider les fonctionnalités implémentées ou pour identifier les bugs et valider leur résolution. La coordination entre les différents groupes de travail et la cohérence de l'ensemble des développements ont été assurées par le comité de pilotage du projet.

Un cahier des charges servant de base de travail a été rédigé en début de projet afin de définir les principaux objectifs poursuivis pour chaque élément du système informatique, les entités (ou « objets - métiers ») auxquelles les données se rapportent, les liens existants entre ces entités, et enfin les différents rôles et les principales fonctionnalités attendues pour les applications. Ce cahier des charges a ensuite évolué au fur et à mesure de la conduite de projet.

Les groupes « métier » étaient composés d'agents des ADA et de l'ITSAP ainsi que de chercheurs d'INRAE pour lesquels différents rôles ont été définis. Ces rôles correspondent à différentes manières d'utiliser l'ensemble des modules développés, certains ayant principalement pour objectif de saisir des données (rôle « technicien ») tandis que d'autres se concentrent sur une exploitation des données en vue de réaliser des méta-analyses (rôle « chercheur »).

Deux applications de visualisation de données ont été conçues pour répondre aux besoins des utilisateurs de notre réseau expérimental en fonction du type de données avec, d'une part, les données liées au développement démographique, au suivi d'infestation en varroas et aux pesées des colonies, et d'autre part aux analyses de résidus de pesticides contenus dans les matrices apicoles (abeilles, cire, pollen de trappe, pain d'abeille, nectar et miel). Ce choix a été motivé par la complexité de ce dernier type de données, que ce soit pour leur format ou pour leur exploitation, ainsi que pour faciliter le suivi du développement en réunissant des experts sur ces thèmes respectifs. Le groupe de suivi sur l'application dédiée aux résultats d'analyse de résidus de pesticides a ainsi inclus un membre de l'unité de phyto-pharmaco-vigilance de l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

Le développement de ces applications s'est fait en parallèle de celui de la base de données et de l'interface de gestion des données. Il a donc été initié à partir des formats de données couramment utilisés dans le cadre de tableurs au sein de notre réseau. Une fois la base de données en place, un script d'importation a été conçu afin de réorganiser les données issues des requêtes d'extraction en base au format des tableurs à partir desquels le développement avait été initié. Cette méthode de travail a donc permis d'avancer efficacement en répartissant la charge de travail sur différents groupes tout en assurant la convergence finale des développements.

1.2 Description des données intégrées

Les données ciblées par la base de données IODA ont été définies à partir des protocoles et méthodes de suivi de colonie développés et/ou utilisés dans le cadre des expérimentations de notre réseau. Principalement, ces données sont :

- La proportion de chaque face de cadre recouvert par les différentes composantes des colonies tels que le couvain ouvert, le couvain fermé, le couvain mâle, les réserves en miel et nectar, et les réserves en pollen. Ces proportions sont établies par la méthode ColEval développés par des partenaires de notre réseau expérimental (Hernandez *et al.*, 2020) ;
- Les relevés de varroas phorétiques pour 100 abeilles obtenus par lavage (au sucre glace ou au détergent) ainsi que les comptages de varroas sur lange pour le suivi d'infestation en *varroa destructor* (Dietmann *et al.*, 2012) ;
- Les pesées de colonies, réalisées manuellement dans le cadre de nos expérimentations. Ces pesées peuvent être liées au corps des ruches comme aux hausses (où se trouvent les récoltes), voire à l'ensemble par un poids total. Les données issues de balances connectées n'ont pas été intégrées dans le cadre du projet IODA ;
- Les résultats d'analyses de présence de résidus de pesticides dans les différentes matrices apicoles. Le format de ces données étant dépendant du laboratoire prestataire pour les analyses, la base de données IODA permet également d'enregistrer des méthodes afin de stocker les substances recherchées et la sensibilité des analyses (limites de détection et de quantification) pour chaque substance.

En outre, de nombreuses informations relatives aux colonies ont également été prises en compte afin de contextualiser ces observations. Ainsi, la géolocalisation des ruchers, les transhumances, le type de ruche et de hausse et les modalités expérimentales font partie intégrante du modèle conceptuel des données. Toutes ces données sont également liées aux projets et expérimentations qui ont permis leur financement et servi de cadre pour leur réalisation, ce qui inclut les structures partenaires et les opérateurs de terrain.

Un certain nombre de tables de données ont également été prévues à l'origine du projet mais sont encore non-exploitées. Ces tables permettront sur le long terme d'intégrer de nouvelles méthodes de suivi, tels que le suivi de lignées génétiques et l'identification des reines, ou encore des données collectées sur des parcelles agricoles et non directement sur des colonies.

1.3 Choix technologiques

Notre base de données est de type MySQL et a été déployée sur une Machine Virtuelle (VM) située sur un serveur de l'unité « Centre Technique d'Information Génétique » d'INRAE, qui en assure la maintenance (sauvegarde des données, mise à jour logiciel, etc.). Cette VM héberge également les différentes applications développées dans le cadre du projet IODA.

