

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

Stratégie de lutte alternative contre *Varroa destructor* en Europe centrale

Anton Imdorf, Jean-Daniel Charrière, Verena Kilchenmann, Stefan Bogdanov, Peter Fluri
Centre suisse de recherches apicoles
Station de recherches laitières, Liebefeld, CH-3003 Berne, Suisse

Dans de nombreuses régions d'Europe, le parasite de l'abeille, *Varroa destructor*, est devenu résistant aux varroacides traditionnels⁴⁶. Certes, l'on dispose de succédanés tels que les acides organiques et les composants d'huiles étherées, toutefois leur utilisation n'est efficace que s'ils sont appliqués dans le cadre d'une stratégie de lutte.

DE QUELS FACTEURS DOIT-ON TENIR COMPTE POUR LA MISE EN PLACE D'UNE TELLE STRATÉGIE DE LUTTE ?

Les conditions climatiques, les périodes de miellées, la conduite du rucher et le développement de la population de varroas exercent une influence déterminante sur la stratégie de lutte alternative à appliquer contre *Varroa destructor*. Cette stratégie a pour but de maintenir les populations de varroas en dessous d'un niveau préjudiciable pour les colonies d'abeilles. Ainsi, dans la plupart des régions d'Europe centrale, il est impossible d'appliquer d'avril à fin juillet – période des miellées - des traitements avec des substances susceptibles de laisser des résidus (fig. 1). Pour réduire la population de varroas, on ne peut donc utiliser à cette époque de l'année que des mesures biotechniques, comme la formation de nucléi et le découpage du couvain de mâles. Ces mesures sont à intégrer dans la conduite du rucher.

En août et en septembre, il est nécessaire de réduire fortement et à temps la population de varroas par des traitements appropriés afin qu'à la fin de l'été le couvain soit le moins infesté possible et que les abeilles d'hiver puissent se développer normalement. En novembre ou en décembre, lorsque les colonies sont sans couvain, il est nécessaire de procéder à une nouvelle réduction de la population de varroas. Cette mesure est très importante car de cette façon seulement, aucun traitement supplémentaire ne sera nécessaire avant la fin de la récolte de miel d'été de l'année suivante. Les substances à appliquer pour la lutte dépendent fortement des conditions climatiques, du type de ruche et de la taille du rucher. Celui qui pratique une apiculture de loisirs a à sa disposition tout un arsenal de mesures de lutte alternatives qui ont fait leurs preuves. Par contre, pour une exploitation de type professionnelle, seules quelques méthodes simples entrent en ligne de compte. Des expériences effectuées en Europe ont démontré que même des exploitations importantes avec plus d'un millier de colonies ont appliqué avec succès la lutte alternative contre *Varroa destructor*.

DYNAMIQUE DE LA POPULATION DE VARROAS

Selon la durée d'élevage du couvain et les réinvasions, il faut s'attendre, lors de l'application de l'Apistan, à une chute d'acariens due au traitement de plusieurs centaines d'acariens par colonie et par an⁵⁷. Moosbeckhofer⁴⁷ a montré que les résidus de pyréthriinoïdes provenant des traitements à l'Apistan et au Bayvarol et présents à la surface de la cire agissent encore après la fin du traitement empêchant ainsi un développement normal de la population de varroas. C'est pourquoi, lors des traitements d'été, on observe dans la plupart des ruchers traités par le passé aux pyréthriinoïdes, une chute d'acariens 2 à 3 fois plus faible que dans les ruches qui ont été traitées précédemment avec des méthodes alternatives.

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

À l'occasion d'une étude effectuée de 1989 à 1994, dans un rucher d'essai avec environ une vingtaine de colonies, il a été possible de maintenir la population de varroas en dessous du seuil dommageable uniquement par le découpage du couvain de mâles (photo 1) et des traitements à l'acide formique appliqués en deux séries de chacune deux ou trois applications ponctuelles (photo 2, tab. 1). On observa à cette occasion que plus il y a d'acariens qui hivernent, plus on supprime de varroas par le découpage du couvain de mâles au printemps suivant. Avec deux ou trois découpages d'un demi-cadre Dadant de couvain de mâles operculé, on est certes parvenu à supprimer, selon le nombre d'acariens hivernants, jusqu'à 800 acariens par colonie, toutefois la chute d'acariens due au traitement à l'acide formique à la fin de l'été se situait en moyenne encore entre 1000 et 2000 individus.

