

CAHIER TECHNIQUE 2023-2024

APINVERNO

Interreg



Cofinancé par
l'Union Européenne

France – Italie ALCOTRA

Bénéfice et risque
de l'hivernage des
colonies d'abeilles
en altitude



Association pour le
Développement de
l'Apiculture provençale



DISAFA
Università degli studi di Torino

INRAE



UNA API
Unione Nazionale
Associazioni Apicoltori Italiani

TABLE DES MATIÈRES

✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°1	3
Origine du projet APINVERNO	
✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°2	5
Dispositif expérimental d'APINVERNO	
✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°3	8
Effets des stratégies de lutte hivernale sur les charges parasitaires au cours de la saison apicole	
✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°4	11
Quels peuvent être les effets d'un hivernage en montagne sur le développement printanier des colonies ?	
✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°5	15
Effet du mode d'hivernage sur les réserves et la production de miel	
✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°6	18
Effets d'un hivernage en montagne et d'un encagement hivernal sur la survie des colonies	
✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°7	20
Quels effets des stratégies de lutte sur les charges virales ?	
✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°8	25
Le regard des apiculteurs du projet	
✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°9	28
Résistance à Varroa : le pin-test, outil d'évaluation du comportement hygiénique	
✦ FICHE TECHNIQUE APINVERNO N°10	31
APINVERNO - une transition réussie	

ONT CONTRIBUÉ À LA RÉUSSITE DU PROJET APINVERNO

Eleonora Bassi
Robin Buisson
Benoît Doremus
Massimiliano Gotti
Valeria Grande
Giovanni Guido

Pascal Jourdan
Guillaume Kairo
Coline Kouchner
Daniele Longhi
Cristina Marzachi
Philippe Maure

Fanny Mondet
Michele Tagliabue
Simone Tosi
Emilie Tourlet

Crédit Photo : Guillaume Kairo - Édition : Viviane Baeza (Com & Pic) - Trad. Davide Cavalieri

ORIGINE DU PROJET APINVERNO

Du suivi Innov'api de 390 colonies au cours de 3 années à raison de 8 observations par an, la question de l'état des colonies en hiver est clairement apparue comme cruciale. D'une part cet état influence la survie hivernale mais surtout, pour les colonies qui survivent, l'état populationnel et sanitaire des colonies en hiver conditionne le redémarrage de ces colonies au printemps et donc leur développement en début de saison puis, finalement, leur productivité sur la saison entière. Parmi les facteurs sanitaires essentiels à contrôler en hiver, une faible charge en Varroa est le facteur majeur.

Ce qui caractérise la dynamique des colonies en hiver est la décroissance du couvain operculé consécutif à l'arrêt de ponte de la reine lié à la présence de périodes froides.

Dans cette période, les traitements de fin de saison contre Varroa sont responsables de la baisse du niveau de charge en parasite des colonies. Depuis quelques années, ce traitement de fin de saison est souvent accompagné d'un traitement de rattrapage en hiver, pour parvenir à limiter significativement la charge en varroa pendant l'hiver et au début de la saison suivante. Le traitement, souvent à base d'acide oxalique, est d'autant plus efficace qu'il est appliqué hors la présence de couvain.

Les deux figures issues d'Innov'Api :

- ✦ Figure 1.1 : Différence entre les traitements réussis en Italie (A) et les traitements défectueux en France (B). En France (B), on voit qu'après un traitement de fin de saison (juillet/août, croix jaune) inefficace, la charge en Varroa atteint des niveaux élevés pendant la saison (flèches roses) ;

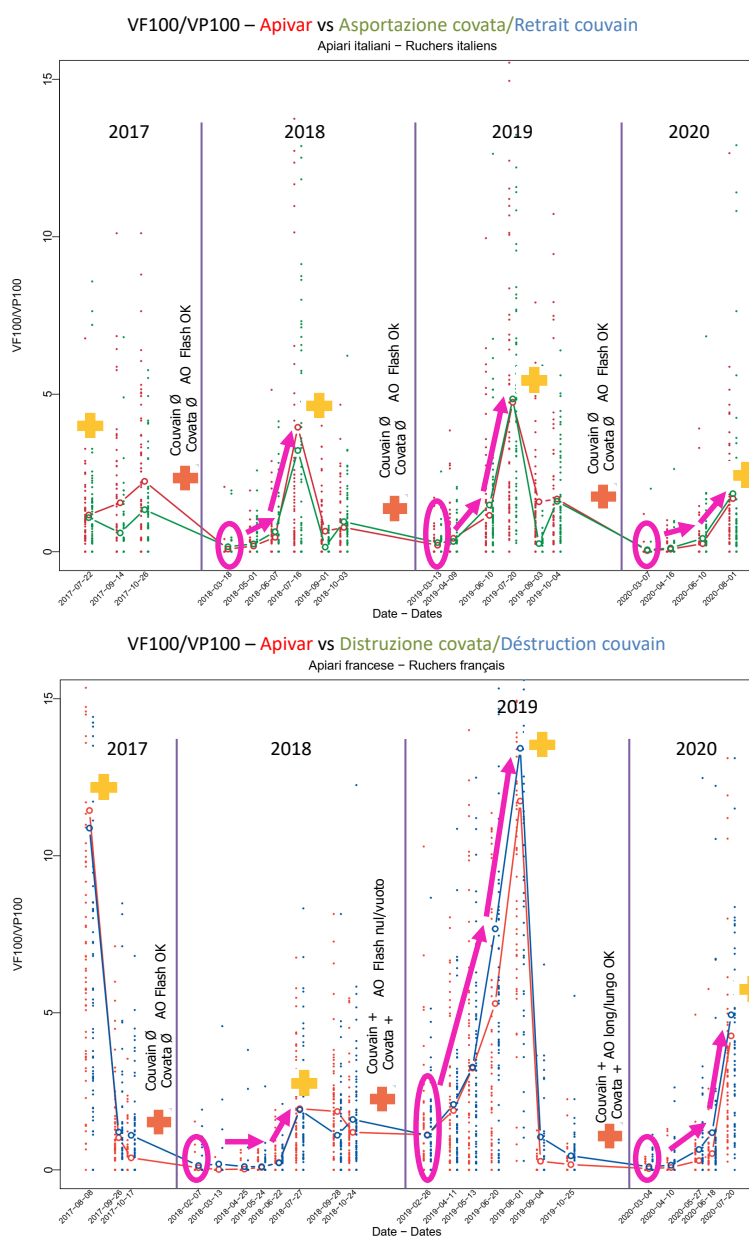


Figure 1.1 - Effets des traitements sur l'infestation Varroa en Italie et en France

✦ Figure 1.2 : Conséquence sur la productivité des colonies en saison et la mortalité hivernale. Dans le rucher français T2, dans lequel le traitement contre Varroa en fin de saison et le traitement hivernal ont été déficients, on observe une diminution de 7 % de la production et une mortalité hivernale proche de 40 %.

✦ Une pratique courante des apiculteurs de la région ALCOTRA est d'amener les colonies en fin de saison pour un hivernage dans les plaines littorales de façon à bénéficier, le plus tôt possible au printemps, du redémarrage de la végétation est des ressources potentielles.

C'est le cœur de la question d'APINVERNO : est-ce que les hivers, souvent assez doux sur les bords de la Méditerranée, en raison du changement climatique, sont-ils encore susceptibles de provoquer un arrêt de ponte naturel ou bien faut-il recourir soit à un hivernage en zone d'altitude avec des hivers plus rigoureux qui provoquent l'arrêt de ponte, soit à une intervention pour provoquer l'arrêt de ponte comme, par exemple l'encagement de la reine ?

APINVERNO pose donc la question de savoir s'il existe une stratégie optimale pour organiser l'hivernage ; pour cela le projet propose de comparer plusieurs scénarii :

✦ Laisser les colonies en altitude pour que la rigueur du début de l'hiver provoque un arrêt de ponte naturel et profiter de cette période sans couvain pour faire un traitement de rattrapage contre Varroa ; à la fin de ce traitement, transhumer ensuite les colonies en plaine pour bénéficier des ressources précoces au printemps ;

Exemple des ruchers Français durant la saison 2019-2020
Esempio di apiari francesi durante la stagione 2019-2020

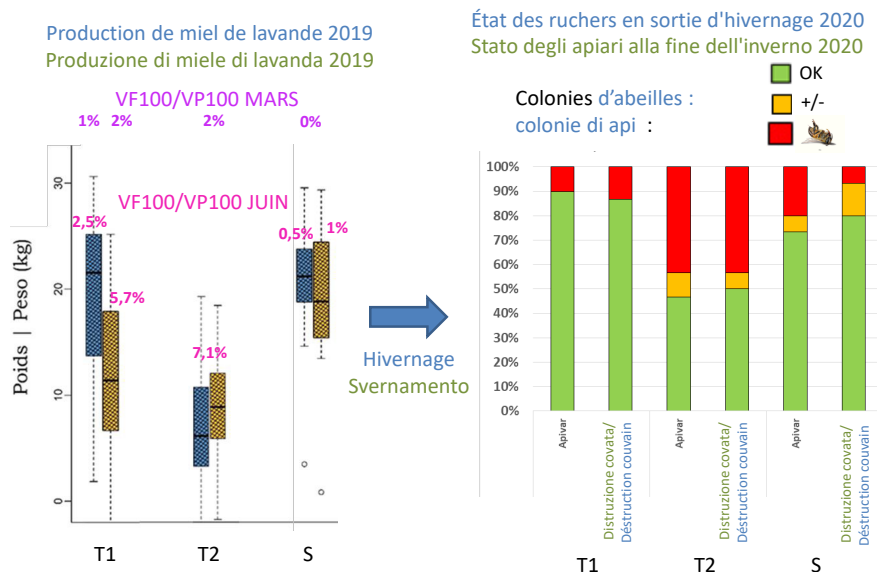


Figure 1.2 - Conséquence sur la productivité des colonies en saison et la mortalité hivernale.

✦ Transhumer les colonies en plaine à la fin de l'automne dans l'espoir que l'hiver sera suffisamment rigoureux pour que l'arrêt de ponte ait lieu et que les colonies n'aient pas des charges en varroas trop grandes à la sortie de l'hiver ;

✦ Transhumer les colonies en plaine à la fin de l'automne mais pratiquer un engagement de la reine une fois le rucher installé pour provoquer l'arrêt de ponte et procéder au traitement dans les meilleures conditions (absence de couvain).

La comparaison entre les modalités s'est enrichie d'une différence de climat assez sensible entre le Piémont italien et les Alpes provençales. D'une façon générale, les Alpes provençales bénéficient d'un climat plus doux que la région du Piémont italien. Le climat des deux régions est très contrasté car elles sont situées de part et d'autre de la chaîne alpine. La température moyenne annuelle est de 9°C et 16 °C, respectivement au Piémont et en Provence, avec des maxima moyens correspondants de 19°C et 26°C en été. Le nombre de jours de pluie par mois varie entre 8 et 11 au Piémont et entre 3 et 8 en Provence. Les précipitations journalières moyennes varient de 2,5 à 4,4 mm/jour au cours du printemps et de l'été au Piémont et de 0,6 à 1,8 mm/jour en Provence pour la même période de l'année (données issues de www.donneesmondiales.com/europe).

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL D'APINVERNO

OBJECTIF

L'objectif principal du projet APINVERNO est d'évaluer plusieurs stratégies de lutte contre Varroa en hiver : l'hivernage en altitude en environnement froid et/ou l'encagement de reine. Ces différentes stratégies visent à favoriser la rupture de couvain dans les colonies pour optimiser l'efficacité des traitements acaricides à base d'acide oxalique. En absence de couvain, les varroas ne peuvent se cacher et se retrouvent en phase phorétique sur les abeilles pour être directement exposés à l'acide oxalique lors de traitements flash par dégouttement ou sublimation. Pour répondre à cet objectif, une étude a été réalisée, en France et en Italie, durant 2 années, sur des ruchers de 4 apiculteurs (2 français et 2 italiens) ayant chacun mis 60 colonies en expérimentation chaque année (240 colonies/an).

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

ANNÉE 1 :

La première année d'études 2 protocoles légèrement différents ont été mis en place en France et en Italie pour s'adapter à des pratiques légèrement différentes de part et d'autre des Alpes. En France, 2 apiculteurs ayant des circuits de production différents ont été choisis afin d'intégrer cette composante dans le choix des stratégies de lutte en hiver. En effet, en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, la grande diversité du territoire offre la possibilité de terminer la saison apicole avec

différentes miellées d'été respectivement miellées de lavande ou montagne, pouvant jouer sur le développement des varroas de par leur caractère bloquant ou dynamisant. A l'issue de la saison de production et après les traitements d'été, laissés au libre choix de l'apiculteur, chaque rucher a été scindé en 2 lots de 30 colonies. Un lot a hiverné en montagne à une altitude d'environ 1000m dans les Hautes Alpes ou les Alpes maritimes, dans des conditions froides favorables à une rupture naturelle de couvain. L'autre lot a hiverné en plaine entre 250 et 300m dans les Alpes maritimes ou le Var. Contrairement à la montagne, la plaine offre des conditions plus tempérées et de ce fait peu propice à une rupture naturelle de couvain. De ce fait un encagement de reine a été pratiqué de mi-novembre à mi-décembre sur ce lot pour aboutir à une rupture artificielle de couvain (Fig. 2.1).

Pour le lot hiverné en altitude, l'hivernage en montagne est qualifié de partiel car les colonies ont rejoint celles hivernées en plaine dès mi-décembre, moment de la libération des reines. L'ensemble des colonies des 2 modalités, rassemblés jusqu'à la fin de la saison, ont alors reçu les traitements acaricides.