L'interface de saisie et gestion des données a été développée à l'aide du framework php Symfony. Outre l'intérêt inhérent à l'utilisation de ce framework, ce choix a permis de bénéficier de l'expertise

d'INRAE au travers de la mutualisation de modules conçus dans le cadre du Centre Automatisé de Traitement de l'Information - Systèmes d'Informations et Calcul pour le Phénotypage Animal (CATI – SICPA). Afin de proposer une ergonomie optimale, des fonctionnalités particulières ont été intégrées à l'interface de saisie à l'aide du langage Javascript, qui permet des réactions dynamiques aux entrées réalisées par les utilisateurs, par exemple dans le cadre de valeurs aberrantes.

Les applications de visualisation de données ont été développées sous le langage R à l'aide du package Shiny (Chang *et al.*, 2018). Ce choix technologique a été motivé par la maîtrise de ce langage au sein de l'équipe de l'ITSAP et de l'UMT Prade. De nombreux scripts déjà développés pour le traitement des données dans le cadre des expérimentations menées par notre réseau expérimental ont ainsi pu être adaptés et intégrés dans les applications de visualisation, permettant aux utilisateurs de retrouver des formats de production, des types de réalisation graphique et des procédés de calcul familiers et déjà éprouvés.

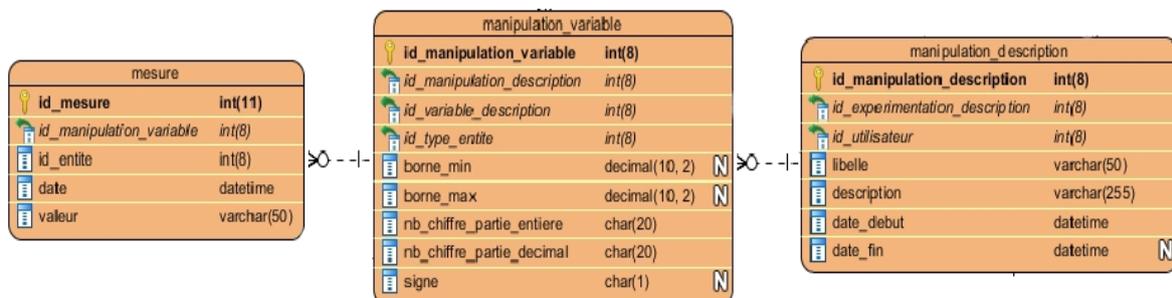
Ces applications « R - Shiny » ont été mises à disposition des membres du réseau par la mise en place d'un service shiny-server open source, hébergé sur la même machine virtuelle que la base de données IODA. Après authentification de l'utilisateur, elles permettent un accès direct aux données enregistrées en base et offrent des performances satisfaisantes, compte tenu du nombre restreints d'utilisateurs de ce système (de l'ordre d'une trentaine de techniciens, ingénieurs et chercheurs).

Un module cartographique commun a également été intégré aux applications de visualisation afin de permettre la contextualisation des observations de terrain en automatisant la récupération de couches cartographiques afin de décrire l'occupation du sol dans l'aire de butinage des ruchers (correspond à une aire circulaire de rayon 3 km). Ce module a été développé grâce au package Leaflet (Cheng *et al.*, 2018), porté sous R depuis le langage Javascript, et aux géo-services proposés par l'Institut National de l'information Géographique et Forestière (IGN).

2. Résultats

2.1 Base de données IODA

Pour répondre au besoin d'évolutivité de notre réseau, le modèle conceptuel des données a été pensé pour pouvoir créer de nouveaux protocoles expérimentaux sans avoir à modifier la structure de la base. Pour cela, chaque méthode est identifiée dans une table et liée à un ensemble de variables décrivant les manipulations de terrain constitutives de cette méthode. Les résultats des observations collectées sur le terrain sont stockés dans une table à part contenant les clés d'identifications pour remonter aux méthodes ainsi qu'un lien vers l'entité mesurée (ruche, hausse, etc.). La date de réalisation est elle-même stockée comme une observation dans la table des résultats. Chaque variable est également décrite dans une table à part permettant d'identifier son format (date, nombre réel, valeur décimale, etc.). Un extrait du modèle conceptuel de données illustrant ce mécanisme est présenté en Figure 1.



□

Figure 1 : Tables et relations issues de la base de données IODA décrivant les méthodes de terrain et le stockage des résultats

La même logique a été appliquée pour le stockage des résultats d'analyse de pesticides, mises en lien avec les méthodes d'analyse propres aux laboratoires prestataires de notre réseau. L'intérêt de ce travail est de pouvoir lier la détection ou quantification d'une substance aux limites de détection et de quantification de l'analyse. Les analyses multi-résidus pouvant intégrer la recherche de plusieurs centaines de substances, ce fonctionnement permet de savoir précisément ce qui a été recherché sur chaque prélèvement et avec quelle précision. La base de données IODA intègre également des tables dédiées aux informations propres aux substances (usage, famille chimique, DL50, etc.) afin de faciliter l'interprétation des résultats par les écotoxicologues.

La conséquence de cette structuration est qu'elle impose un format de type longitudinal aux données récupérées (Tableau 1). Concrètement, les valeurs sont stockées dans une même colonne tandis qu'une autre colonne précise la variable mesurée. L'identification de l'entité mesurée peut être jointe à cette sortie en fonction de la formulation de la requête.