Tab. 1: Découpage du couvain de mâles et traitements ponctuels à l'acide formique – Durant six années, nous avons appliqué une stratégie de lutte composée de deux à trois découpages du couvain de mâles par colonie et jusqu'à six traitements ponctuels à l'acide formique au mois d'août-septembre. Afin d'évaluer le nombre d'acariens retirés des ruches, le couvain de mâles a été lavé. La mortalité naturelle de *Varroa* et celle due aux traitements ont été comptées chaque semaine sur des couvre-fonds protégés des abeilles par un grillage. Dans le but de connaître la réinfestation des colonies, nous avons installé sur le rucher deux colonies traitées continuellement à l'Apistan. La grande variabilité des chutes dues aux traitements provient d'une part des quantités variables, selon les colonies, de couvain de mâles qui ont pu être retirées et d'autre part, des variations dans l'efficacité des traitements.

| année | nbre colonies | varroas éliminées avec le couvain de mâles | | | chute des acariens due au traitement à l'acide formique | | | chute naturelle des varroas par jour, en octobre | | | réinvasion varroas par jour n = 2 |
|-------|---------------|--|------|------|---|------|-------|--|------|------|--------------------------------------|
| | | moy. | min. | max. | moy. | min. | max. | moy. | min. | max. | |
| 1989 | 17 | 115 | 0 | 209 | 737 | 296 | 1714 | 0.03 | 0 | 0.08 | 398 |
| 1990 | 20 | 775 | 391 | 1404 | 6680 | 3125 | 10019 | 0.18 | 0 | 0.86 | 4250 |
| 1991 | 21 | 647 | 44 | 4602 | 1516 | 138 | 5501 | 0.09 | 0 | 0.36 | 154 |
| 1992 | 20 | 198 | 10 | 824 | 896 | 150 | 4119 | 0.21 | 0 | 1.25 | 172 |
| 1993 | 11 | 727 | 35 | 2090 | 1673 | 526 | 2719 | 0.10 | 0 | 0.29 | 217 |
| 1994 | 9 | 434 | 149 | 1229 | 2093 | 861 | 3707 | 0.27 | 0.05 | 0.50 | 213 |

On peut se poser la question suivante: combien une colonie peut-elle tolérer d'acariens hivernants dans le cadre d'une stratégie de lutte alternative? Dans l'essai mentionné ci-dessus, le couvain de mâles n'a pas été découpé dans la moitié des colonies lors des deux dernières années de l'essai. En conséquence, la chute d'acariens due au traitement à l'acide formique était en août deux fois plus élevée et, avec plus de 4000 individus, était trop importante¹⁸ (fig. 2).

La chute naturelle moyenne d'acariens en octobre se situait en dessous de 0,2 acariens par jour (tab.1), ce qui correspond à une population hivernante d'environ 100 à 200 individus. Imdorf (1990)³⁴ et Mossbeckhofer (2000)⁵⁰ ont démontré une forte corrélation ($r > 0.8$) entre chute naturelle au mois d'octobre et la population hivernante. On peut ainsi affirmer qu'une chute naturelle d'un varroa/jour correspond approximativement à 500 varroas dans la colonie. Cette relation n'est pas valable si l'on a traité avec du thymol. Dans ce cas, un varroa/jour correspond environ à 50 varroas hivernants²⁸.

Si l'on veut que, dans une stratégie de lutte, la chute d'acariens due au traitement soit inférieure à 1500 et 2000 individus et que l'on veut pouvoir renoncer au découpage du couvain de mâles, il est nécessaire que le nombre d'acariens hivernants soit abaissé en dessous de 50 au moyen d'un traitement tardif dans les colonies sans couvain.

Les réinvasions, comme celle de l'année 1990 (tab. 1.), accroît brutalement la population des parasites. Dans le cas de notre étude, nous avons mesuré tout au long de l'année une réinvasion

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

de plus de 4000 acariens par colonie. Ces réinvasions étaient dues à la lutte déficiente contre *Varroa destructor* dans trois ruchers voisins. Les colonies malades périrent de la varroatose et furent ensuite pillées par les colonies d'essai. Pendant une semaine en août, on a mesuré dans les deux colonies traitées de manière continue à l'Apistan une réinvasion de presque 2000 acariens. Ainsi, le contrôle de la population d'acariens par le comptage de la chute naturelle est un bon instrument pour se prémunir contre de telles mauvaises surprises.

En formant un nucléus comprenant environ 50 % du couvain operculé et de 6 à 8'000 abeilles, on réduit la population de varroas de la colonie mère d'environ un tiers²² et on diminue ainsi fortement la chute d'acariens lors du traitement (fig. 3). La pratique a montré que le traitement de ces nucléi en août et septembre, conjointement avec les ruches de productions, est suffisant.

Les apiculteurs amateurs peuvent facilement intégrer ces mesures biotechniques dans leur concept de lutte. Pour les professionnels en revanche, il convient de trouver des solutions qui présentent le moins de travail possible. C'est pourquoi différents instituts de recherche européens ont travaillé, au cours des dernières années, à l'amélioration des différentes méthodes de traitement. C'est ainsi que l'on a pu par exemple remplacer les traitements ponctuels à l'acide formique, qui exigent beaucoup de travail, par un traitement de longue durée, plus simple. On a développé pour ce type de traitements plus de dix appareils d'applications différents^{4,11,14,17,20,37,40,42,49,51,58}. Par ailleurs, très perfectionnée, l'application de thymol est aujourd'hui le traitement le plus utilisé en Europe centrale pendant la période allant d'août en septembre.