En Italie, les 2 ruchers d'apiculteurs italiens avaient suivi des parcours de production identiques (acacia et châtaignier), largement rependus. Contrairement à la France les stratégies d'encagement des reines et de non encagement ont été testées dans les différents environnement (montagne et plaine). La raison de cette adaptation

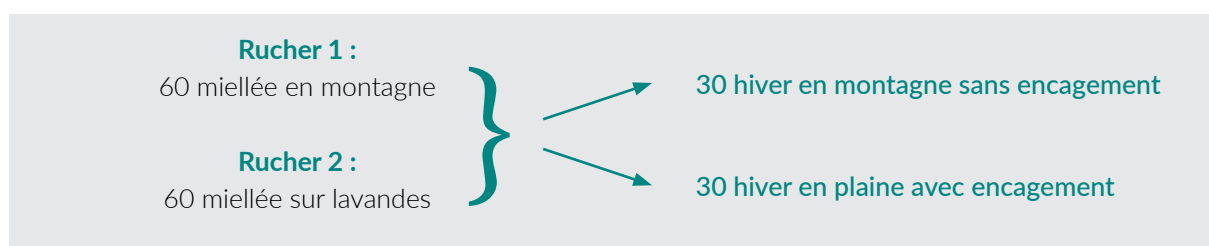


Figure 2.1 - Dispositif expérimental de l'année 1 pour les ruchers français



Figure 2.2 - Dispositif expérimental de l'année 1 pour les ruchers italiens

du protocole est d'ordre climatique puisque la plaine du Pô (170 m d'altitude) est une zone plutôt froide en hiver alors que les zones d'hivernage en montagne, à plus basse altitude (700m d'altitude pour le piémont et les Apennins) ne le sont pas forcément selon l'exposition des ruchers. Dans ces conditions où l'arrêt de ponte peut ne pas être systématique ou être décalé entre les colonies d'un rucher, la stratégie d'encagement des reines permet d'homogénéiser l'arrêt de ponte. Autre conséquence, les lots hivernés en plaine ont rejoint ceux hivernés en montagne durant l'hiver pour être rassemblés jusqu'à la fin de la saison (Fig. 2.2).

ANNÉE 2 :

Pour l'année 2, un dispositif commun en France et en Italie a été mis en place. Pour chacun des 4 ruchers, 1 lot de 20 colonies a hiverné en montagne sans encagement de reine et 2 lots de 20 colonies ont hiverné en plaine avec et sans encagement de reines (Fig. 2.3).

PRINCIPE DE L'ENCAGEMENT DE REINE

Pour s'assurer d'une rupture de couvain artificielle les reines sont encagées 25 jours, de mi-novembre à mi-décembre. Pendant ce laps de temps, durant lequel, elle est forcée d'arrêter son activité de ponte, l'ensemble du couvain émerge (cycle de 21 jours pour le couvain d'ouvrières et 24 jours



pour le couvain mâle). Des cages chinoises sont utilisées pour isoler les reines. Une fois la reine capturée, la cage est fixée sur du couvain, le plus jeune possible et donc le dernier à émerger, et sur le tiers supérieur du cadre proche des réserves. Cette action a pour but de limiter les risques de déplacement de la grappe d'abeille et d'abandon de la reine. Au moment de la libération de la reine, l'ensemble des varroas sont en phase phorétique



Figure 2.3 - Dispositif expérimental de l'année 2 pour les ruchers français et italiens

puisqu'ils n'ont plus la possibilité de s'enfermer dans le couvain pour s'y reproduire. Deux traitements à l'acide oxalique par sublimation sont alors appliqués successivement : le premier au moment de la libération et le second 3-4 jours après, avant que les premiers stades larvaires n'apparaissent si la reine reprend une activité de ponte dès sa libération (Fig. 2.4).

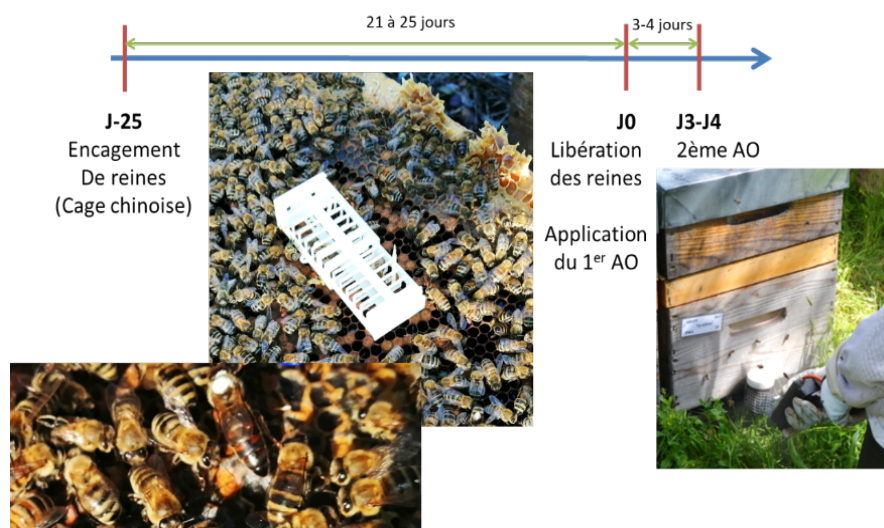


Figure 2.4 - Principe de l'encagement de reine en hiver avec cage chinoise

CALENDRIER ANNUEL DES OPÉRATIONS ET MESURES RÉALISÉES SUR LES COLONIES

Les différentes opérations et mesures réalisées ont été effectuées d'août (traitement d'été et préparation à l'hivernage) à juillet de l'année suivante (fin de la saison de production). Pour chacune des colonies, des mesures de populations par la méthode ColEval (Hernandez et al, 2020), de l'état sanitaire (Infestation Varroa et charges virales)

et du comportement hygiénique, ont été réalisées à des périodes clés (avant la séparation des lots (V1), en sortie d'hiver (V2) et avant la dernière miellée (V3). De plus les taux de survie hivernale ont été évalués lors des visites de printemps et la performance a été mesurée à l'issue de chaque miellée par pesée des récoltes. Ainsi une évaluation objective des différentes stratégies de lutte mis en place a pu être réalisées pour identifier les coûts et avantages de chacune d'elles (Fig. 2.5).

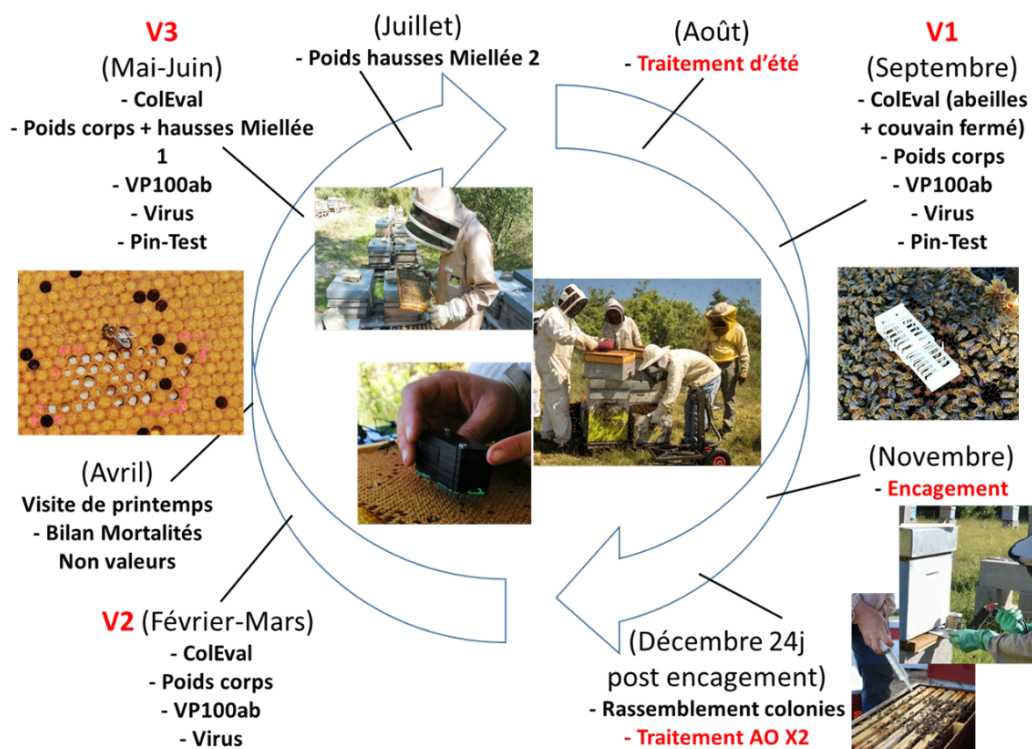


Figure 2.5 - Calendrier annuel des opérations et mesures réalisées sur les colonies

EFFETS DES STRATÉGIES DE LUTTE HIVERNALE SUR LES CHARGES PARASITAIRES AU COURS DE LA SAISON APICOLE

Dans le projet APINVERNO, l'intérêt des différentes stratégies d'hivernage (hivernage en altitude ou en plaine avec ou sans encagement) pour lutter contre Varroa a été évalué par des mesures des taux d'infestation au cours du temps. Pour chaque année d'étude, ces taux d'infestation ont été mesurés en septembre (avant la mise en place des stratégies d'hivernage) en sortie d'hiver (après les traitements et au redémarrage des colonies) et avant la dernière miellée (lavande ou montagne et France et châtaignier en Italie) sachant que des taux élevés peuvent impacter la production de miel.

COMMENT MESURER LES TAUX DE VARROAS PHORÉTIQUES ?

Pour mesurer les charges en varroas des colonies, l'indicateur d'infestation utilisé est la mesure du taux de varroas phorétiques pour 100 abeilles (VP/100ab).

Trois méthodes (sucre glace, CO₂ et détergent) existent pour mesurer simplement le taux de VP/100ab dans les colonies d'abeilles. Dans le projet APINVERNO, c'est la méthode au détergent qui a été privilégiée car la plus fiable. Cette méthode consiste à réaliser, sur un cadre de couvain ouvert, un prélèvement de 300 abeilles environ (équivalent à un volume de 100 mL ou 40 g). Ce prélèvement réalisé dans un sac de congélation est stocké au froid. Au laboratoire, les sachets sont pesés pour déterminer la quantité d'abeilles prélevée (Quantité d'abeille = poids de l'échantillon ÷ 0.14g (poids d'une abeille)). Par la suite, une solution aqueuse contenant du détergent (Teepol®) est introduite dans les sachets avant qu'ils ne soient vigoureusement secoués pour décrocher les

varroas des abeilles. Une fois cette opération réalisée, le contenu du sachet est filtré et rincé au travers d'un double tamis, le premier retenant les abeilles et le second retenant les varroas. Il ne reste alors qu'à compter le nombre de varroas en tenant compte du nombre d'abeilles dans l'échantillon pour déterminer le taux de VP/100ab ($VP/100ab = \text{nombre de varroas} \times 100 / \text{nombre d'abeilles}$) (Fig. 3.1).



Figure 3.1 - Lavage des abeilles et comptage des varroas

QUELLE EFFICACITÉ DES DIFFÉRENTES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE VARROA EN HIVER ?

Les résultats présentés font la distinction entre les ruchers français et italiens. Pour chaque modalité, les résultats des 2 apiculteurs sont compilés.

EN FRANCE :

Au cours des 3 mesures réalisées chaque année, aucune différence de taux d'infestation n'a été observé entre les modalités (hiver en montagne sans encagement VS hivernage en plaine avec encagement pour l'année 1 ; hiver en montagne sans encagement VS hivernage en plaine avec encagement VS hivernage en plaine sans encagement pour l'année 2). Les différents lots avaient des taux de varroas phorétiques faibles et acceptables avant l'hivernage (environ 0.2 VP/100ab l'année 1 et 1VP/100ab l'année 2 en valeur médiane). En mars, en sortie d'hiver, les mesures ont révélé une bonne efficacité de l'ensemble des stratégies de lutte hivernale et comparables avec des taux d'infestation de 0 VP/100ab en valeur médiane pour les 2 années. Ces traitements d'hiver efficaces ont permis de maintenir des charges parasitaires basses tout au long des 2 saisons de production puisqu'avant la dernière miellée, en juin, les taux étaient systématiquement inférieurs à 1 VP/100ab en valeur médiane, bien en dessous du seuil de 2-3 VP/100ab commençant à impacter la production (Fig. 3.2).

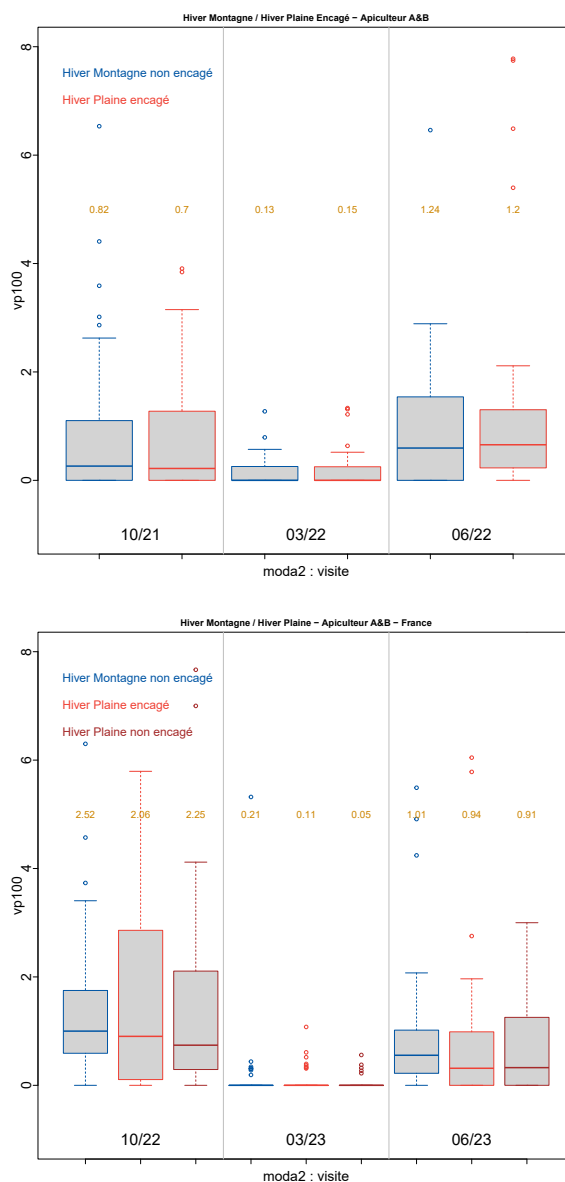


Figure 3.2 - Evolution des taux de Varroas phorétiques pour les ruchers français en année 1 et année 2 selon les différentes stratégies de luttes hivernales

EN ITALIE :

Comme en France, Au cours des 3 mesures réalisées chaque année, aucune différence de taux d'infestation n'a été observé entre les modalités (hiver en montagne avec ou sans encagement VS hivernage en plaine avec ou sans encagement pour l'année 1 ; hiver en montagne sans encagement VS hivernage en plaine avec encagement VS hivernage en plaine sans encagement pour l'année 2). Les différents lots avaient des taux de varroas phorétiques très faibles et acceptables durant les 2 années puisque quelques soient les périodes de

mesures les taux étaient de 0 VP/100ab en valeur médiane et donc loin d'être préjudiciables pour les colonies italiennes. L'ensemble des stratégies de lutte hivernales ont montrées leur efficacité (Fig. 3.3).