Tableau 1 : Exemple d'extraction de données correspondant à un relevé de varroas phorétiques

valeur	libelle_variable	id_mesure	id_manipulation	code_rucher	code_ruche	code_hausse
06/04/17	date	167339	1949	ITSAP-A-2017	1010	corps
47	poids_abeilles	167340	1949	ITSAP-A-2017	1010	corps
16	nb_varroa	167341	1949	ITSAP-A-2017	1010	corps
Teepol	methode	167342	1949	ITSAP-A-2017	1010	corps

Si elle offre une grande souplesse pour l'évolutivité, et donc la pérennité, de la base de données IODA, cette structuration pose également une limite pour la prise en main des données lors de leur récupération. En effet, ce format est moins habituel pour les agents de notre réseau et demande donc une réorganisation pour permettre leur exploitation. Afin de faciliter la prise en main de notre système informatique, nous avons donc automatisé cette réorganisation et l'avons intégrée comme fonctionnalité dans les applications de visualisation des données afin de permettre aux utilisateurs de récupérer un tableau au format plus classique comprenant chaque variable dans une colonne dédiée et en ligne un ensemble d'observations reliées à une date sur une entité (une colonie, le plus souvent).

2.2 Interface de gestion des données

L'interface de gestion des données comprend en premier lieu un système d'authentification limitant l'accès aux données de l'utilisateur aux seuls projets pour lesquelles sa structure d'appartenance est partenaire. L'utilisateur doit ensuite renseigner le projet sur lequel il va travailler avant d'avoir accès aux autres fonctionnalités. En ce sens, le projet est l'élément fondamental permettant de gérer les droits d'accès.

La saisie de données commence par la déclaration de rucher qui se fait en deux temps : la géolocalisation suivie de la déclaration du nombre de ruche, du type de matériel et de la modalité expérimentale à laquelle elle appartient. La géolocalisation est facilitée par l'intégration d'une carte qui permet de collecter automatiquement l'adresse postale.

Une fois les ruchers et ruches déclarés, les données relatives aux observations de terrain peuvent être saisies dans des pages conçues spécifiquement. Quelle que soit la méthode employée, un premier formulaire sert à identifier la ruche observée, la date de l'observation et l'opérateur sur le terrain. Afin de garantir une grande adaptabilité, certaines méthodes sont paramétrables afin de spécifier uniquement les variables collectées sur le terrain. C'est le cas de la méthode ColEval, employée pour suivre l'évolution de colonies d'abeilles tantôt de manière holistique (tous types de couvain, pollen, miel, etc.), tantôt de manière partielle (couvain uniquement). Cette différence d'emploi de la méthode a été gérée en incluant un menu de sélection des variables (Figure 2).

Pour chaque type de données, une fonctionnalité d'import par téléchargement d'un tableau (au format « .csv ») a été intégrée. Cette fonctionnalité a été développée afin de faciliter l'intégration de données anciennes pour lesquelles il n'était pas acceptable de reproduire la saisie des données une à une.

L'interface de saisie des données IODA comprend également des pages permettant l'édition et la suppression des données. Des frises temporelles des actions réalisées sur les ruchers sont également proposées afin de donner à l'utilisateur les informations nécessaires à la vision du protocole expérimental et au suivi de la saisie effective des données. Ce point est particulièrement important pour les coordinateurs chargés de veiller à l'état d'avancement des projets dont ils ont la charge.

Création d'un ColEval

Selection de la colonie évaluée

Expérimentation * Station

Expérimentateur * Anne-laure Guirao

Rucher * ITSAP-C-2018

Date * 15/10/2020 16:36

Ruche * 1151

Lot (n° de visite)

Compartment * corps

Côté départ

Rajouter une hausse

Données à afficher

ab pccvf pccvo pccvmale pccres pol pccvide Vue Reine Type cadre

10 cadres à renseigner

Rucher	Ruche	Numéro de cadre	Face du cadre	ab	pccvf	pccvo	pccvmale	pccres	pol	pccvide	Vue Reine	Type cadre
ITSAP-C-2018	1151 - corps	1	A								0	Classique
ITSAP-C-2018	1151 - corps	1	B								0	Classique

Figure 2 : Capture d'écran de la page de saisie de données collectées par emploi de la méthode ColEval. Le menu « Données à afficher » permet de restreindre les variables à renseigner.

2.3 Module cartographique commun

Les applications de visualisation développées dans le cadre du projet IODA intègrent un module cartographique commun permettant de situer géographiquement les ruchers et de récupérer l'occupation du sol à proximité des ruchers. Ce module est une réponse au besoin de contextualisation des observations et prélèvements réalisés sur les ruches, utile pour comprendre l'état de développement d'une colonie et son profil toxicologique et éviter les biais d'interprétation.