La stratégie de lutte décrite ci-après est utilisée par une majorité d'apiculteurs dans différentes régions d'Europe centrale. Les apiculteurs appliquent souvent des variantes de cette stratégie.

STRATÉGIE DE LUTTE

La surveillance régulière de la population de varroas est une mesure essentielle (fig. 4), car elle permet de déceler à temps une éventuelle augmentation de la population de parasites et, partant, d'appliquer les mesures de lutte qui s'imposent. Après la récolte de miel, il y a lieu de réduire au maximum la population d'acariens en août et en septembre par l'application d'un ou de deux traitements de longue durée à base d'acide formique ou d'un traitement au thymol pendant environ 6 semaines. Dès que les colonies sont exemptes de couvain, il faut effectuer un nouveau traitement à l'acide oxalique en novembre. Si l'on applique ces mesures de façon conséquente, aucun traitement supplémentaire n'est nécessaire avant la fin de la récolte de miel l'année suivante.

INFORMATION CONCERNANT LES DIFFÉRENTES INTERVENTIONS

Surveillance de la population de varroas

Si le nombre d'acariens résistants augmente, le danger que le seuil dommageable soit tôt ou tard dépassé et que les colonies périrent est bien réel. Une telle situation aurait aussi pour conséquence des réinvasions massives dans les ruchers voisins. C'est pourquoi, il est nécessaire de surveiller régulièrement la population de varroas dès le début du printemps et jusqu'à la fin juillet en dénombant la chute naturelle de varroas au moyen de couvre-fonds grillagés (photo 3). Dans le cas où l'on dénombrait plus de 30 acariens par jour, il importe de prendre immédiatement, indépendamment de la période, des mesures de lutte efficaces. En appliquant par exemple un traitement à l'acide formique d'une semaine, on évite le pire. Dans le tableau 2 figurent les chiffres les plus importants au sujet de la chute naturelle d'acariens dans le cadre de cette stratégie.

Tab. 2: Chiffres concernant la chute naturelle d'acariens dans le cadre de la stratégie de traitements présenté ici.

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

| Période | varroas par jour plus de | mesures à prendre |
|---------------------------|--------------------------|---|
| fin mai | 3 | Effectuer un traitement de longue durée à l'acide formique immédiatement après la récolte de printemps. |
| fin juillet début août | 10 | Deux traitements de longue durée à l'acide formique sont nécessaires. |
| toute la saison | 30 | Le seuil dommageable est dépassé. Un traitement immédiat est nécessaire. |

Réduction de la population de varroas au printemps

Si la présente stratégie est appliquée de façon conséquente, les traitements intermédiaires décrits ci-après ne sont pas nécessaires. Par contre, si les traitements en automne n'ont pas été appliqués correctement ou s'il y a eu des réinvasions, il est nécessaire de prendre des mesures rapides. Dans le cas où l'on dénombrerait, fin mai, plus de trois varroas par jour, il est conseillé de ne pas attendre jusqu'en août, mais d'appliquer, à l'occasion de la prochaine période sans miellée, un traitement d'une semaine à l'acide formique ou deux traitements ponctuels. Avec ce traitement, la population de varroas peut être réduite de 50 à 70%. De tels traitements augmentent la teneur en acide formique dans le miel⁶, c'est pourquoi ils ne doivent être appliqués qu'en cas de force majeure.

Si l'on découpe à deux ou trois reprises le couvain de mâles, on arrive à réduire la population de varroas d'environ de moitié^{18,66} et, par la formation d'un nucléus, d'un tiers environ²². Il vaut donc la peine d'intégrer de telles mesures dans la conduite du rucher.

Traitement contre varroas en août et septembre*Traitement de longue durée à l'acide formique*

On trouve sur le marché différents diffuseurs pour les traitements de longue durée. Pour les uns, l'acide formique est imbibé dans un matériel absorbant^{20,36,49} et s'évapore par une surface d'évaporation réglable. Pour les autres, l'acide formique est contenu dans un réservoir et s'évapore par le biais d'une mèche^{10,14,40,48,59,68}. Le traitement à l'acide formique (photo 4) étant complété par une application d'acide oxalique, il n'est pas nécessaire d'obtenir une efficacité la plus élevée possible par le traitement à l'acide formique. On peut ainsi réduire le risque de perte de reines. Pour tous les diffuseurs, il y a lieu de suivre les recommandations d'utilisation du fabricant.

Le succès du traitement dépend en premier lieu de la température extérieure, du type de ruche et de la force de la colonie. Différentes études, comme celle de Charrière et al.¹⁹, ont montré que l'on peut obtenir un succès de traitements de plus de 90 % en appliquant deux traitements de longue durée (fig. 5.). En principe, dans les ruches divisibles à une chambre à couvain, l'efficacité du traitement est plus élevée que dans celles avec deux chambres³⁸.