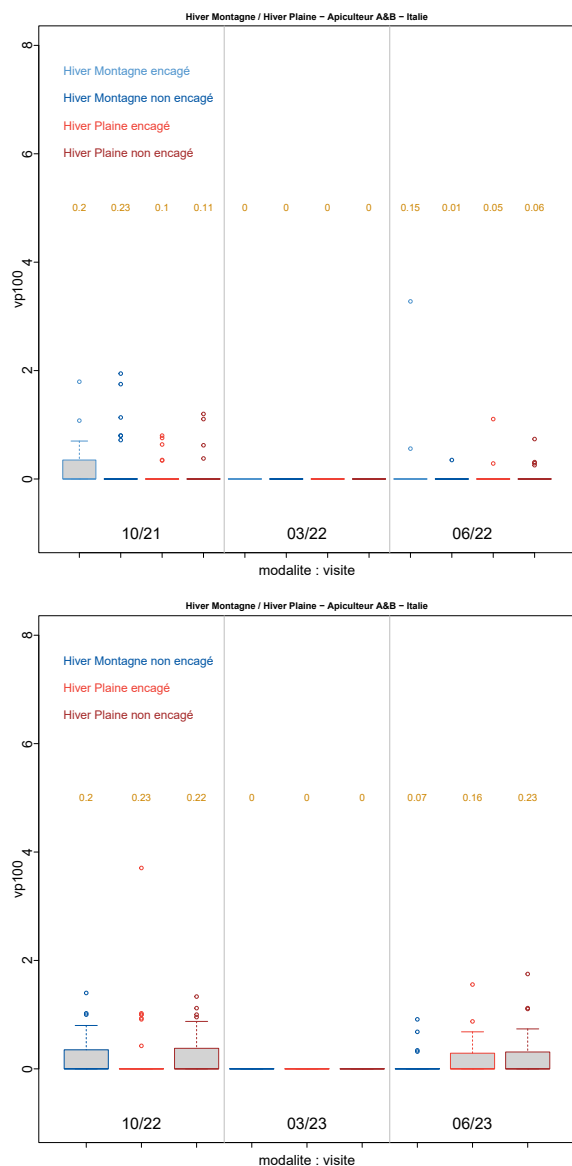


Figure 3.3 - Evolution des taux de Varroas phorétiques pour les ruchers italiens en année 1 et année 2 selon les différentes stratégies de lutttes hivernales

UN POINT DE VIGILANCE :

Il faut relever que même les stratégies sans encagement de reine dans des environnements, à priori moins favorable à la rupture naturelle de couvain en hiver (plaine/littoral en France) ont été efficace ; Il faut souligner que ce résultat est dû à des hivers particulièrement froids lors des 2 années d'expérimentation dans ces environnements qui ont eu pour conséquence une absence de couvain dans les colonies au moment des traitements. Traiter à l'aveugle dans des environnements où les hivers peuvent être chauds, c'est risquer un traitement d'hiver inefficace et un coût se traduisant par une baisse de production et des pertes de colonies l'hiver suivant (l'expérience du Projet Innov'api – cahier technique 2017-2021).

En conclusion, hiverner dans des zones froides ou encager les reines permet de garantir un traitement d'hiver efficace et une saison apicole sereine.



QUELS PEUVENT ÊTRE LES EFFETS D'UN HIVERNAGE EN MONTAGNE SUR LE DÉVELOPPEMENT PRINTANIER DES COLONIES ?

Compte tenu de l'importance du traitement des ruches contre le varroa pendant l'hiver bénéficiant d'un arrêt effectif de la ponte, et de la difficulté dans certaines zones ALCOTRA d'obtenir un blocage naturel du couvain (en raison de la proximité de la mer ou des effets du réchauffement climatique), il a été décidé d'essayer de bénéficier d'un tel blocage en hivernant les colonies dans les montagnes où la saison active est plus courte et les températures plus basses.

Au cours de la première année du projet, en Italie nous avons formé 4 groupes de ruches :

- ✦ Rucher d'hivernage en plaine avec encagement de la reine en octobre pendant 30-40 jours.
- ✦ Rucher d'hivernage en plaine sans encagement des reines.
- ✦ Ruches d'hiver en montagne avec encagement des reines en octobre pendant 30-40 jours.
- ✦ Rucher d'hivernage en montagne sans encagement de reines.

En France, deux groupes de ruches ont été constitués au cours de la première année du projet :

- ✦ Rucher d'hivernage en plaine avec encagement de la reine en octobre pendant 30-40 jours.
- ✦ Rucher d'hivernage en montagne sans encagement de reines.

Au cours de la deuxième année du projet, les protocoles ont été modifiés.

Il a été décidé de former 3 groupes de ruches en Italie et en France :

- ✦ Rucher d'hivernage en plaine avec encagement de la reine en octobre pendant 30-40 jours.
- ✦ Rucher d'hivernage en plaine sans encagement de la reine.
- ✦ Rucher d'hivernage en montagne sans encagement de la reine.

Les ruches ont été évaluées selon la méthode ColEval² (figure 4.1). La méthode ColEval implique l'évaluation par un opérateur formé et entraîné du pourcentage de couverture de chaque face de cadre par les abeilles et le couvain (en utilisant la méthode ColEval, il est possible d'évaluer tous les composants d'un corps de ruche, mais dans le cas d'Apinverno, il a été décidé de simplifier la méthode à l'évaluation de ces deux composants seulement).

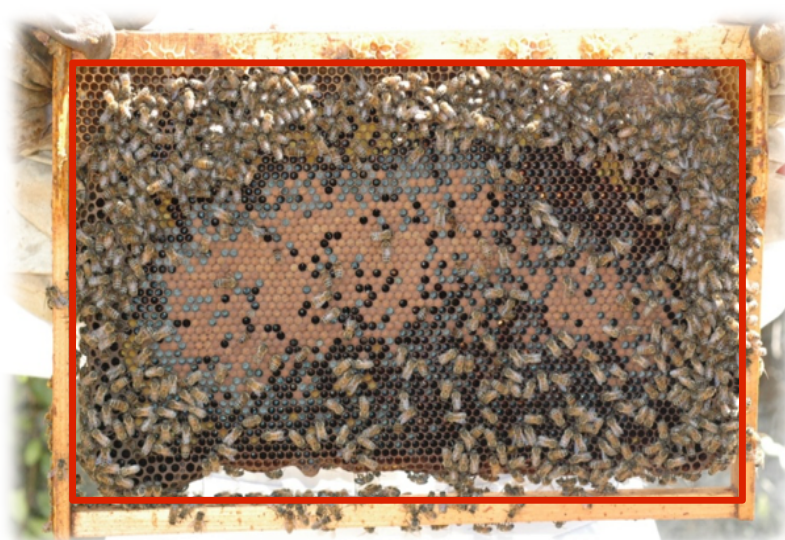


Figure 4.1 - Un cadre de couvain. Dans la méthode ColEval, 100 % est considéré comme «bois à bois», même si le cadre n'est pas construit complètement (le minimum évaluable est de 5 %)

² Hernandez, Julie et al.- Coleval: Honeybee COLony structure EVALuation for field survey - Insects 2020, 11(1), 41; <https://doi.org/10.3390/insects11010041>

En octobre 2021 (figure 4.2), les ruches des deux groupes (hiver en montagne - reine non encagée et hiver en plaine - reine encagée) avaient la même quantité d'abeilles adultes et de couvain (pas de différence significative). Suite au traitement hivernal (réalisé au cours de l'hiver 2021-2022), lors de la saison 2022, le groupe de ruches hivernant en montagne comptait un peu moins d'abeilles et de couvain que l'autre groupe mais, pendant la saison de production, aucune différence dans les taux de développement entre les deux groupes de ruches n'a été constatée.

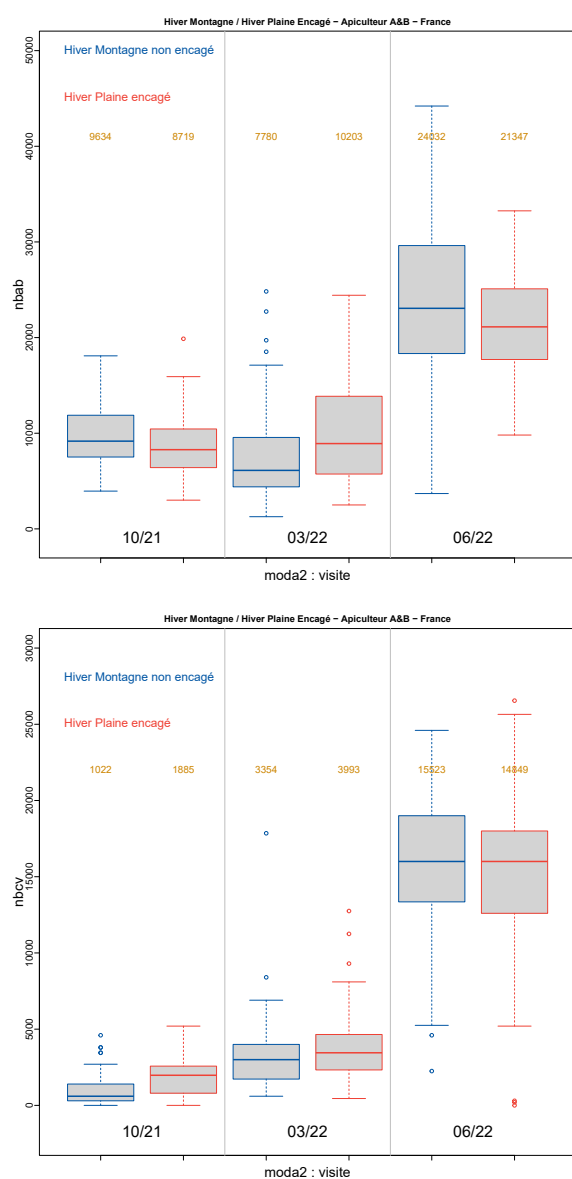


Figure 4.2 - Evaluation par la méthode ColEval de la quantité d'abeilles et de couvain dans les ruches françaises au cours de la première année. L'évaluation a été répétée en octobre, mars et juin.

En octobre 2022 (figure 4.3), les ruches des trois groupes (hiver en montagne-reine non encagée, hiver en plaine-reine encagée et hiver en plaine-non encagée) avaient la même quantité d'abeilles adultes et de couvain (pas de différence significative). Suite au traitement hivernal (réalisé à l'hiver 2022-2023), aucune tendance différente dans le développement des colonies n'a été enregistrée entre les deux groupes au cours de la saison 2023. Pour le groupe resté en montagne, une plus petite quantité d'abeilles a été enregistrée lors de l'hivernage, mais cette différence s'est stabilisée au cours des mois suivants.

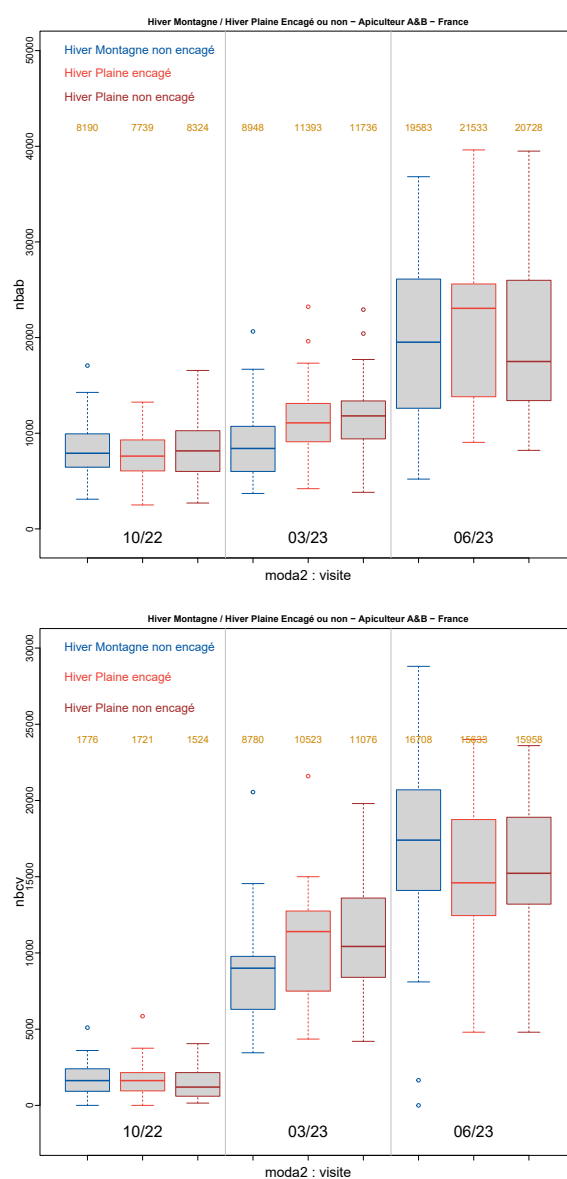
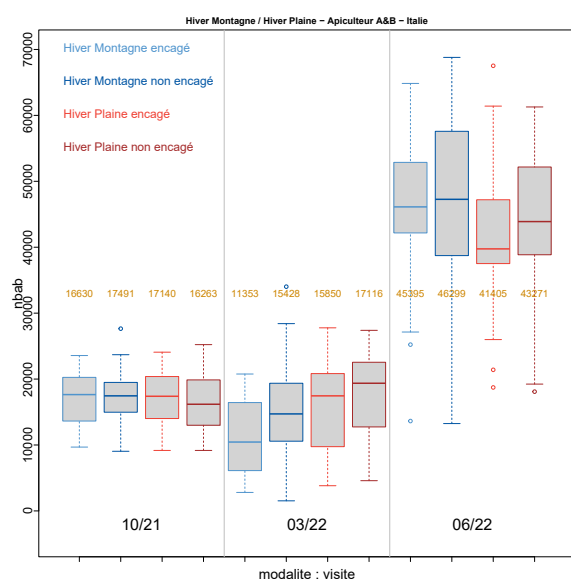


Figure 4.3 - Evaluation par la méthode ColEval de la quantité d'abeilles et de couvain dans les ruches françaises au cours de la deuxième année. L'évaluation a été répétée en octobre, mars et juin.