L'occupation du sol compris dans l'aire de butinage est renseignée à partir différentes sources de données, à commencer par le Registre Parcellaire Graphique (Institut National de l'information Géographique et forestière, 2018) issu des déclarations faites par les agriculteurs dans le cadre de la Politique Agricole Commune (PAC). Cette ressource renseigne donc les cultures présentes sur les parcelles agricoles soumises à la PAC et est mise à disposition par l'Agence des Services de Paiements (ASP) par l'intermédiaire de l'Institut National de l'information Géographique et forestière (IGN), gestionnaire du service. Les données sont disponibles depuis 2010 et mises à jour annuellement, ce qui a permis l'implémentation d'une fonctionnalité de visualisation de l'évolution de l'assolement depuis 2010 jusqu'à 2018 (dernière année disponible actuellement). Hormis les parcelles agricoles, le couvert forestier est récupéré à partir de la base de données « Forêt V2 », constituée et gérée également par l'IGN (Institut National de l'information Géographique et forestière, 2019). Cette ressource indique l'essence forestière majoritairement représentée sur une surface donnée. Enfin, la couche cartographique Corine Land Cover 2018 (Büttner *et al.*, 2017) permet de compléter l'occupation du sol pour les zones non-représentées dans les couches précédentes (zones urbaines, parcelles non-soumises à la PAC, etc.).

Le module se présente avec une carte sur laquelle sont reportés les ruchers présents dans la base de données et sélectionnés via un menu déroulant dédié. Un simple clic sur la carte permet également de

positionner un emplacement supplémentaire afin de l'inclure dans la requête. Un bouton permet ensuite d'initier la récupération des données cartographiques depuis les serveurs de l'IGN. Au terme de cette récupération, les polygones permettant la description des aires de butinage sont affichés sur la carte (Figure 3). Un clic sur chaque polygone permet d'afficher un pop-up indiquant le type d'occupation du sol (nom de la culture, essence forestière majoritaire, etc.), la surface de la zone en hectare et la source des données.

Dans un deuxième onglet, une représentation graphique synthétise l'occupation du sol pour chaque emplacement. Différents menus permettent de sélectionner les catégories d'occupation du sol et les emplacements à afficher, tandis qu'il est également possible d'exprimer les surfaces en hectare ou en pourcentage de l'aire de butinage. Deux visualisations sont proposées par défaut : l'une axée sur la description et la comparaison d'emplacements, l'autre sur l'évolution des parcelles agricoles par emplacement.

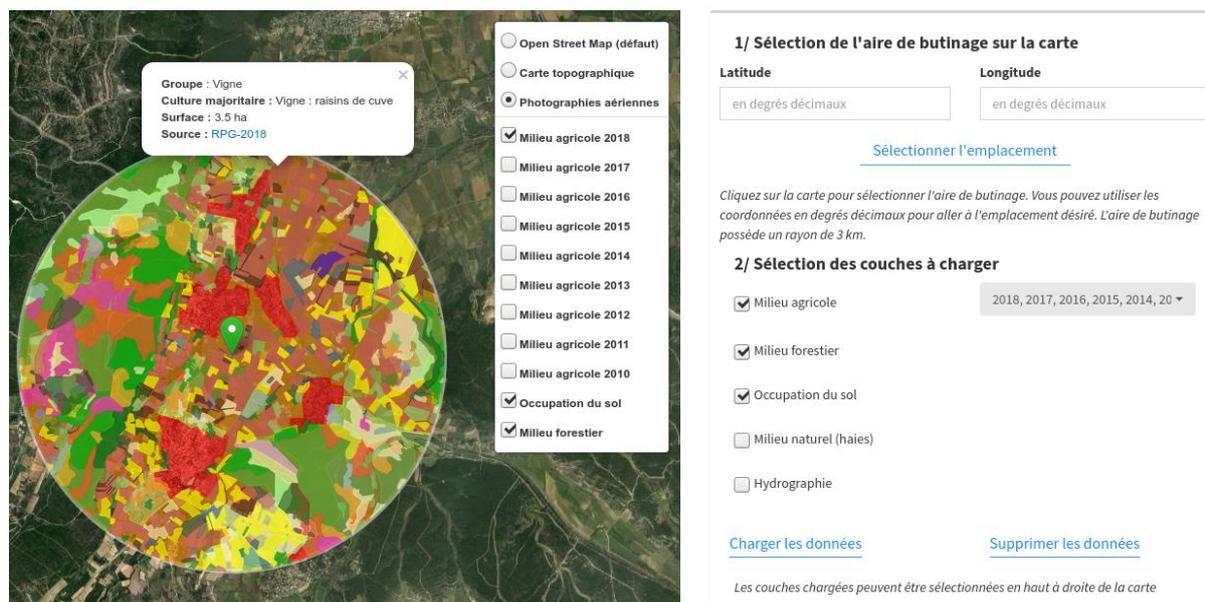


Figure 3 : Capture d'écran du module cartographique (BeeGIS) intégré aux applications de visualisation des données du système informatique IODA

Ce module a également été enrichi par l'ajout de données issues de la Base Nationale des Ventes de produits phytosanitaires à l'échelle Départementale (BNVD) qui permet de connaître, pour chaque substance active, les quantités vendues par département. Là encore, un outil de création graphique a été intégré pour permettre de suivre l'évolution des ventes par année et par département.