Un ou deux traitements à l'acide formique?

Selon le taux d'infestation, il faut effectuer un ou deux traitements de longue durée à l'acide formique. Si la chute naturelle de varroas dépasse 10 individus par jour à début août, il est nécessaire d'appliquer deux traitements de longue durée. Il convient à ce propos d'appliquer le premier traitement immédiatement après la récolte de miel et le second à la mi-septembre. Si l'on dénombre moins de 10 acariens par jour, un seul traitement suffit, que l'on peut reporter à la fin août³⁰. A cette période, on peut escompter une efficacité légèrement meilleure qu'au début août.

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

Avec un traitement, il faut s'attendre à une efficacité allant de 60 à 80 %, selon le climat et le moment d'application et avec deux traitements, l'efficacité augmente vers 90 à 98 %^{19,40,51,58,68}. A noter que l'acide formique agit aussi sur les varroas en phase de reproduction dans les cellules operculées^{1,24} et tue l'acarien des trachées (*Acarapis*)^{25,41,65}.

Pourquoi dix acariens par jour? Il ressort des résultats de la figure 6 qu'une chute naturelle d'acariens de 10 individus par jour correspond à une chute due au traitement d'environ 2000 acariens. Si dans le cas d'un traitement unique, on escompte un taux de réussite de 80 %, il restera dans la colonie environ 400 acariens. Les expériences ont montré que les populations de cette taille ne représentent aucun danger pour la santé des colonies jusqu'au traitement d'hiver. Si, par contre, il se trouve 3000 à 4000 acariens dans les colonies, on dénombrera encore 1000 parasites par colonie après un traitement, ce qui est beaucoup trop; un deuxième traitement est donc nécessaire.

Traitement avec des composants d'huiles essentielles

Au lieu de traitements à l'acide formique, on peut aussi effectuer des traitements au thymol. On trouve sur le marché plusieurs produits utilisant le thymol et pour lesquels la substance active est versée ou incorporée à un matériel servant de support^{2,3,9,27,43,44,45,54,69}. Ces applicateurs sont disposés ensuite sur les rayons à couvain pendant plusieurs semaines et laissent le thymol s'évaporer.

Il est conseillé de respecter les consignes d'application du fabricant. Au terme de la récolte de miel, la colonie doit tout d'abord être nourrie en abondance. A l'instar de l'acide formique, il faut commencer le traitement le plus tôt possible dans le cas d'une chute naturelle supérieure à 10 acariens par jour. Pour les produits dont les plaques doivent être remplacées après 3 à 4 semaines, il est recommandé de terminer le nourrissage avant d'appliquer la seconde plaque (photo 5).

Dans des conditions optimales, l'efficacité du traitement devrait se situer entre 90 et 98 % (tab. 3). Un contrôle de l'efficacité du traitement n'est pas nécessaire étant donné qu'en novembre on effectue un traitement supplémentaire à l'acide oxalique.

Tab. 3: Le produit "Apilife-VAR", à base de thymol, démontre sous les conditions suisses une très bonne efficacité dans les ruches de type suisse (CH, bâtisse chaude) et Ritter (R), et une bonne efficacité dans les ruches Dadant (DB, bâtisse froide).

| année | lieu | type de ruche | nombres de colonies | Efficacité du traitement "Apilife VAR" % | chute des varroas suite au traitement avec "Apilife VAR" | | contrôle au Perizin chute des varroas | | | |
|-------|-------------|---------------|---------------------|--|--|-----|---------------------------------------|--------------|-----|-----|
| | | | | | moy- enne | min | max | moy- enne | min | max |
| 1990 | Säriswil A | CH | 20 | 96.4 | 986 | 365 | 1704 | 37 | 3 | 168 |
| | Hergiswil | CH | 20 | 99.0 | 2453 | 917 | 4509 | 24 | 6 | 59 |
| 1991 | Oeschberg | CH | 12 | 93.7 | 277 | 19 | 859 | 18 | 0 | 64 |
| | Grangeneuve | CH | 12 | 95.6 | 1067 | 257 | 2355 | 55 | 5 | 143 |
| | Säriswil A | CH | 10 | 96.4 | 300 | 170 | 539 | 10 | 1 | 20 |
| | Münsingen | CH | 12 | 99.1 | 657 | 178 | 1338 | 5 | 1 | 13 |
| | Hergiswil | CH | 11 | 98.5 | 337 | 95 | 742 | 5 | 0 | 24 |
| | Säriswil B | CH | 11 | 98.2 | 151 | 87 | 284 | 3 | 0 | 9 |
| | Salez | CH | 9 | 98.7 | 223 | 67 | 431 | 3 | 0 | 15 |

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

| | | | | | | | | | | |
|--|-------------|----|----|------|-----|-----|------|----|---|-----|
| | Bellechasse | R | 16 | 96.7 | 713 | 469 | 1317 | 24 | 2 | 49 |
| | Galmiz | DB | 19 | 91.7 | 986 | 465 | 1862 | 92 | 5 | 235 |

Il ressort des différentes études consacrées à l'application du thymol²⁷ que, pour cette technique aussi, le succès des traitements est plus élevé – pour un dosage donné - dans les ruches avec à une seule chambre que dans les ruches avec deux chambres (tab. 4). Le dosage doit donc être adapté au type de ruche, au volume de la ruche et à la température. Il est probable qu'à l'avenir on trouvera sur le marché d'autres produits contenant des composants d'huiles essentielles destinés à la lutte contre *Varroa destructor*.