En octobre 2021 (figure 4.4), les ruches des quatre groupes (hiver en montagne - reine hors cage, hiver en montagne - reine encagée et hiver en plaine - reine non encagée) avaient la même quantité d'abeilles adultes et de couvain (pas de différence significative). En mars 2022, les groupes « hiver en montagne-reine encagée » et « en montagne-reine non encagée » comptaient moins d'abeilles et de couvain que les autres groupes. Toutefois, cette différence a disparu en juin.



En octobre 2022 (figure 4.5), les ruches des trois groupes (hiver en montagne - reine non encagée, hiver en plaine - reine encagée et hiver en plaine - reine non encagée) avaient la même quantité d'abeilles adultes et de couvain (pas de différence significative). Suite au traitement hivernal (réalisé à l'hiver 2022-2023), aucune différence dans le développement des colonies n'a été enregistrée entre les deux groupes au cours de la saison 2023.

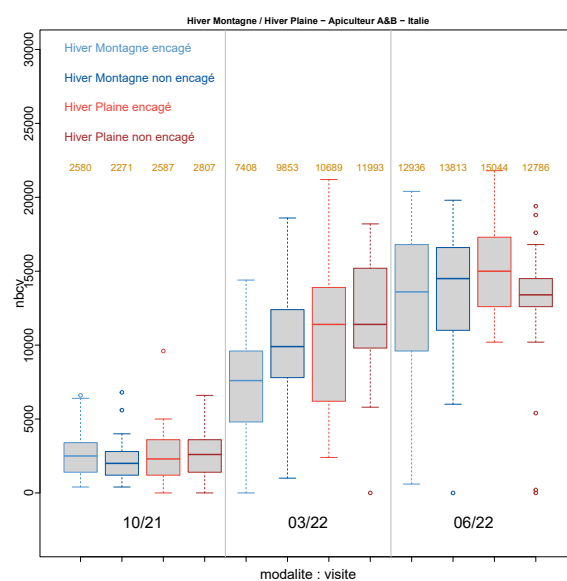


Figure 4.4 – Évaluation par la méthode ColEval de la quantité d'abeilles et de couvain dans les ruchers italiens au cours de la première année. L'évaluation a été répétée en octobre, mars et juin.

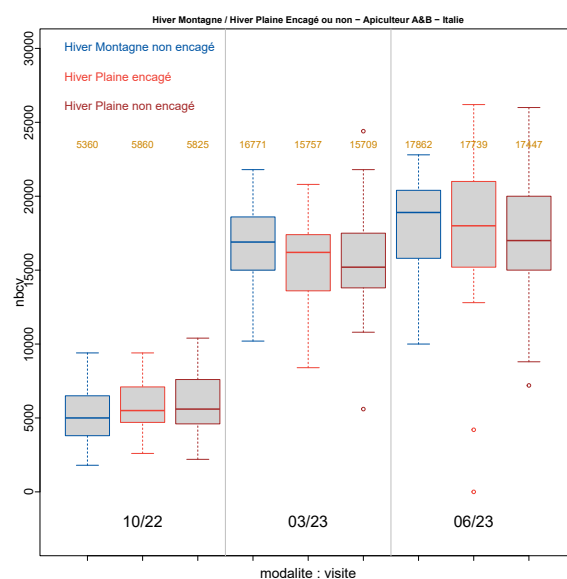
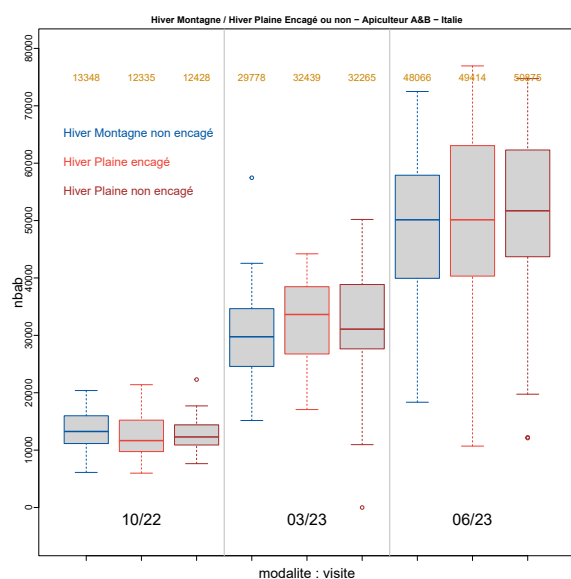


Figure 4.5 – Évaluation par la méthode ColEval de la quantité d'abeilles et de couvain dans les ruchers italiens au cours de la deuxième année. L'évaluation a été répétée en octobre, mars et juin.

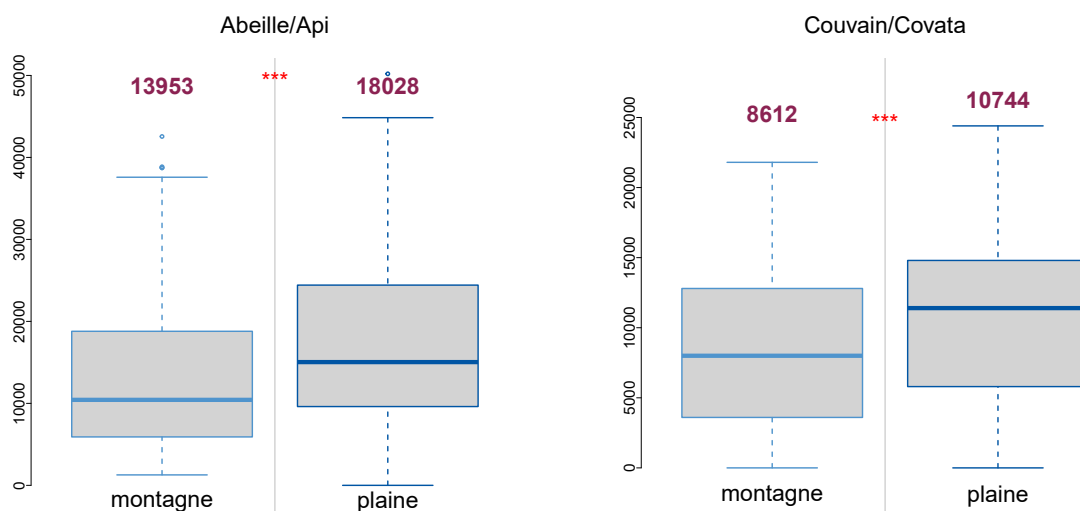


Figure 4.6 - Quantité d'abeilles et de couvain présents dans toutes les ruches français et italiens en mars.

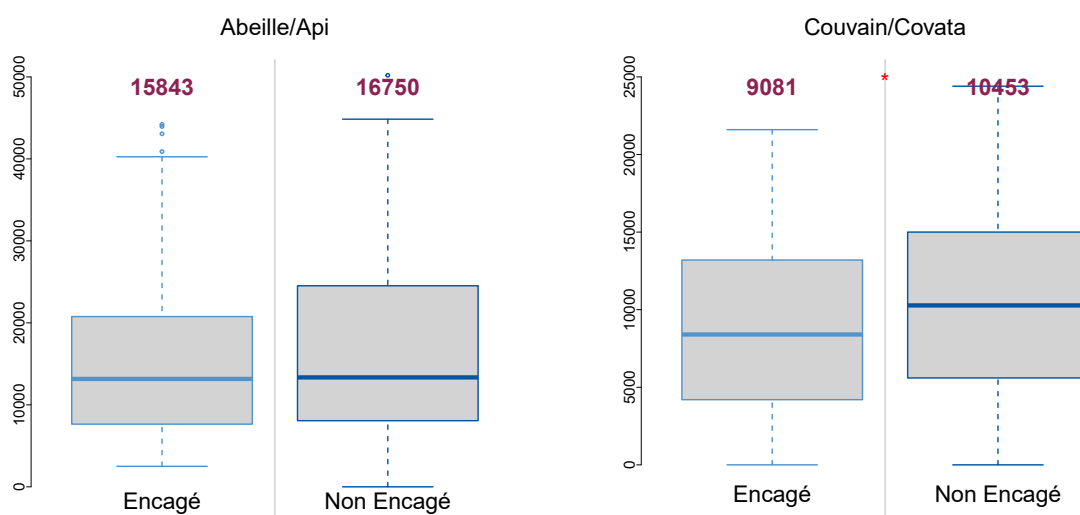


Figure 4.7 - Quantité d'abeilles et de couvain présents dans toutes les ruches français et italiens en juin.

En analysant la quantité d'abeilles et de couvain présents à la sortie d'hivernage (figure 4.6) et en considérant l'ensemble des ruches participant aux deux années du projet, nous avons pu identifier une différence significative entre les ruches qui ont hiverné en montagne (elles ont une quantité d'abeilles et de couvain inférieure) à celles qui hivernaient dans les plaines. Cela indique que l'effet de l'environnement sur l'hivernage des ruches était fort.

Si l'on considère toutes les ruches participant aux deux années du projet et que l'on analyse la quantité d'abeilles et de couvain présents lors de l'hivernage, on constate qu'il n'y a pas de différence significative entre les ruches dont la reine a été mise en cage en automne-hiver et

celles dont la reine n'a pas été mise en cage (figure 4.7). Ceci indique que l'effet du type de technique de traitement n'a pas eu un impact important sur l'hivernage des ruches et leur développement au cours de la saison suivante.

La pratique de l'hivernage en montagne entraîne une différence significative (figure 4.7) dans la quantité d'abeilles et de couvain présents dans les ruches à la fin de l'hiver (en mars) : les colonies hivernées en montagne sont légèrement plus petites à cette période.

Cette différence disparaît toutefois au mois de juin où aucune différence significative ne peut être observée.

EFFET DU MODE D'HIVERNAGE SUR LES RÉSERVES ET LA PRODUCTION DE MIEL

Au cours du suivi des 8 ruchers impliqués dans le projet APINVERNO, les hausses de toutes les colonies du dispositif ont été pesées au moment des récoltes.

En Italie, les deux récoltes principales sont la miellée d'acacia (ruchers A et B ; récolte mi-mai, M1) et la récolte de châtaignier (ruchers A et B ; récolte première moitié du mois de Juillet, M2).

En France, la première récolte est faite soit en Montagne (rucher A ; au mois de Mai ; M1), soit sur Garrigue ou acacia (rucher B ; récolte fin Avril, début Mai ; M1). La deuxième récolte est faite soit en Montagne (rucher A ; fin Juin/début Juillet ; M1) soit sur la miellée de Lavande (rucher B ; récolte mi-Juillet ; M2).

Rappelons les différentes modalités du protocole.

- ✦ En 2022, en Italie, il y a 4 modalités : hivernage en montagne avec ou sans encagement et hivernage en plaine, avec ou sans encagement ;
- ✦ En 2022, en France, deux modalités seulement : hivernage en montagne sans encagement et hivernage en plaine avec encagement.
- ✦ En 2023, en Italie et en France, il y a trois modalités : hivernage en montagne sans encagement et hivernage en plaine avec ou sans encagement.

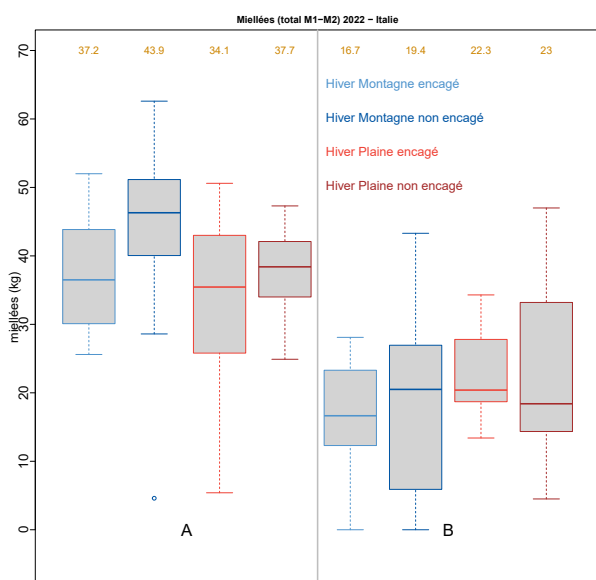
Ces différentes modalités cherchent à cerner quel est l'intérêt de chacune d'elles pour le contrôle de Varroa en hiver ; et le projet cherche aussi à s'assurer que les stratégies différentes ne présentent pas de risque pour les récoltes suivantes en saison.



Figure 5.1 - La pesée des ruches

ANNÉE 2022 – Effet de l'hivernage en montagne et en plaine sur la production totale (M1 + M2) en Italie et en France

En Italie et en France et quels que soient les ruchers, donc le type de miellées, on ne peut pas distinguer de différences significatives entre les modalités. Les colonies non encagées en Italie dans le rucher A semblent avoir un poids de récolte légèrement supérieur, mais le faible nombre de colonies (15 par modalités), ne permet pas de savoir si cette tendance est significative.



ANNÉE 2023 – Effet de l'hivernage en montagne et en plaine sur la production totale (M1 + M2) en Italie et en France

En 2023, le protocole est identique en Italie et en France. En règle générale, il n'y a pas de différence significative entre les modalités. Comme en 2022 en Italie, la moyenne de la modalité « non-encagée » en plaine est un peu supérieure à celle des deux autres modalités mais cette moyenne élevée est le fait de quelques ruches dont la production est haute. On se contentera de dire qu'il y a une tendance à avoir une récolte un peu meilleure quand la reine n'est pas encagée en plaine.