Pour répondre à la préoccupation croissante des apiculteurs concernant les ressources florales disponibles à proximité de leurs ruchers, une version « stand-alone » de ce module est aujourd'hui mise à disposition des exploitants sous le nom de BeeGIS (Dangléant, 2020). L'application [BeeGIS](#) a été lauréate de la 5^e édition du tremplin IGN fab, ce qui a permis d'intégrer de nouvelles couches cartographiques et d'accélérer son développement. Les retours faits par les professionnels apicoles sur notre outil montrent un intérêt important et de nombreuses demandes d'ajout de fonctionnalités nous ont été formulées. Nous continuons donc à faire évoluer BeeGIS pour servir à la fois notre réseau mais aussi les apiculteurs.

2.4 Application de visualisation de suivi des colonies

L'application dédiée à l'exploitation des données de suivi des colonies (hors résultats d'analyse de résidus de pesticides) comprend une marge qui contient des menus de sélection des projets et ruchers

ainsi que des accès à différentes pages organisées par type de visualisation. La sélection peut inclure des ruchers suivis dans le cadre de différents projets afin de permettre la récupération de données en vue de méta-analyses. Une fois sélectionnés, les ruchers sont reportés sur une carte (voir § 2.3) comprise sur la page d'accueil de l'application et les pages dédiées à l'exploration des données sont rendues accessibles. La première page de l'application fait figurer une frise chronologique reprenant pour chaque rucher les données détectées ainsi que la quantification des actions de terrain enregistrées (Figure 4).

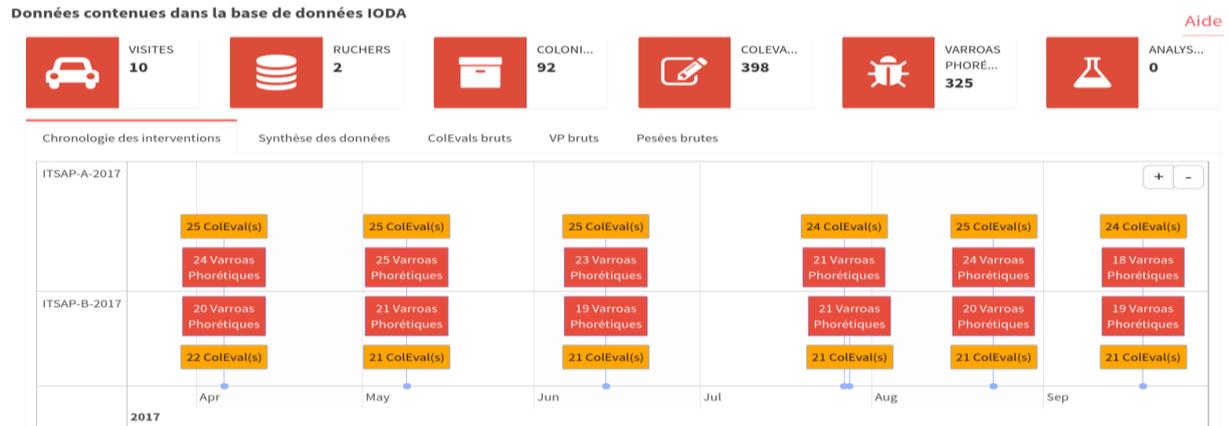


Figure 4 : Capture d'écran de la frise chronologique et des indicateurs des actions de terrain issue de l'application de visualisation des suivis de colonies pour deux ruchers

Ces éléments offrent une vision synthétique du protocole expérimental et permettent aux acteurs de notre réseau de vérifier le bon avancement de leurs expérimentations et de la saisie des données par leurs partenaires. Les onglets situés au-dessus de la frise permettent d'accéder aux tableaux de données bruts ainsi qu'à un tableau synthétique automatiquement réorganisé pour permettre la mise en œuvre directe d'analyses statistiques. Tous les tableaux proposés sont téléchargeables au format « .CSV ».

L'application intègre également une page nommée « composition des colonies » qui propose des visualisations standardisées. Chaque paramètre constitutif des colonies (couvain ouvert et fermé, réserves en miel et pollen, etc.) est représenté sous forme de diagramme en barres empilées allant de 0 à 100 %. Le nombre d'abeilles est reporté au-dessus de chaque barre, de même que le nombre varroas et le poids de la ruche en cas de relevés synchrones (Figure 5).