Tab. 4: Les résultats de différents auteurs montrent qu'il n'est possible d'obtenir une bonne efficacité avec Apilife VAR que si le dosage est adapté en fonction du système de ruches utilisé (une ou deux chambres à couvain) et de la température. C'est principalement le dosage ainsi que les surfaces d'évaporation qui doivent être adaptés. Une durée de traitement de 4 à 6 semaines est suffisante. Des informations plus détaillées concernant l'application du thymol ainsi que des références bibliographiques se trouvent dans l'article de Imdorf et al. 1999²⁷.

| Auteurs | nombre de plateau | Durée de traitement journées | Nombre de chambres | type de ruche | Efficacité de traitement moyenne % |
|-------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|---------------|------------------------------------|
| Rickli et al. 1991 | 2 x 1 | 38 | 1 | ruche suisse | 96.4 |
| | 2 x 1 | 79 | 1 | ruche suisse | 99.0 |
| Mutinelli et al. 1991 1993 | 2 x 1 | 40 | 1 | Dadant | 89.0 |
| | 2 x 1 | 49 | 1 | Dadant | 68.7 |
| Imdorf et al. 1994 1995 | 2 x 1 | 56 | 1 | ruche Suisse | 97.7 |
| | 2 x 1 | 56 | 1 | Dadant | 91.7 |
| Liebig 1993 | 2 x 1 | | 1 | Zander | 97.4 |
| | 2 x 1 | | 2 | Zander | 63.9 |
| Schulz 1993 | 2 x 1 | | 2 | Zander | 74.7 |
| | 2 x 2 | | 2 | Zander | 94.9 |
| | 2 x 3 | | 2 | Zander | 99.5 |
| Calderone 1995 1999 | 2 x 2 | 19 | 2 | Langstroth | 96.7 |
| | 2 x 1 | 32 | 2 | Langstroth | 67.0 |

Acide oxalique dans les colonies exemptes de couvain

Ce traitement appliqué en novembre a pour objectif de réduire la population restante de *varroas* à un minimum. Si au printemps, aucune réinvasion n'a lieu, on pourra renoncer à toute mesure de lutte jusqu'en août de l'année suivante. Cet objectif ne peut cependant être atteint que si les colonies sont exemptes de couvain lors du traitement, l'acide oxalique n'ayant aucun effet sur les *varroas* séjournant dans les cellules operculées.

Entre-temps, trois formes d'application différentes ont été mises au point: la pulvérisation, le dégouttement et l'évaporation ou plus précisément la sublimation^{12,15,33,39,52,53,55,60,61}. Toutes ces formes d'application ont un taux de réussite de plus de 95 % dans les colonies exemptes de couvain (tab. 5, 6, 7, 8). Dans la plupart des cas, la population d'acariens hivernants est réduite à moins de 50 individus (tab. 10). Si par contre il y a encore du couvain operculé, le taux de réussite baisse fortement en fonction de la surface du couvain. Lors d'un traitement par pulvérisation en septembre dans des colonies présentant en moyenne 12,5 dm² de couvain operculé par colonie, on a enregistré un taux de réussite de seulement 60 % (fig. 7).

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

Application de l'acide oxalique par pulvérisation

Pour ce mode d'application, on utilise une solution composée de 30 g d'acide oxalique dihydrate et d'un litre d'eau dont on vaporise 3 à 4 ml par face de cadre au moyen d'un vaporisateur. Pour une colonie forte, on utilise 80 ml, pour une colonie de force moyenne 65 ml et pour une colonie faible 50 ml. Cette méthode est bien tolérée par les abeilles et convient en particulier pour le traitement de colonies dans des ruches hivernant dans une seule chambre à couvain (par ex. Dadant) (photo 6).

Cette méthode exige beaucoup de travail et convient donc aux apiculteurs amateurs possédant un petit nombre de colonies. Lors de notre étude, l'efficacité moyenne s'est élevée à environ 97% et ce indépendamment de l'utilisateur (tab. 5)^{33,60}.