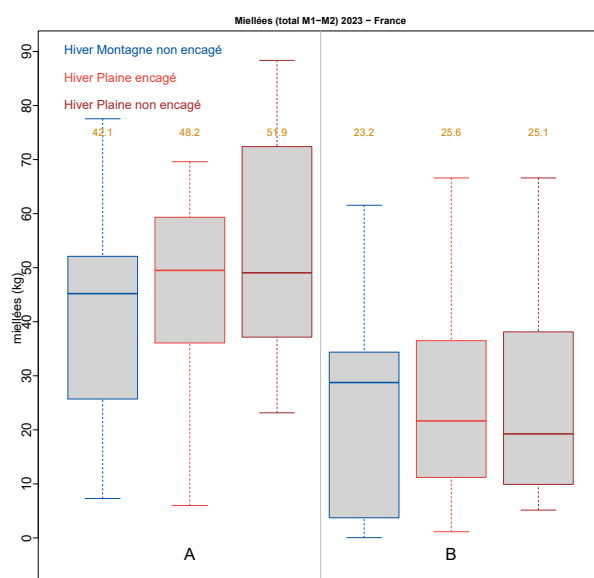
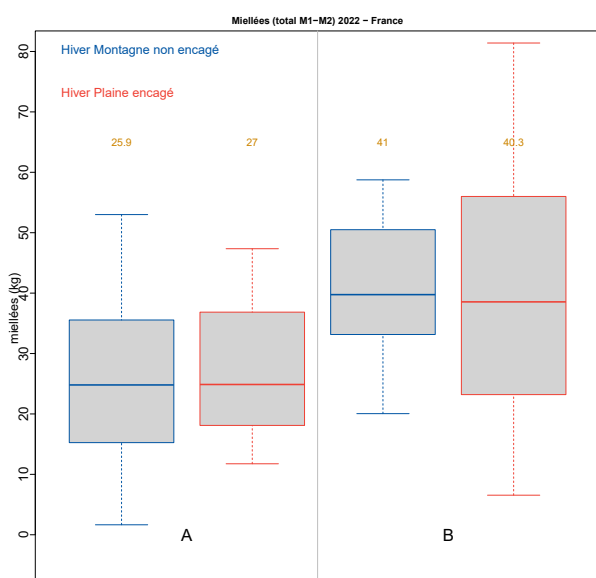
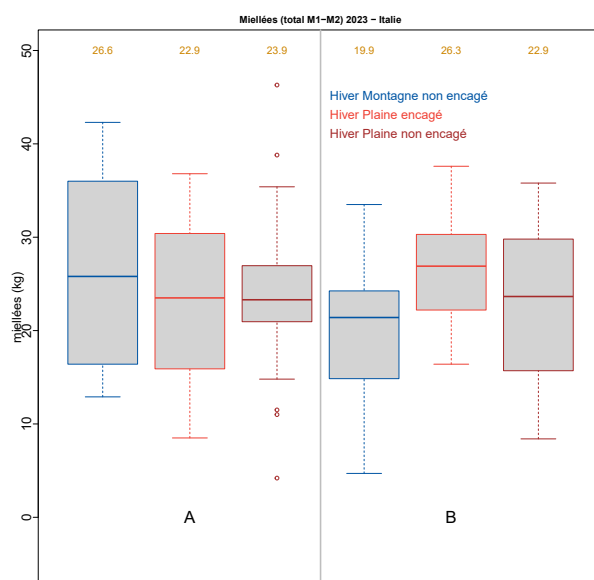


Figure 5.2 - Poids total des récoltes en 2022 en Italie (haut) et en France (bas)

Figure 5.3 - Poids total des récoltes en 2023 en Italie (haut) et en France (bas)

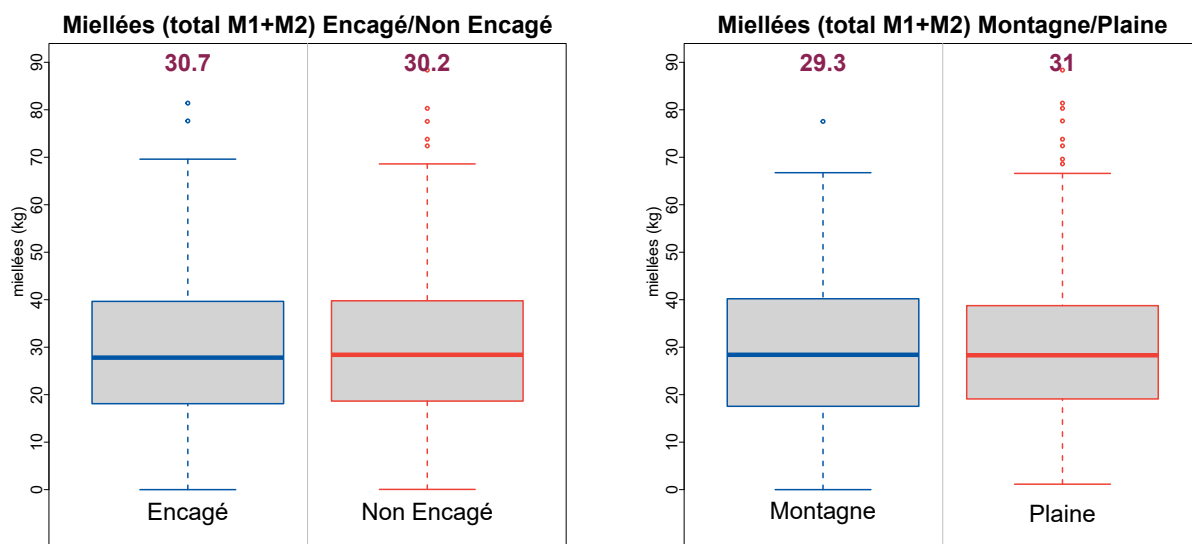


Figure 5.4 – Comparaison du poids total des récoltes en fonction du traitement (droite) et en fonction du lieu d'hivernage

POINT DE VUE GLOBAL :

Effet de l'encagement et du lieu d'hivernage sur la production totale (M1 + M2) en Italie et en France (deux années considérées). Quand on considère les données globalement, en cumulant les deux années et toutes les ruches de chaque modalité, il devient tout à fait évident qu'il n'y a aucune différence de production entre les colonies dont la reine a été encagée et celles où ça n'était pas le cas. Il n'y en a pas non plus entre les ruches ayant hiverné en montagne ou en plaine. Si les ruchers, en Italie et en France, ont suivi des parcours très différents, aucun d'eux n'a cependant été mis en place pour une miellée précoce (romarin, bruyère...).

POPULATION D'ABEILLES APRÈS HIVERNAGE EN MONTAGNE ET EN PLAINE : la conséquence possible sur une miellée précoce

En considérant toutes les données (deux années confondues, encagement ou non confondu), il apparaît que le nombre d'abeilles observée en saison est significativement supérieur lorsque le rucher a hiverné en plaine que lorsqu'il a hiverné en montagne. Cette différence pourrait entraîner une conséquence lorsqu'une miellée précoce est prévu : on peut s'attendre à un redémarrage plus rapide des colonies hivernées en plaine.

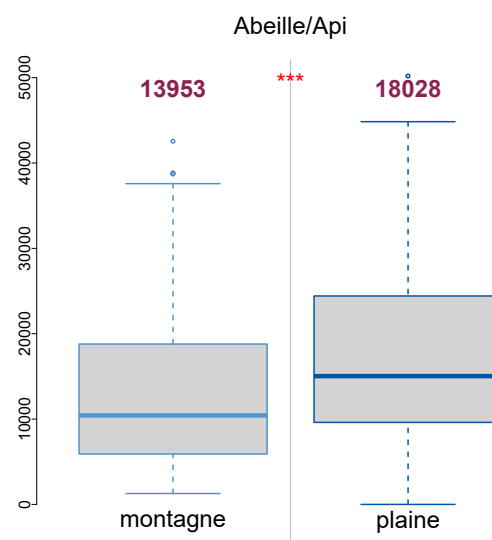


Figure 5.5 – Comparaison du nombre d'abeilles après hivernage en montagne et en plaine

CONCLUSION

Les pratiques de l'hivernage en montagne ou de l'encagement en plaine pour améliorer le contrôle de Varroa peuvent être développées sans nuire à la production des colonies.

EFFETS D'UN HIVERNAGE EN MONTAGNE ET D'UN ENCAGEMENT HIVERNAL SUR LA SURVIE DES COLONIES

Après la sortie d'hivernage, une évaluation des taux de pertes des colonies, selon les différentes stratégies de lutte hivernales contre Varroa mise en place, ont été évaluées. Les pertes peuvent être définies comme le total des colonies mortes et jugées non-valeur (mauvais état sanitaire, population faible ou absence de développement). Le bilan des pertes a été réalisé, avec les apiculteurs du projet APINVERNO, lors des visites de printemps (mars/avril) et avant la miellée d'été.

LES DIFFÉRENTES STRATÉGIES PRÉSENTENT-ELLES LE MÊME RISQUE DE PERTES DE COLONIES ?

Le tableau détaillé des pertes présente les pourcentages de pertes pour chacune des modalités étudiées et pour tous les ruchers lors

des 2 années d'étude. A l'échelle d'un rucher sur une année, des différences peuvent être observées entre les modalités mais ne permettent pas de conclure à cause des effectifs trop faibles (15 à 30 colonies par modalités) (Tab.1). Pour conclure il est nécessaire de réaliser un bilan d'ensemble en regroupant les mêmes modalités selon le lieu d'hivernage (plaine ou montagne) ou la pratique ou non de l'encagement de reine.

UN EFFET DU LIEU D'HIVERNAGE SUR LA SURVIE ?

En comparant l'ensemble des colonies hivernées en montagne à celles hivernées en plaine, pour les 2 années d'étude, en France et en Italie, aucune différence du taux de survie n'a été mise en évidence. En France, les taux de survie des

pays	api	année	nbr	modalité	Sortie hiver	%	Printemps	%	% morta totale
France	A	2021-22	30	MMN	2	7	10	36	40
			30	MPC	4	13	7	27	37
		2022-23	20	MMN	2	10	4	22	30
			20	MPC	2	10	2	11	20
			20	MPN	2	10	3	17	25
			20	MPN	2	10	3	17	25
	B	2021-22	30	LMN	9	30	2	10	37
			30	LPC	3	10	2	7	17
		2021-23	20	LMN	3	15	1	6	20
			20	LPC	1	5	6	32	35
			20	LPN	0	0	5	25	25
			20	LPN	0	0	5	25	25
Italie	A	2021-22	15	ZMC	4	27	0	0	27
			15	ZMN	0	0	0	0	0
			15	ZPC	1	7	0	0	7
			15	ZPN	1	7	1	7	13
		2022-23	20	ZMN	1	5	2	11	15
			20	ZPC	2	10	1	6	15
			20	ZPN	0	0	0	0	0
			20	ZPN	0	0	0	0	0
	B	2021-22	15	ZMC	0	0	1	7	7
			15	ZMN	0	0	0	0	0
			15	ZPC	2	13	0	0	13
			15	ZPN	0	0	0	0	0
		2022-23	20	ZMN	5	25	0	0	25
			20	ZPC	1	5	0	0	5
			20	ZPN	5	25	1	7	30

Tableau 1 - Pertes de colonies en sortie d'hiver et au cours de la saison selon la modalité et par rucher

colonies hivernées en montagne et en plaine sont respectivement de 84.6% et 92% en sortie d'hiver et 81.2% et 80.2% en saison. En Italie, les taux de survie des colonies hivernées en montagne et en plaine sont respectivement de 90.6% et 92% en sortie d'hiver et 91.7% et 97.6% en en saison (Fig. 6.1).

UN EFFET DE L'ENCAGEMENT HIVERNAL SUR LA SURVIE ?

En comparant l'ensemble des colonies avec encagement de reine à celles sans encagement, pour les 2 années d'étude, en France et en Italie, aucune différence du taux de survie n'a été mise en évidence. En France, les taux de survie des colonies avec encagement de reine et sans encagement sont respectivement de 90.4% et 88.1% en sortie

d'hiver et 88.8% et 88.8% en saison. En Italie, les taux de survie des colonies avec encagement de reine et sans encagement sont respectivement de 89.7% et 92.3% en sortie d'hiver et 98% et 97% en en saison (Fig. 6.2).

La mortalité printanière en Italie était beaucoup moins élevée qu'en France sans lien avec le lieu d'hivernage ou la pratique de l'encagement de reine.

En conclusion, aucun impact négatif des stratégies de lutte contre Varroa en hiver n'a été mis en évidence que ce soit le lieu d'hivernage (montagne ou plaine) ou la pratique de l'encagement hivernal de reine.

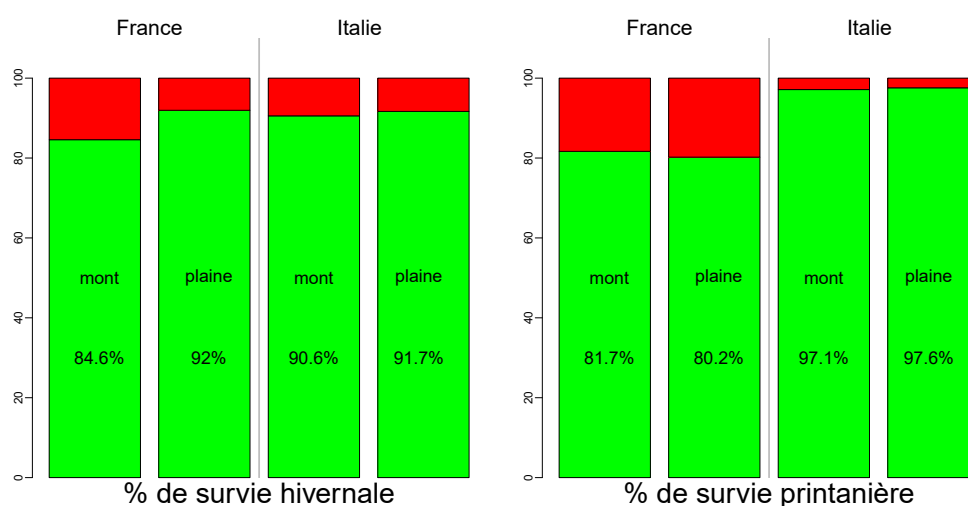


Figure 6.1 - Pertes de colonies en sortie d'hiver et au cours de la saison selon le lieu d'hivernage

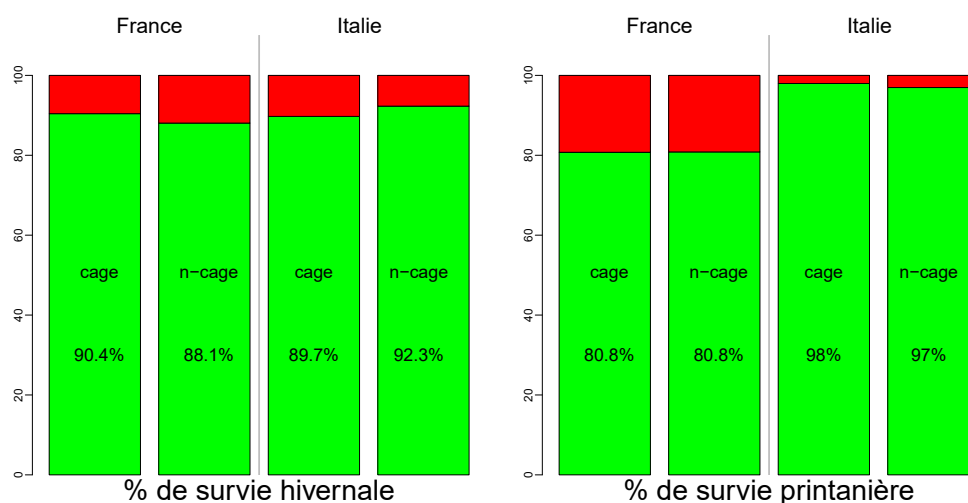


Figure 6.2 - Pertes de colonies en sortie d'hiver et au cours de la saison en lien avec la pratique d'encagement

QUELS EFFETS DES STRATÉGIES DE LUTTE SUR LES CHARGES VIRALES ?