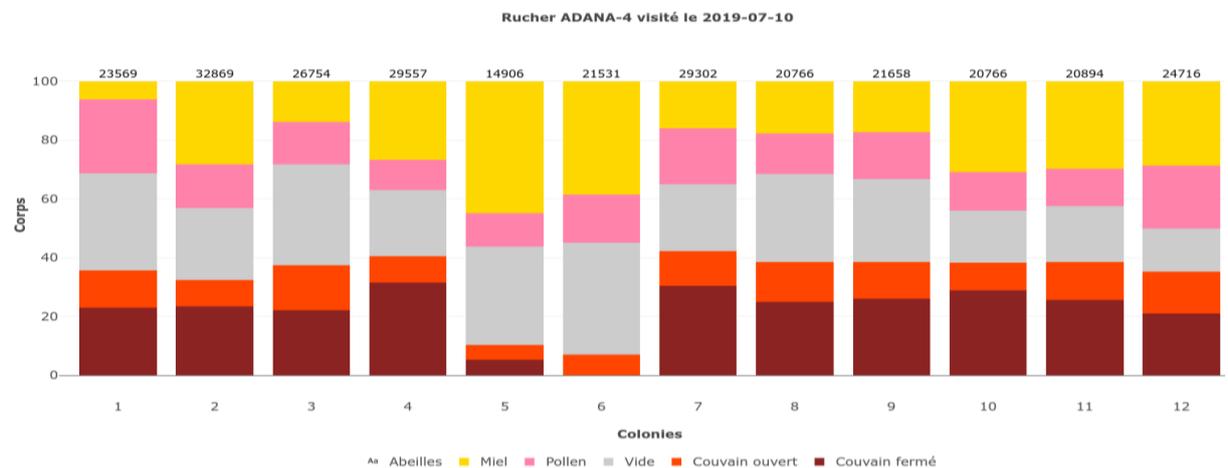


Figure 5 : Capture d'écran de la page "Composition des colonies" issue de l'application de suivi des colonies du projet IODA

Dans l'onglet « Visualisation rucher », les colonies observées dans un même rucher à une même date sont présentées côte à côte, tandis que des menus déroulants permettent de naviguer entre les ruchers et dates des visites de terrain. Dans l'onglet « Evolution colonie », le même type de visualisation est proposé selon une logique chronologique : l'utilisateur sélectionne alors une colonie dont la composition à différentes dates est présentée.

Le dernier onglet nommé « Compte rendu de visite » permet de générer un rapport automatique à destination de l'apiculteur ayant mis à disposition le rucher. Ces comptes-rendus incluent un tableau résumé et une représentation graphique de la composition du rucher observé lors de la visite ainsi que des textes standards (présentation du graphique, etc.). Un commentaire personnalisable peut également être rédigé avant édition du compte rendu afin de signaler un événement particulier à l'apiculteur. Enfin, les colonies en arrêt de ponte sont détectées automatiquement et donnent lieu à un commentaire mis en avant pour faire remonter cette information importante à l'apiculteur.

La dernière page de l'application est nommée « Evolution des ruchers ». Elle est dédiée à la comparaison des suivis dans le temps, que ce soit pour les moyennes calculées à l'échelle des ruchers ou individuellement par ruche. De nombreux outils présents dans cette page permettent de sélectionner les variables à afficher graphiquement, le type de représentation graphique (boxplots, courbes individuelles, moyennes, etc.), les périodes considérées, et les colonies à intégrer.

2.5 Application de visualisation des données de résidus de pesticides

L'application de visualisation des résultats d'analyse de pesticides intègre en premier lieu un ensemble de menus déroulants permettant de sélectionner les projets à partir desquels récupérer les données, puis les structures en charge du suivi, les ruchers, et enfin la matrice apicole considérée (abeilles, pain d'abeille, pollen de trappe, etc.). En effet, hormis dans le cadre de certaines fonctionnalités spécifiques, l'exploitation de ces données se fait sans croisement de matrice afin de limiter les biais d'interprétation, comme demandé par les écotoxicologues du groupe de travail de cette application.

Une première page nommée « Résumé des données » inclut des indicateurs du nombre de prélèvements disponibles, du nombre d'entités prélevées (colonies ou ruchers en cas de réunion de prélèvements), ainsi que du nombre de substances détectées sur l'ensemble du jeu de données. Des diagrammes en barres présentent la fréquence de détection et la fréquence de quantification de chaque substance avec une légende dont la couleur indique l'usage agricole de la substance (fongicide, herbicide, etc.). Dans un autre onglet situé sur la même page, des tableaux compilant des indicateurs à l'échelle de l'ensemble des prélèvements sélectionnés sont disponibles. Ces indicateurs ont été déterminés par le groupe de travail et incluent les pourcentages de prélèvements contenant au moins une substance, le nombre maximal de substance dans un échantillon, un décompte des substances par usage, etc. Un deuxième tableau permet d'explorer les résultats substance par substance en indiquant le nombre d'analyses réalisées, la fréquence moyenne de détection et de quantification, la concentration minimale, médiane, moyenne et maximale ainsi que les 5^e, 90^e et 95^e percentiles. Ce tableau est particulièrement utile dans le cadre de la phyto-pharmaco-vigilance car il permet d'obtenir une synthèse concernant une substance particulière sur l'ensemble des données disponibles en base et illustre le travail collaboratif mené entre l'ITSAP et l'ANSES.

La page « évolution de la contamination » propose deux types de graphiques dédiés aux analyses répétées sur des colonies (ou à l'échelle des ruchers). Le premier est une représentation du nombre de molécules détectées au cours du temps par colonie ou en moyenne sur un rucher (le passage de l'un à l'autre se fait via un bouton dédié). La liste des substances détectées est affichée lors du survol de la souris sur un point du graphique. Le deuxième graphique proposé dans cette page permet de suivre l'évolution de la concentration d'une ou plusieurs substance(s) sélectionnée(s) par l'utilisateur sur les colonies et ruchers suivis.