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

Tab. 5: Efficacité de l'acide oxalique (AO) appliqué par pulvérisation – L'efficacité moyenne est supérieure à 95%. Un traitement de contrôle au moyen de Perizin a été effectué trois semaines après le traitement à l'acide oxalique. La quantité de varroas éliminés suite à ces deux traitements est considérée être le 100% (DB - ruche Dadant, CH - ruche Suisse).

| année | rucher | système de ruche | nbr. colonies | efficacité de traitement AO % | | | varroa au total moyenne |
|-------|--------------|------------------|---------------|-------------------------------|------|------|-------------------------|
| | | | | moyenne | min. | max. | |
| 1994 | Ins | DB | 17 | 98.2 | 89.7 | 100 | 387 |
| | Cormondrèche | DB | 8 | 98.6 | 97.0 | 99.6 | 1007 |
| | Spreitenbach | CH | 17 | 98.8 | 85.7 | 100 | 95 |
| | Zürich | CH | 14 | 97.5 | 90.2 | 100 | 190 |
| | Säriswil | CH | 16 | 98.7 | 92.1 | 100 | 265 |
| 1995 | Boden | DB | 13 | 97.3 | 92.9 | 100 | 340 |
| | Liebfeld | DB | 14 | 94.5 | 76.9 | 100 | 724 |
| | Wohlei | DB | 14 | 97.6 | 92.0 | 99.3 | 733 |

Application de l'acide oxalique par dégouttement

Pour ce type d'application, on utilise une solution composée de 35 g d'acide oxalique dihydrate dilués dans 1 litre de sirop de sucre 1+1. On laisse dégoutter 5 ml de cette solution par ruelle de cadres occupée. Pour une colonie forte, on utilise 50 ml, pour une colonie de force moyenne 40 ml et pour une colonie faible 30 ml. Cette méthode exige relativement peu de travail et convient donc bien aux exploitations ayant un grand nombre de colonies.

De plus, elle enregistre dans les colonies exemptes de couvain une efficacité élevée de plus de 95 % (tab. 6.)^{12,16,39} (photo 7). L'efficacité est légèrement inférieure dans les ruches à deux chambres. Dans le dosage indiqué et pour une application unique, elle est très bien tolérée par les abeilles. Il est déconseillé de procéder à un second traitement à la fin de l'automne, en particulier dans les régions plus froides.

Tab. 6: Efficacité de l'acide oxalique appliqué par dégouttement

| rucher | ml solution moyenne | nbr. colonies | efficacité de traitement % | | | varroa au total moyenne |
|------------|---------------------|---------------|----------------------------|------|-------|-------------------------|
| | | | moyenne | min. | max. | |
| Boden | 39 | 7 | 98.0 | 96.9 | 99.7 | 490 |
| Hofen | 45 | 8 | 97.7 | 87.6 | 99.6 | 430 |
| Landikon | 49 | 8 | 97.8 | 94.3 | 99.8 | 365 |
| Pfeffikon | 45 | 6 | 99.7 | 98.7 | 100.0 | 241 |
| Schwand | 41 | 6 | 97.8 | 94.8 | 99.5 | 503 |
| Wohlei | 46 | 6 | 98.3 | 96.6 | 99.7 | 1002 |
| Zweisimmen | 44 | 10 | 97.7 | 72.0 | 100.0 | 424 |

Évaporation ou, plus exactement, sublimation d'acide oxalique

L'évaporation de 1 g d'acide oxalique dihydrate en cristaux dans les ruches à une chambre et de 2 g dans les ruches Dadant et celles à deux chambres a enregistré une efficacité de plus de 95% dans les colonies exemptes de couvain (tab. 7, 8)^{63,64}. Une température ambiante lors du traitement entre 2 et 14° C n'a pas d'influence sur l'efficacité. Dans cette méthode, les cristaux sont chauffés à plus de 200°C au moyen d'un évaporateur placé dans la ruche – les ouvertures étant

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

colmatées au moyen de mousse - au-dessous des cadres à couvain pendant deux à trois minutes (photo 8). On laisse ensuite les trous de vol fermés pendant encore une dizaine de minutes. Toutes les abeilles de même que la ruche et les rayons sont saupoudrés d'acide oxalique. Bien tolérée par les abeilles, cette méthode de traitement n'agit pas sur les acariens présents dans les cellules de couvain operculées. Cela explique l'efficacité réduite d'un traitement effectué lorsqu'il y a du couvain operculé (tab. 8) ⁶³. Aujourd'hui, on trouve sur le marché un grand nombre d'évaporateurs électriques ou à gaz. Tous n'ont pas la même efficacité ³¹. On peut réduire le travail nécessaire pour ce type de traitements en employant simultanément plusieurs appareils d'évaporation.