INTRODUCTION

Les virus représentent l'un des principaux facteurs contribuant au déclin de la santé d'*Apis mellifera* ; leur impact varie en fonction de la présence concomitante d'autres facteurs de stress, comme le parasite *Varroa destructor*. Comme chez d'autres organismes, la plupart des virus qui infectent les abeilles ne provoquent pas de maladie, cependant, certains ont une importance pathologique significative, étant responsables de maladies telles que des formes de paralysie aiguë ou chronique, déformation des ailes, réduction et/ou anomalies du couvain. Parmi ces derniers, se trouvent les virus du complexe de la paralysie aiguë (ABPV ; virus de la paralysie aiguë israélienne, IAPV ; virus de l'abeille du Cachemire, KBV), de la cellule royale noire (BQCV), des ailes déformées (DWV-A et DWV-B), du couvain sacciforme (SBV) et de la paralysie chronique des abeilles (CBPV).

Ce sont des virus dotés d'un génome à ARN simple brin et de polarité positive appartenant à l'ordre des Picornavirales. Le complexe ABPV et le BQCV appartiennent au genre Dicistroviridae, DWV et SBV appartiennent au genre Iflaviridae, tandis que le statut taxonomique du CBPV n'a pas encore été défini (Figure 1A). Tous les virus peuvent se transmettre horizontalement (d'un individu infecté à un individu sain) par voie orale et le plus souvent par contact ; on sait aussi que la plupart d'entre eux se transmettent également verticalement (aux nouvelles générations). De plus, le parasite *V. destructor* peut être un vecteur de transmission de l'ABPV, du DWV et du SBV (Figure 7.1B).

Généralement, sous nos climats, étant donné que l'acarien se reproduit dans les cellules du couvain, sa population s'effondre spontanément pendant la période hivernale, lorsque la reine ne pond généralement pas d'œufs. Cependant, le changement climatique impose des températures hivernales inhabituellement élevées dans les régions du nord de

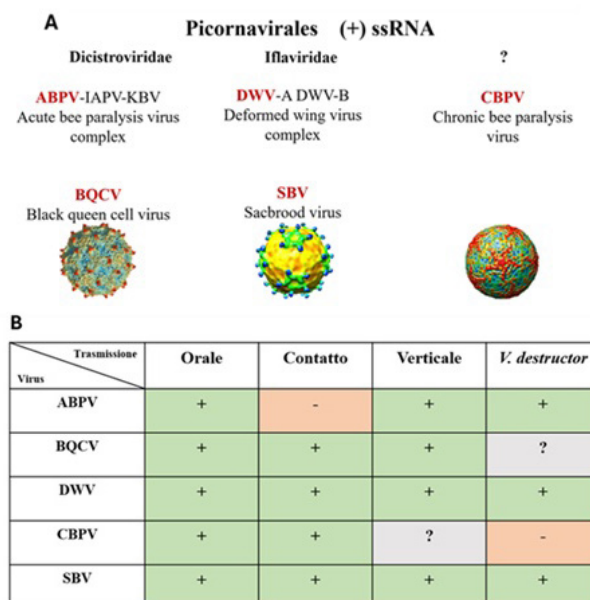


Figure 7.1 – A : Schéma récapitulatif de la classification des cinq virus analysés et reconstruction de leurs particules proposée par le Comité international de taxonomie des virus (<https://ictv.global/taxonomy/>). B : tableau récapitulatif des principaux modes de transmission de chaque virus.

l'Italie et du sud de la France, qui empêchent l'arrêt spontané de ponte pendant l'hiver et favorisent la persistance de l'acarien et de ses virus associés. De plus, des traitements anti-acariens fréquents peuvent modifier les fluctuations saisonnières des virus au sein des colonies. Pour étudier l'impact possible de la perturbation forcée du couvain en hiver sur la prévalence virale et les fluctuations saisonnières associées, à partir de l'automne 2021 et au cours des saisons de printemps et d'été suivantes de 2022 et 2023, les complexes viraux ABPV/IAPV/KPV et DWV (A/B), BQCV, CBPV et SBV ont été diagnostiqués et quantifiés à l'aide de la qRT-PCR dans des colonies italiennes et françaises soumises à deux traitements anti-varroa hivernaux durables : interruption forcée de ponte associée à l'application d'acide oxalique (comparée à la simple application d'acide oxalique).

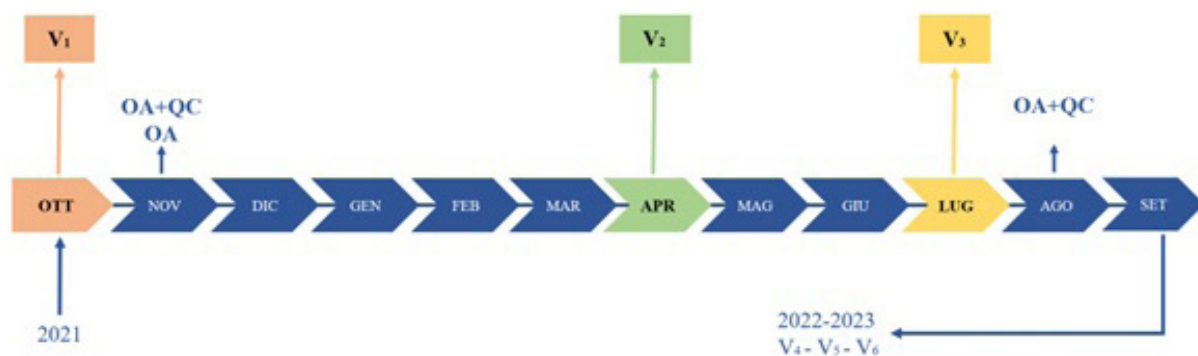


Figure 7.2 - Schéma du protocole expérimental de l'automne 2021 au printemps 2023

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le premier échantillonnage a été réalisé en octobre 2021 (V1) auprès de deux apiculteurs italiens (Région Piémont) et deux français (Région PACA). Le mois suivant, toutes les colonies ont été soumises à trois cycles de traitement à l'acide oxalique sublimé espacés de sept jours chacun ; pour chaque apiculteur, certaines ruches ont été soumises à un arrêt forcé de ponte par encagement de la reine avant le traitement (C : Cage). Un groupe témoin a été constitué avec le même nombre de ruches, sans pratiquer l'encagement (NC : No Cage). En avril et juin 2022, deux prélèvements supplémentaires ont été réalisés (V2 et V3) avant le traitement anti-varroa d'été, réalisé de manière similaire au traitement hivernal C. Le protocole a ensuite été répété de l'automne à l'été suivant (V4-V6, Figure 7.2). Ce travail montre des données sur la présence des cinq virus dans les colonies italiennes des 6 prélèvements et dans les colonies françaises des prélèvements entre l'automne 2021 et l'été 2022 (V1-V3).

Pour chaque apiculteur et condition, 60 colonies ont été sélectionnées à partir desquelles environ 200 abeilles ont été collectées (Figure 7.3A). Ces abeilles ont été immédiatement placées dans des sacs codés et stockées dans la carboglace. Une fois en laboratoire, les échantillons ont été conservés à -80°C (Figure 7.3B). Par la suite, 80 abeilles entières de chaque colonie ont été homogénéisées dans l'eau à l'aide d'une perceuse rotative (figure 7.3C) et l'ARN total a été extrait de l'homogénat (7.3D-F). Pour le diagnostic de chaque virus et sa quantification, un protocole impliquant la rétrotranscription en ADNc et une real-time PCR

spécifique aux virus a été utilisé, chacune réalisée en présence de marqueurs de spécificité et de quantité.

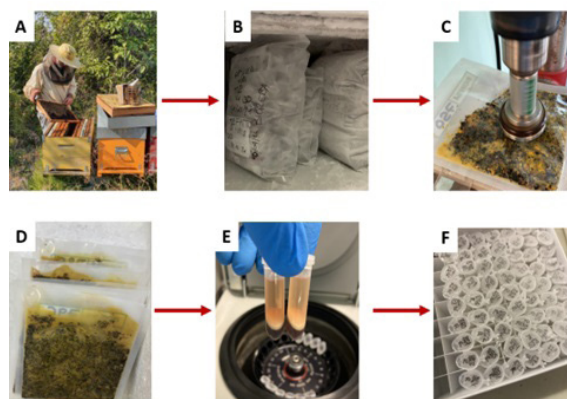


Figure 7.3 - A : prélèvement d'échantillons. B : conservation des échantillons au congélateur à -80°C . C et D : homogénéisation de 80 abeilles dans l'eau à l'aide d'une perceuse à tête rotative. E : centrifugation pour séparer la phase organique de la phase aqueuse avec l'ARN total. F : conservation de l'ARN total de chaque colonie à chaque point de prélèvement au congélateur à -80°C .

RÉSULTATS

INCIDENCE DES COLONIES INFECTÉES PAR AU MOINS UN VIRUS ET PRÉVALENCE DE CHAQUE VIRUS EN ITALIE ET EN FRANCE.

Parmi les colonies italiennes, 5 % et 3,8 % étaient négatives aux tests de diagnostic pour tous les virus analysés lors des prélèvements V1 et V2 (automne 2021 et printemps 2022). En 2022, toutes les colonies ont été infectées par au moins un virus en été et en automne (V3, V4), tandis qu'au printemps et en été 2023, 3,9 % et 1 % des colonies étaient à nouveau négatives aux tests de diagnostic pour

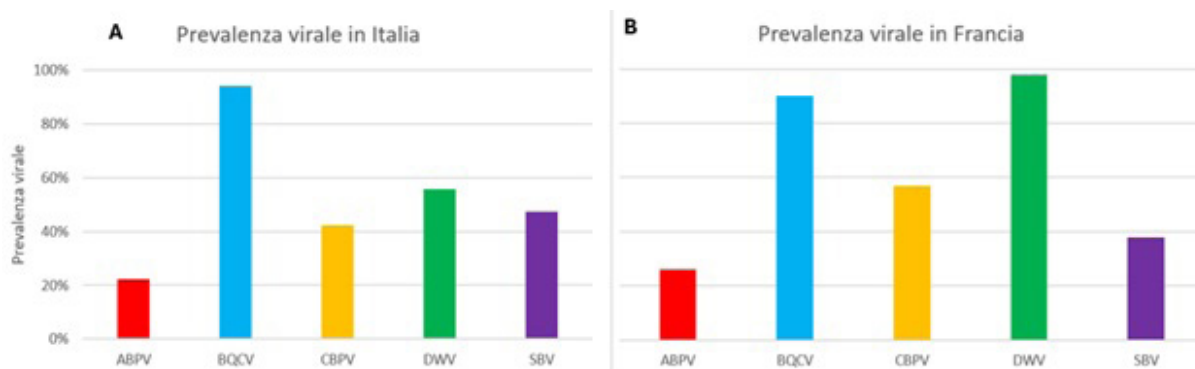


Figure 7.4 - Prevalenza dei cinque virus in Italia (A) e Francia (B).

cinq virus. En ce qui concerne la répartition des virus dans l'ensemble des prélèvements effectués en Italie, les 120 colonies étaient majoritairement infectées par le BQCV (94,2 %), le DWV (55,7 %), le SBV et le CBPV (respectivement 47,6 % et 42,2 %), tandis que l'ABPV était le virus le moins présent (22,2 %) (Figure 7.4A). Durant l'automne (V1) 2021, 1,7% des colonies françaises ont été testées négatives pour l'ensemble des virus testés. Au printemps suivant (V2), aucune colonie n'était négative tandis qu'à l'été suivant (V3), le pourcentage de colonies négatives s'est élevé à 2,13 %. Les virus les plus répandus étaient le DWV (98 %) et le BQCV (90 %), suivis du CBPV (57 %), du SBV (38 %) et de l'ABPV (26 %) (Figure 7.4B). Prévalence des différents virus dans les colonies après encagement des reines.

En Italie, le traitement hivernal d'encagement a réduit globalement la fréquence des colonies infectées par l'ABPV de 33,4 % à 22,8 % sur

l'ensemble du projet, mais a également été associé à une augmentation du DWV (de 51,3 % à 61,2 %). La présence des autres virus n'a pas été influencée par un traitement induisant l'absence artificielle de couvain. En France, l'encagement hivernal de la reine a réduit la prévalence du BQCV de 98 % à 89 % et du CBPV de 78 % à 62 % sur la période printemps-été (V2-V3). Le traitement n'a pas influencé la prévalence des autres virus testés.

PRÉVALENCE DES CINQ VIRUS EN FONCTION DE LA SAISON

Dans les deux pays, les fréquences de chaque virus variaient en fonction de la saison (Figure 7.5A-B).