La dernière page de l'application est dédiée à l'analyse de la co-exposition. Elle contient en premier lieu

un tableau listant tous les assemblages de substances détectées et leur occurrence. Ce tableau peut être ordonné en fonction du nombre de substances simultanément présentes dans un même prélèvement ou par nombre d'occurrences. Dans un deuxième onglet, une matrice de co-occurrence peut être construite en sélectionnant les substances une à une. Cette matrice est basée sur l'indice de Jaccard et correspond au calcul de distance entre les substances d'après leurs présences communes et non-communes dans les différents prélèvements. Cette matrice peut ensuite être utilisée pour construire un dendrogramme de classification hiérarchique des substances relatif à la probabilité de leur présence simultanée dans un prélèvement. Cette vision a cependant été jugée perfectible car ne prenant réellement en compte que l'assemblage de substance deux à deux. Afin d'offrir une vision complémentaire, un troisième onglet présente donc l'assemblage des molécules selon la méthode d'Euler (Larsson *et al.*, 2019) (Figure 6).

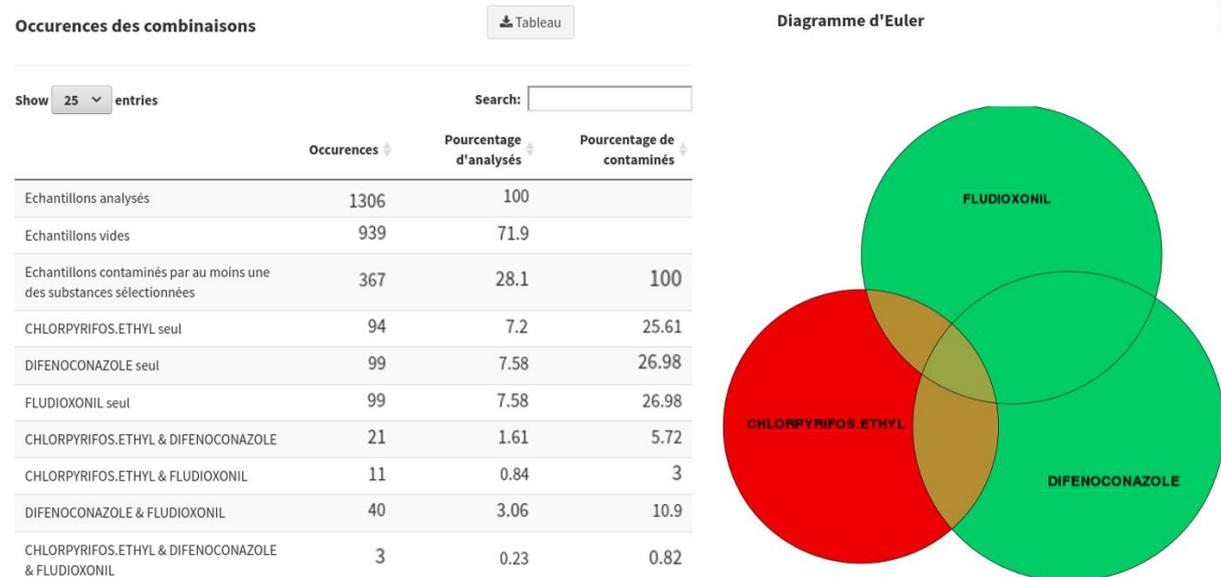


Figure 6 : Capture d'écran de l'application dédiée aux analyses de résidus de pesticides. Fonctionnalité dédiée à l'étude de la co-occurrence des résidus de pesticides par la méthode d'Euler.

Sur cette représentation graphique, la co-occurrence des substances dans les prélèvements considérés est représentée par la superposition des disques correspondant à chaque substance. La couleur correspond à l'usage agricole des substances avec notamment en rouge les insecticides et en vert les fongicides (non légendé sur la Figure 6). Un tableau résumant ces co-occurrences fournit le dénombrement précis des détections de chaque substance seule et de chaque assemblage constaté. Cette méthode permet, pour un ensemble de substances sélectionnées, de voir rapidement si une molécule est systématiquement associée à d'autre ou si, au contraire, elle est le plus souvent trouvée seule. Bien qu'intéressante, cette méthode ne permet cependant pas d'intégrer plus de 5 substances à l'analyse pour des raisons de performances de l'algorithme. Un dernier onglet de l'application permet de réaliser un diagramme en barre descriptif de ces associations, réalisé avec le package « upSetR » car identifié comme alternative aux diagrammes de Venn et d'Euler pour l'étude des co-occurrences (Gehlenborg *et al.*, 2017).

L'application dédiée à l'analyse des pesticides est donc riche en fonctionnalités. Cette richesse est directement liée à l'évolution du domaine scientifique de l'écotoxicologie qui s'enrichit de nouvelles méthodes pour travailler sur la question complexe des co-occurrences de résidus de pesticides. Le choix du langage R – Shiny pour le développement présente comme grand avantage de pouvoir intégrer les nouvelles méthodes statistiques proposées par tout nouveau package et garantit un potentiel évolutif conséquent à nos outils.