Tab. 7: Un essai réalisé par Radetzki et collaborateur (2000) a permis de trouver le dosage optimum de l'acide oxalique pour l'application par évaporation. Un gramme d'acide oxalique dihydrate par colonie permet d'atteindre une haute efficacité moyenne avec très peu de variation d'une colonie à l'autre. L'expérience a montré que pour les ruches à volume important comme les ruches Dadant ou les divisibles à deux chambres, il est cependant préférable d'évaporer 2 grammes pour s'assurer d'une bonne efficacité.

| efficacité du traitement | contrôle | | dosage acide oxalique dihydrate (g/colonie) | | | | |
|--------------------------|------------|------|---|------|------|------|------|
| | non-traité | eau | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 5.0 |
| moyenne | 1.2 | 4.8 | 82.8 | 96.0 | 97.2 | 99.0 | 99.2 |
| minimum | 0.0 | 1.3 | 51.7 | 93.2 | 91.7 | 98.1 | 99.0 |
| maximum | 2.7 | 11.5 | 96.0 | 99.2 | 99.6 | 99.7 | 99.8 |
| nombre de colonies | 6 | 8 | 12 | 10 | 13 | 11 | 5 |

Tab. 8: Lors d'un grand essai de terrain réalisé par Radetzki et ses collaborateurs (2001), 1509 colonies ont été traitées en automne 2000 à l'acide oxalique dihydrate (AO-dih.) appliqué par évaporation. L'influence sur l'efficacité contre *Varroa* du dosage, de l'absence ou présence de couvain ainsi que du type de ruche a été évaluée.

| facteur d'influence | nombre de colonies | efficacité moyenne |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| dosage | | |
| 2.8 g AO-dih. / colonie | 723 | 94.8 |
| 1.4 g AO-dih. / colonie | 474 | 94.9 |
| sans traitement | 153 | 17.4 |
| couvain | | |
| sans couvain operculé | 535 | 95.9 |
| avec un peu de couvain operculé | 151 | 92.0 |
| type de ruche | | |
| Dadant | 165 | 92.0 |
| 1 corps | 150 | 95.4 |
| 2 corps | 531 | 94.8 |

Tolérance des abeilles face à l'acide oxalique

Recommandé autrefois par les Italiens ⁵³, le dégouttement d'une solution de 60 g d'acide oxalique dihydrate par litre d'eau sucrée (1 + 1) a été mal supporté par les abeilles lors de son application dans les conditions en vigueur en Europe centrale. En revanche, des essais destinés à optimiser la concentration ont montré que 35 g d'acide oxalique dihydrate par litre d'eau sucrée étaient très bien tolérés par les abeilles tout en gardant la même efficacité de 95% ¹⁶. Selon des études menées par différents auteurs sur la tolérance des abeilles face aux trois modes d'application de l'acide oxalique, il ressort qu'il n'y a aucune différence significative à comparer avec les colonies de contrôle non traitées. Signalons que dans ces essais, les pertes d'abeilles durant l'hiver et le

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies développement printanier des colonies jusqu'à la miellée ont été relevés (fig. 8, 9)^{13,21}. En résumé, les trois méthodes sont bien tolérées par les abeilles.

RÉSIDUS DANS LES PRODUITS APICOLES

Acide formique et acide oxalique

L'acide formique et l'acide oxalique sont naturellement présents dans le miel^{23,35,53,56,70}. Il ressort d'une étude de trois ans - au cours de laquelle on a appliqué régulièrement deux traitements de longue durée à l'acide formique et un traitement à l'acide oxalique - que la teneur en acide formique augmente légèrement dans le miel de printemps pour se situer à environ 70 - 90 mg par kilo de miel par rapport au miel de contrôle non traité aux acides organiques et qui en contient 30 - 45 mg (tab. 9)⁶. Du point de vue toxicologique, cette augmentation est sans danger et n'est pas décelable sensoriellement⁸. Dans les récoltes suivantes, aucun accroissement de la teneur en acide formique n'a été relevé par rapport à la teneur naturelle du miel. Si par contre on utilise de l'acide formique au printemps ou au début de l'été, peu avant la miellée, il faut s'attendre à une forte hausse de la teneur en acide formique dans les récoltes qui suivent, hausse qui peut être souvent perçue sensoriellement⁶.

Tab. 9: Résidus moyens d'acide formique et oxalique dans le miel - Le miel de printemps provenant de dix ruchers sur lesquels une lutte alternative contre *Varroa* au moyen d'acide formique et oxalique a été appliquée durant 3 ans, a été analysé quant à sa teneur en acide formique et oxalique. Ces miels ont été comparés avec des miels provenant de ruchers de contrôles traités uniquement à l'Apistan. Cette comparaison permet d'observer si les traitements provoquent une augmentation des teneurs naturelles en acide.

| année | 1996 | | 1997 | | 1998 | |
|----------------------------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | contrôle | traitement | contrôle | traitement | contrôle | traitement |
| acide formique mg/kg de miel | 45 | 94 | 31 | 91 | 41 | 71 |
| acide oxalique mg /kg de miel | 41 | 33 | 22 | 18 | 19 | 19 |

La teneur naturelle en acide oxalique du miel de printemps n'est pas modifiée par un traitement unique à l'acide oxalique (tab. 9.)^{5,6,53,62}. Dans la cire, aucune teneur notable en résidus n'est à craindre étant donné que les deux acides ne sont pas liposolubles.