En Italie, la fréquence des ABPV a diminué au printemps et augmenté en été avec un pic maximum en 2022 (V3 : 53,7 %). Une tendance similaire a été détectée dans le cas du SBV au cours de la première année d'échantillonnage (V1-V3), tandis

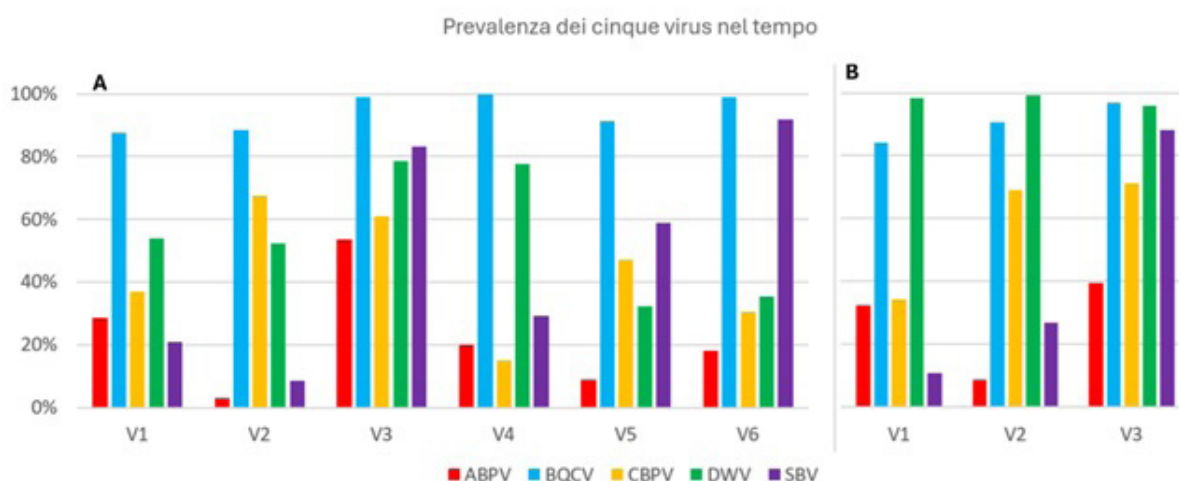


Figure 7.5 - Prévalence des cinq virus à différents moments d'échantillonnage en Italie (A) et en France (B).



que l'année suivante, la prévalence a augmenté du printemps jusqu'à un pic maximum à l'été 2023 (V6 : 91,9 %). La présence de colonies infectées par le BQCV était toujours supérieure à 80 %, avec des pics proches de 100 % en été/automne. Une tendance similaire a été observée pour le DWV, mais celui-ci oscille entre un minimum de 32,4% (V5) et un maximum de 78,7% (V3). Différemment, au cours des deux années, la prévalence du CBPV a augmenté de l'automne au printemps (V2 : 67,6 % ; V5 : 47,1 %), puis a diminué à nouveau en été.

En France, l'ABPV présente une tendance annuelle similaire à celle de l'Italie, avec un pic maximum en été (V3 : 39 %). D'une manière différente, la prévalence du SBV a augmenté entre l'échantillonnage d'automne (V1 : 11 %) et l'échantillonnage d'été (V3 : 88 %). Comme en Italie, la prévalence du BQCV était toujours supérieure à 80 %, jusqu'à 97 % à l'été 2022 (V3). Le DWV a montré des prévalences supérieures à 95 % en toutes les saisons jusqu'à près de 100 % au printemps. La prévalence du CBPV a augmenté de l'automne au printemps et est restée à des valeurs stables en été (V2-V3 : 70 %).

CHARGE VIRALE AU COURS DU TEMPS

En Italie et en France, la charge de chaque virus variait, reflétant la tendance saisonnière de la prévalence (Figures 7.6 et 7.7). En Italie (7.6), la charge virale ABPV a diminué lors du premier prélèvement printanier (V2), a augmenté l'été suivant (V3) et est restée faible et stable lors des prélèvements ultérieurs. La charge de BQCV a diminué au printemps et a augmenté en été avec la même tendance les deux années analysées. En revanche, la charge de CBPV a montré un pic au printemps/été des deux années. Dans le cas du

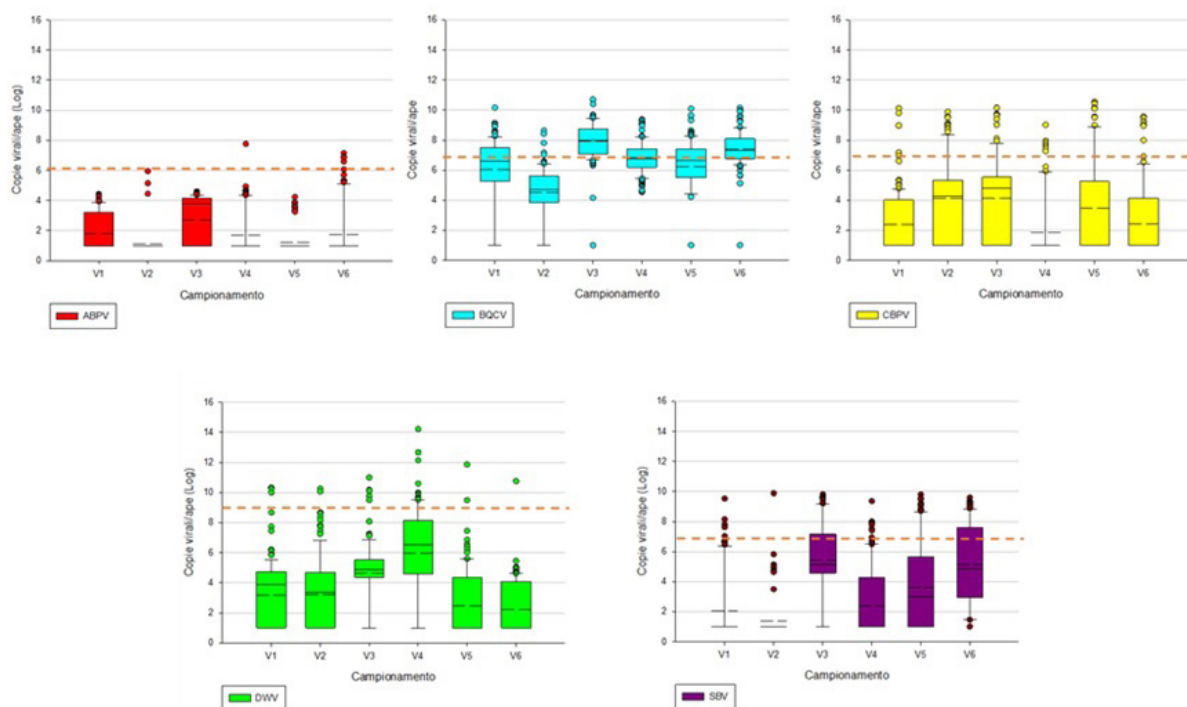


Figure 7.6 - Tendance de la charge virale de chaque virus au fil du temps dans les colonies italiennes. Ligne pointillée noire : moyenne ; ligne pointillée orange : seuil de pathogénicité (<https://doi.org/10.3390/v13071340>)

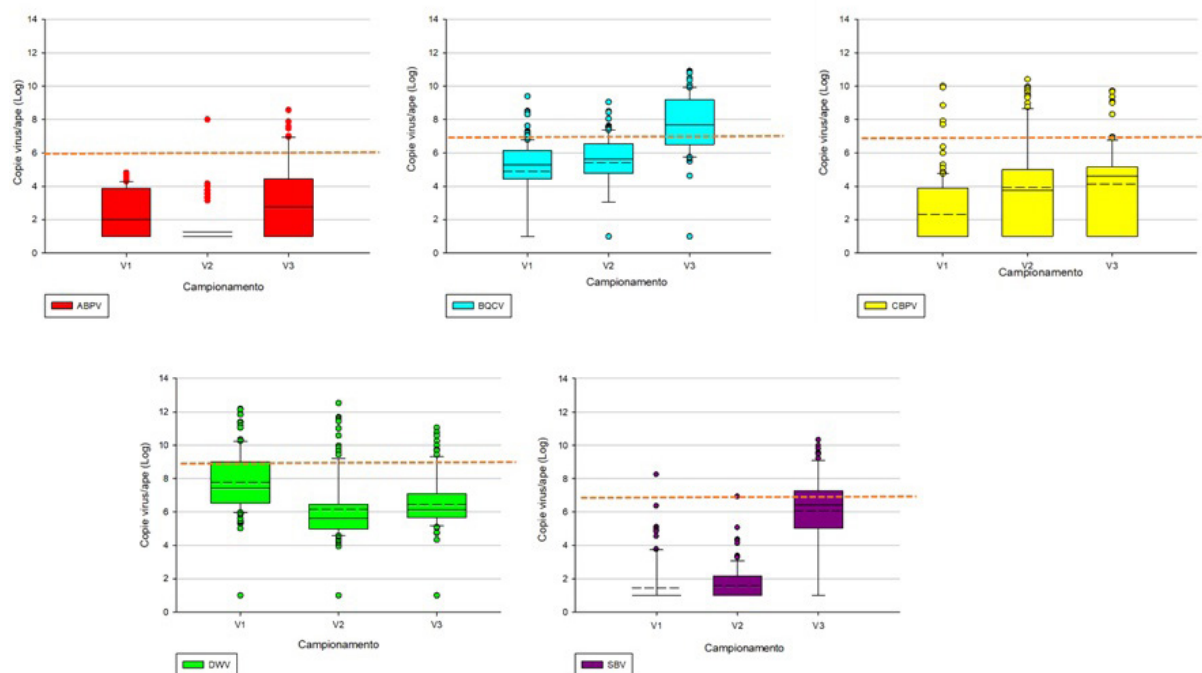


Figure 7.7 - Evolution de la charge virale de chaque virus au fil du temps dans les colonies françaises. Ligne pointillée noire : moyenne ; ligne pointillée orange : seuil de pathogénicité (<https://doi.org/10.3390/v13071340>)

DWV, la redevance a augmenté à partir de l'été 2022 (V3) avec un pic maximum à l'automne de la même année, puis est revenue aux valeurs d'avant l'été lors des prélèvements ultérieurs. Enfin, le taux de SBV a commencé à augmenter à partir de l'été pour atteindre son maximum à l'automne les deux années. En France (Figure 7.7), les charges d'ABPV et de BQCV étaient différentes à chaque date de prélèvement (V1-V3), tandis que pour le CBPV et le DWV la charge virale au prélèvement d'automne (V1) était différente de celles du prélèvement de printemps et d'été (V2, V3). Enfin, dans le cas du SBV, la charge virale estivale (V3) était supérieure à celle des saisons précédentes.

CONCLUSIONS

Les analyses réalisées ont démontré que les cinq virus analysés étaient quasiment omniprésents dans les colonies des ruchers étudiés en Italie et en France. Cependant, le BQCV était le virus le plus fréquent dans les colonies italiennes, tandis que dans les colonies françaises, le DWV était le plus répandu. Dans les deux pays, la prévalence et la charge virale variaient différemment au fil du temps pour chaque virus.



LE REGARD DES APICULTEURS DU PROJET

Dans le cadre du projet APINVERNO, les expérimentations ont été réalisées sur des ruchers d'apiculteurs professionnels avec leur participation. Cette collaboration permet aux structures techniques et de recherche d'être davantage en adéquation avec la réalité des pratiques apicoles. A l'issus des 2 années d'étude 5 questions ont été posées aux apiculteurs pour récolter leurs témoignages sur le projet et leur implication, et pour capter des informations non mesurées lors des suivis.

QUELLES ÉTAIENT VOS ATTENTES EN DÉBUT DE PROJET ? POURQUOI AVOIR PARTICIPÉ ?

Concernant l'état d'esprit au début du projet, si certains apiculteurs étaient sceptiques vis-à-vis de l'encagement hivernal, ils se sont engagés avec la conviction que la collaboration entre la recherche et le terrain favorise l'innovation et le développement.

« J'ai participé au projet avec la conviction que la collaboration entre le monde de la recherche et le terrain est fondamentale pour encourager le développement et l'innovation. »

Parmi les motivations affichées, sont apparues le besoin de se remettre en question sur leurs méthodes de travail, l'envie de mieux comprendre ce qui se passe dans les colonies ainsi que l'opportunité d'identifier les meilleures colonies en vue d'un travail de sélection grâce à l'approche scientifique, ou simplement de la curiosité concernant des solutions alternatives aux traitements Varroa en hiver pouvant être éloignées de leurs pratiques (les apiculteurs ont tendance, dans leur gestion de cheptel, à aller chercher des ruchers d'hivernage dans des environnements plus tempérés et favorisant le développement des colonies en sortie d'hiver).

DANS LE CADRE DU PROJET, QUELLES ACTIONS PARTICULIÈRES AVEZ-VOUS RÉALISÉES SUR LES RUCHERS HIVERNÉS EN MONTAGNE ET CEUX HIVERNÉS EN PLAINE ? (Indépendamment du protocole suivi. Ex : Nourrissement ? Visites ? Isolation ? ...)

En général, il n'y a pas eu de gestion particulière des ruchers en expérimentation. L'enquête a toutefois révélée que les 2 apiculteurs français avaient tout de même effectué un nourrissement complémentaire sur les colonies hivernées en montagne avec un apport de 4 à 5 Kg de sucre pour éviter un épisode de famine. L'enquête a ainsi mis en évidence un potentiel coût « nourrissement » de la stratégie d'hivernage en montagne.

« A noter, qu'il ne s'agit pas d'un véritable hivernage en zone montagne qui de fait, nécessiterait plus de nourrissement et induirait une production légèrement moindre »



► A L'ÉCHELLE DE L'EXPLOITATION QUELS PEUVENT ÊTRE LES FREINS OU DIFFICULTÉS ASSOCIÉES AUX STRATÉGIES D'HIVERNAGE EN MONTAGNE ET D'ENCAGEMENT DE REINE ? (ex : temps de travail ? Organisation ? Transhumance ? ...)

HIVERNAGE EN MONTAGNE OU EN PLAINE :

Un coût supplémentaire peut être identifié si l'exploitation est éloignée des ruchers. Ce coût se traduit par du temps de transport et des dépenses en carburant. La manipulation des colonies durant l'hiver pour les transhumer vers des zones plus tempérées pour accélérer le redémarrage fait craindre des pertes de reines à un moment où le renouvellement n'est pas possible. Toutefois, lors des 2 années d'expérimentation, aucune perte de colonie n'a pu être attribuée à la transhumance durant l'hiver (pas de différence de mortalité hivernale).

ENCAGEMENT DE REINES :

Parmi les freins identifiés concernant l'encagement de reines en hiver, ont été identifiés le choix du bon créneau météorologique pour travailler, la charge de travail avec une pratique chronophage et le risque de pertes de reine à un moment où le renouvellement n'est pas possible. A noter pour ce dernier frein, qu'aucune perte de reine n'a été observé lors des 2 années d'essai. L'âge des reines a sûrement joué un rôle puisque le choix de ruchers s'est porté sur des ruchers avec des reines jeunes de moins d'un an.