Conclusion

Le projet IODA a permis à l'ITSAP – Institut de l'abeille et à son réseau de partenaires de développer des outils numériques facilitant la gestion, l'exploitation et la valorisation des données collectées au cours d'expérimentations sur l'abeille domestique. Au-delà de la vie des projets expérimentaux, l'ensemble des applications développées permet de mobiliser un nombre important de données afin de répondre à de nouvelles hypothèses scientifiques relatives à la production de miel et au déclin des abeilles dans le cadre d'analyses statistiques de type « méta-analyses », c'est à dire portant sur un nombre important de données collectées dans différents cadres scientifiques.

Ces outils ont aujourd'hui trouvé une utilité auprès d'instances nationales telles que l'ANSES dans le cadre de la phyto-pharmaco-vigilance comme auprès des apiculteurs pour mieux appréhender les ressources disponibles pour leurs abeilles. Les compétences informatiques développées au sein de nos structures au cours du développement nous permettent de continuer à faire évoluer nos outils et ouvrent de nouvelles perspectives pour la filière apicole. Nos efforts se concentrent actuellement sur la finalisation de ces outils concernant leur convergence et leur interopérabilité avec d'autres services, internes comme externes. L'expérience acquises en termes de gestion de projet numérique nous a également permis de proposer des projets de développement d'outils à destination des apiculteurs et avec lesquels une synergie pourra être mise en place avec les outils IODA.

Au terme de ces travaux de développement, un travail de fond doit maintenant être mené pour, d'une part, intégrer des données antérieures au projet IODA et, d'autre part, concrétiser leur ouverture au monde de la recherche. Pour ceci, une réflexion a été initiée à l'échelle de notre réseau expérimental concernant le cadre juridique de protection et de propriété des données adapté à notre contexte. Cette réflexion se fait donc en collaboration avec les structures propriétaires de données intégrées dans IODA et doit aboutir à l'adoption d'une licence d'utilisation des données qui clarifiera leur accès. Les demandes d'accès aux données par des chercheurs extérieurs à notre réseau sont actuellement instruites individuellement et permettent de faire progresser cette démarche.

Remerciements

Nous tenons à remercier le ministère de l'agriculture pour son financement par le dispositif CASDAR ainsi que toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation et à l'enrichissement du projet IODA, notamment Edmond Ricard (INRAE), Miren Pédehontaa-Hiaa (ADA NA), Pierre-Alban Rault (ITSAP), Fabrice Allier (ITSAP), Florence Aimon-Marie (Chambre d'agriculture de la Charente-Maritime), Typhaine Daudin (ADA Bretagne).

Références bibliographiques

- Büttner G., Kosztra B., Soukup T., Sousa A., Langanke T., 2017. CLC2018 Technical Guidelines. [URL](#)
- Dangleant A., 2020. BeeGIS – une application pour estimer les ressources autour des ruchers. [URL](#)
- Dietemann V., Nazzi F., Martin S., Anderson D., Locke B., Delaplane K., Wauquiez Q., Tanahill C., Frey E., Ziegelmann B., Rosenkranz P., Ellis J., 2012. Standard methods for varroa research. *Journal of Apicultural Research*. 52. 1-54. 10.3896/IBRA.1.52.1.09.
- FranceAgriMer, 2012. Audit économique de la filière apicole Française. [URL](#)
- FranceAgriMer, 2015. La production de miel et de gelée royale en France en 2014. [URL](#)
- FranceAgriMer, 2020. La production de miel et de gelée royale en France en 2019. [URL](#)
- Gehlenborg N., 2017. UpSetR: A More Scalable Alternative to Venn and Euler Diagrams for Visualizing Intersecting Sets. R package version 1.3.3. [URL](#)

Goulson D., Nicholls E., Botías C., Rotheray E.L., 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1–16.

Hernandez J., Maisonnasse A., Cousin M., Beri C., Le Quintrec C., Bouetard A., Castex D., Decante D., Servel E., Buchwalder G., Brunet F., Feschet-Destrella E., de Bellescize K., Kairo G., Frontero L., Pédehontaa-Hiaa M., Buisson R., Pouderoux T., Aebi A., Kretzschmar A., 2020. ColEval: Honeybee COLony Structure EVALuation for Field Surveys. *Insects*. 2020 Jan 5;11(1):41.

Institut National de l'information Géographique et forestière, 2018. RPG Version 2.0 - Descriptif de contenu et de livraison. [URL](#)

Institut National de l'information Géographique et forestière, 2019. La BD FORÊT® V2 Une cartographie forestière nationale pour les territoires. [URL](#)

Cheng J., Karambelkar B., Xie Y., 2018. leaflet: Create Interactive Web Maps with the JavaScript 'Leaflet' Library. R package version 2.0.2. [URL](#)

Larsson J., 2019. Eulerr: Area-Proportional Euler and Venn Diagrams with Ellipses. R package version 5.1.0, [URL](#)

Laurent M., Hendrikx P., Ribiere-Chabert M., Chauzat M-P., 2016. A pan-European epidemiological study on honeybee colony losses 2012 – 2014. [URL](#)

Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2013. Plan de développement durable de l'apiculture. [URL](#)

R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [URL](#)

Chang W., Cheng J., Allaire J.J., Xie Y., McPherson J., 2018. shiny: Web Application Framework for R. R package version 1.2.0. [URL](#)

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).