« Beaucoup plus de travail mais il faut savoir ce que l'on veut ! Peut-être dans quelques temps, on aura plus le choix ! »

► QUEL BILAN PERSONNEL TIREZ-VOUS DE VOTRE PARTICIPATION ? (Positif et négatif)

POSITIF :

Parmi les points positifs, sont apparus la collaboration/les échanges entre les structures de recherche & développement et la profession, l'approche scientifique et technique ainsi que la validation de 2 stratégies possibles de gestion de Varroa en hiver en fonction de l'itinéraire des ruchers et leur géographie. A l'échelle d'une exploitation de plusieurs centaines de colonies, une partie du cheptel peut être hiverné en montagne sans encagement et une autre partie en plaine avec encagement. Cela peut permettre avec une bonne organisation et une meilleure répartition du temps de travail.



INRAE

UNAAPI
Unione Nazionale
Associazioni Apicoltori Italiani

UNIVERSITÀ
DI TORINO



NÉGATIF :

Un point négatif identifié est le coût de l'implication dans une expérience rigoureuse avec moins de liberté dans la gestion du rucher et la contrainte de ne pas pouvoir déroger à un circuit de transhumance défini au préalable avec les équipes de recherches et développement.

« La collaboration et l'implication ont été des éléments clés pour atteindre les objectifs importants du projet. »

AVEZ-VOUS DES CONSEILS À DONNER AUX APICULTEURS QUI S'INTERROGENT SUR LES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE VARROA EN HIVER ?

- ✦ « Je recommande d'essayer d'hiverner en montagne pour voir ce qui se passe. »
- ✦ « Une astuce pour lutter contre Varroa en hiver pourrait être de mettre les reines en cage sans nécessairement déplacer les colonies en montagne. Cette stratégie peut aider à lutter efficacement contre le parasite pendant la saison hivernale afin de maintenir une faible infestation pendant la saison apicole. »
- ✦ « L'hiver est une aide de Mère Nature pour permettre à une colonie de redémarrer avec un taux de varroa proche de zéro. Cette charge en varroa, et la fréquence des traitements, ne devraient plus faire débat au sein de la profession, puisqu'il s'agit d'une saison basse pour les apiculteurs comme pour les varroas.... Alors plus d'excuses ! »
- ✦ « Un apiculteur qui ne s'interroge pas est un apiculteur qui subit. »



INRAE

UNAAPI
Associazione Apicoltori Italiani

UNIVERSITÀ
DI TORINO

ACM
Associazione per lo Sviluppo
dell'Apicoltura

RÉSISTANCE À VARROA : LE PIN-TEST, OUTIL D'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT HYGIÉNIQUE

LE COMPORTEMENT HYGIÉNIQUE DES COLONIES

Parmi l'arsenal de défenses immunitaires dont disposent les abeilles pour lutter contre les pathogènes et parasites, les défenses comportementales développées à l'échelle de la colonie jouent un rôle majeur. Le comportement hygiénique, qui consiste en la détection et au nettoyage d'alvéoles contenant du couvain malade ou mort, est un mécanisme efficace face aux maladies qui affectent le couvain. Parmi elles, l'infestation par le parasite Varroa peut avoir des conséquences majeures pour les colonies, qui peuvent s'effondrer rapidement en cas d'infestation importante. Le VSH (Varroa Sensitive Hygiene) est un comportement hygiénique ciblant spécifiquement les alvéoles de couvain parasité par Varroa. Il a été montré que l'expression du VSH est liée à la capacité de résistance des colonies au varroa. Le VSH est donc un caractère d'intérêt en sélection.

MÉTHODES D'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT HYGIÉNIQUE

Trois méthodes d'évaluation du comportement hygiénique ont été développées, et évaluent chacune la réponse des abeilles face à du couvain endommagé à différents degrés³ :

- ✚ La méthode du couvain congelé (au congélateur ou à l'azote) permet d'évaluer la réponse face à du couvain mort.
- ✚ La méthode du couvain piqué (plus communément appelée Pin-Test) évalue la réponse face à du couvain blessé.
- ✚ La méthode VSH (par infestation naturelle ou artificielle) évalue la réponse des abeilles face à du couvain parasité par varroa.

La réponse des abeilles à ces trois types de test n'est pas équivalente, et le lien le plus étroit entre comportement hygiénique et résistance au varroa est obtenu avec le test VSH. Cependant, une corrélation significative et négative a été observée entre le comportement hygiénique évalué par le pin-test et la charge en varroa en fin de saison. Étant donné la facilité de mise en œuvre du pin-test sur le terrain (contrairement au test VSH) qui rend la méthode accessible aux apiculteurs, c'est cette méthode qui a été mise en œuvre dans le cadre du projet Apinverno.

La méthode du Pin-Test consiste à piquer, à l'aide d'une aiguille au travers de l'opercule, la nymphe dans sa totalité. Un bloc de 50 cellules sont piquées en même temps (photo tampon). La proportion d'alvéoles ouverte et/ou nettoyées est décomptée au bout d'un laps de temps donné. Dans les expérimentations d'APINVERNO, ce laps de temps a été fixé à 3h30.

LE PROTOCOLE DE L'ESSAI PIN-TEST

Les mesures ont été faites sur deux ruchers de 30 colonies chacun (un en Italie, un en France), selon un protocole de mesures répétées. Deux séries de 3 pin-tests ont été réalisées à l'automne puis au printemps suivant (6 mesures par colonies), avec un écart de 10 j (+/- 3 j) entre chaque mesure à l'automne et au printemps. Pour chacune des deux saisons, la première et la troisième mesure ont été accompagnées d'un ColEval (estimation de la quantité d'abeilles et de couvain), d'une estimation de la charge en varroa (échantillonnage des varroa phorétiques au détergent). Une estimation de la charge en virus a de plus été réalisée à la deuxième mesure.

³ Büchler, R., Andonov, S., Bernstein, R., Bienefeld, K., Costa, C., Du, M., ... & Wilde, J. (2024). Standard methods for rearing and selection of *Apis mellifera* queens 2.0. *Journal of Apicultural Research*, 1-57.



Figure 9.1 - Le Pin-Test. (Haut) 50 opercules de couvain fermé sont percés à l'aide d'une aiguille. (Bas) La zone d'intérêt est entourée pour faciliter la visualisation et la lecture des résultats.

Ce lien signifie que l'on pourrait prédire la réponse d'une colonie quand on connaît son comportement 10 jours avant. Mais cette prédiction n'est valable que pour entre 5 et 25 % des colonies. Donc la répétabilité de la mesure n'est pas la règle générale. La répétabilité du Pin-Test est encore plus faible à l'échéance de 3 mois ; parmi toutes les combinaisons possibles dans notre expérience, seules 3/24 présentent une relation en deux Pin-Test mesurés à 3 mois d'écart.

Nous ne savons donc pas déduire de ce résultat si ce qui est important est qu'une colonie manifeste une fois une très bonne réponse au Pin-Test ou que sa réponse soit toujours au même niveau.

Y A-T-IL DES COLONIES QUI NE CHANGENT RESTENT DANS LA TÊTE DU CLASSEMENT ?

La réponse au Pin-Test peut dépendre non seulement du comportement propre de la colonie mais aussi des conditions environnementales. Il est donc possible que le niveau de réponse d'une colonie varie en fonction de ces conditions externes.

Dans ce cas il serait plus pertinent de savoir si une colonie est toujours parmi les meilleures colonies en termes de réponse au Pin-Test (Fig 9.2).

A		0	1	2	3
	France Automne	14	15	6	1
	France Printemps	15	13	7	1
	Italie Automne	13	17	5	1
	Italie Printemps	17	10	7	2

B		0	1	2	3	4	5	6
	France	6	10	13	6	0	0	1
	Italie	6	11	10	7	2	0	0

Figure 9.2 - Exemple de classement des colonies selon les résultats du Pin-Test

Dans le tableau (A), une seule colonie se retrouve dans les 10 premières aux trois Pin-Test successifs à l'automne en France. Le même résultat est observé dans les autres cas sauf pour la mesure de printemps en Italie où deux colonies se retrouvent dans le top 10.

Par contre entre 5 et 7 colonies appartiennent au top 10 dans deux cas sur trois. Dans le tableau (B), qui montre le nombre de colonies qui se retrouvent dans le top 10 pour les 6 Pin-Test à 3 mois, on voit qu'une seule se retrouve 6 fois en France ; c'est évidemment la même que celle que nous avons observée à l'automne en France qui se retrouve dans les 3 Pin-Test dans le tableau (A).

A nouveau, l'existence, même rare, de colonies qui répondent de façon plutôt constante au Pin-Test, pose la question de savoir si nous devons rechercher les colonies qui donnent une fois la meilleure réponse ou les colonies qui donnent plusieurs fois une réponse qui peut ne pas être la réponse maximum.

RELATION ENTRE COMPORTEMENT HYGIÉNIQUE, CHARGE EN VARROA ET QUANTITÉ DE COUVAIN

Pour compléter l'étude sur le Pin-Test, nous pouvons chercher à relier la hauteur de la réponse au Pin-Test à des caractéristiques du fonctionnement de la colonie : nombre de cellules de couvain et quantité de Varroa phorétique. Nous analysons ces relations en prenant en compte toutes les mesures mais en considérant que le pays (Italie ou France), la saison (automne ou printemps) sont des facteurs qui peuvent entraîner une variabilité propre.

Seule la quantité de Varroa phorétique a un effet significatif sur la réponse au Pin-Test. Cet effet est négatif, ce qui suggère que lorsqu'il y a beaucoup de varroas en phase phorétique, la population de varroas dans le couvain est faible et que les abeilles sont peu sollicitées pour développer un comportement hygiénique.

Il faut cependant souligner que la variabilité individuelle des colonies est très grande et que, s'il n'y a pas beaucoup de différences entre les deux pays, par contre la réponse au Pin-Test est très grande entre les deux saisons.

En résumé, un peu plus de 5% de la réponse au Pin-Test dépend de la charge en Varroa phorétique et 20% de la variation de la réponse au Pin-Test sont dus à l'effet de la saison et dans une moindre mesure à l'effet du pays.

CONCLUSION

La mesure de l'intensité du comportement hygiénique développée par les colonies est une mesure qui varie beaucoup et qui n'est pas stable. Ceci n'est pas surprenant s'agissant d'une mesure comportementale.

La question n'est pas tranchée de savoir si ce qui caractérise le comportement hygiénique d'une colonie est de répondre au moins une fois avec une valeur élevée du Pin-Test ou si ce qui nous renseigne le mieux sur ce comportement est le fait qu'une colonie est toujours en bonne place dans le classement obtenu par des mesures répétées. Un point pratique : la mesure du Pin-Test est une mesure coûteuse en temps et dans le développement des pratiques apicoles ; il semble que plusieurs mesures au cours de l'année, en lien avec l'effet important de ce facteur, soit une meilleure stratégie.



APINVERNO

UNE TRANSITION RÉUSSIE

Le projet APINVERNO s'inscrit dans le programme des projets TRANSITION ALCOTRA qui ont été ouverts en début de la phase des projets 21-27.

A la suite du projet Innov'Api, après avoir validé les méthodes populationnelles de contrôle de Varroa en fin de saison, la nécessité des traitements d'hiver a été mise clairement en évidence. Les implications du changement climatique dans la gestion de cette phase de lutte contre Varroa a conduit au programme APINVERNO.

Rappelons que la principale question abordée par ce programme est de savoir si l'absence d'arrêt de ponte en hiver, due aux modifications du climat dans les zones de littoral des régions du Piémont en Italie ou des Alpes provençales en France, pouvait être contournée par un hivernage en montagne ou par un encagement en zone littorale.

Dans les résultats qui ont été présentés dans les fiches précédentes, une réponse claire a été apportée à cette question : l'hivernage en montagne ou l'encagement en zone littorale sont une réponse efficace à la préparation des traitements d'hiver contre Varroa.

Les principaux enseignements sont les suivants :

- ✦ L'hivernage en montagne permet de bénéficier d'un arrêt de ponte précoce et donc offre une opportunité d'un traitement efficace contre Varroa en absence de couvain ;
- ✦ néanmoins, l'hivernage en montagne peut conduire à des colonies avec une population plus faible qu'en plaine en tout début de printemps ; ce qui peut être un handicap pour les miellées précoces ;
- ✦ l'hivernage en plaine, qui offre la possibilité d'un démarrage plus rapide des colonies en saison, rencontre une difficulté du fait des hivers doux à cause du changement climatique. L'encagement de la reine associé à un traitement au moment du décagement est une solution qui permet de lever cet obstacle ;
- ✦ le traitement de Varroa en hiver, qu'il soit fait en montagne ou en plaine avec encagement permet un contrôle efficace de la charge en Varroa et, pour toutes les modalités de ce programme, le développement des charges en Varroa en cours de saison a été identique ;
- ✦ que l'hivernage soit fait en montagne ou en plaine avec encagement, les populations ont un développement normal dans la saison,



Figure 10.1 - Rucher en montagne

présentent des populations d'abeilles et des densités de couvain équivalentes et réalisent des productions similaires ;

- ✦ enfin, ces résultats sont valides aussi bien en France qu'en Italie.

On peut ajouter que l'hivernage en montagne met les colonies à l'abri de la pression en frelons asiatiques à l'automne qui peuvent être très fortes sur le littoral.

Le programme APINVERNO, complétant les résultats obtenus dans le programme Innov'Api, a donné aussi l'occasion d'élargir les perspectives de solutions pour le contrôle de Varroa. Dans ce domaine, les récentes avancées de la recherche ont montré l'intérêt du développement de population d'abeilles tolérantes ou résistantes à Varroa. Pour mesurer cette qualité chez les abeilles, le test du comportement hygiénique (Pin-Test) présente des propriétés encourageantes. Le projet APINVERNO a permis de mieux comprendre la dynamique et la stabilité de ce test.

Ce test sera en particulier utilisé dans le nouveau programme Melior'Api (Octobre 2023 – Avril 2027) qui est consacré à la mise au point d'une méthode applicable à l'échelle des exploitations apicoles pour guider le renouvellement du cheptel et contribuer à l'amélioration du comportement vis à vis de varroa.



Figure 10.2 - Rucher sur le littoral

Le programme a donc contribué, en plus des résultats propres sur les conditions du traitement d'hiver contre Varroa et sur les adaptations au changement climatique, à faire le lien entre le développement de méthodes populationnelles dans la lutte contre Varroa et le développement des méthodes d'améliorations du cheptel : une passerelle technique réussie.

Notes personnelles