Thymol

L'application de produits à base de thymol conduit généralement à des résidus relativement importants dans la cire (500-600 mg thymol par kg de cire) qui, cependant, ne s'accumulent pas d'un traitement à l'autre, mais s'évaporent rapidement selon la température⁷. Après le traitement appliqué en août/septembre de l'année qui précède, il faut s'attendre, lors de la récolte printanière qui suit, à une teneur moyenne en résidus de 0,1 à 0,2 mg de thymol par kilo de miel, dépendamment du type de ruche (fig. 10)⁷. Ces résidus sont du point de vue toxicologique sans danger et n'altèrent pas le goût du miel. Ce n'est qu'à partir de quantités supérieures à 1,1 mg par kilo de miel que le thymol est perçu sensoriellement⁸. C'est pourquoi en Suisse, la valeur de tolérance a été fixée à 0,8 mg de thymol par kilo de miel.

MESURES DE SÉCURITÉ

Une étude menée par Gump et collaborateurs (2003)²⁶ a montré que la santé des apiculteurs n'est pas menacée lors de l'utilisation de l'acide oxalique pour autant qu'ils observent les mesures de sécurité suivantes. Lorsque l'on manipule des acides organiques et des huiles essentielles, il est

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

indispensable de porter des gants résistants aux acides. Par ailleurs, il est recommandé de porter une paire de lunettes et d'avoir un seau d'eau à portée de main lorsque l'on manipule de l'acide formique ou oxalique. Si l'on pulvérise une solution d'acide oxalique ou que l'on évapore des cristaux d'acide oxalique, il faut porter un masque de protection respiratoire du type EN 149:2001 FFP2 ou FFP3 prévu pour les aérosols acides sous forme solide ou liquide. Tous les produits relatifs à la lutte alternative contre varroas sont vendus en Suisse dans les commerces spécialisés. La préparation de solution d'acide oxalique ne devrait être effectuée que par du personnel qualifié.

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies**CONCLUSION**

Par l'application de ces stratégies de lutte alternative^{32,67}, les apiculteurs d'Europe centrale ont la possibilité, pour un surcroît de travail raisonnable, de maintenir l'infestation par varroas en dessous du seuil dommageable (tab. 10, 11) tout en garantissant des produits apicoles de qualité.

Tab. 10: Efficacité d'un traitement combiné acide formique et acide oxalique

Les deux buts que l'on souhaite atteindre en appliquant cette stratégie de traitements, à savoir moins de 500 varroas avant le traitement à l'acide oxalique et moins de 50 après, sont atteints. Seule une colonie présentait une population hivernante de varroas légèrement supérieure à 50 individus. En estimant à 95% l'efficacité du traitement à l'acide oxalique, nous pouvons calculer la population hivernante correspondant au 5% restant.

| rucher | nbr. de colonies | efficacité de l'acide formique % | | | chute de traitement de l'acide oxalique | | population de varroa hivernant max. |
|----------------|------------------|----------------------------------|------|------|---|------|-------------------------------------|
| | | moy. | max. | min. | moy. | max. | |
| Baar | 8 | 95 | 98 | 87 | 41 | 104 | 5 |
| Boden | 11 | 84 | 95 | 64 | 220 | 456 | 24 |
| Frinvilier 96 | 9 | 95 | 99 | 88 | 174 | 416 | 22 |
| Heitenried | 14 | 95 | 100 | 69 | 47 | 155 | 8 |
| Liebefeld | 8 | 98 | 99 | 89 | 100 | 283 | 15 |
| Salez | 10 | 97 | 100 | 81 | 15 | 64 | 3 |
| Schwand 96 | 7 | 97 | 99 | 86 | 36 | 68 | 4 |
| Wohlei | 11 | 97 | 100 | 92 | 52 | 157 | 8 |
| Zweissimmen 96 | 9 | 73 | 91 | 45 | 135 | 291 | 15 |
| Aenningen | 20 | 96 | 99 | 95 | 72 | 86 | 5 |
| Frinvilier 97 | 10 | 96 | 99 | 91 | 14 | 55 | 3 |
| Grangeneuve | 15 | 95 | 99 | 86 | 152 | 526 | 28 |
| Landikon | 8 | 89 | 97 | 75 | 85 | 269 | 14 |
| Schwand 97 | 23 | 94 | 99 | 81 | 16 | 146 | 8 |
| Zweissimmen 97 | 10 | 70 | 98 | 48 | 351 | 1147 | 60 |

Tab. 11: Efficacité d'un traitement combiné au thymol (Thymovar) et acide oxalique

Dans cette stratégie de traitements également, les deux buts de réduction du nombre de varroas sont atteints et cela malgré des conditions climatiques défavorables.

| rucher | altitude m | nbr. de colonies | efficacité de Thymovar % | | | chute de traitement de l'acide oxalique | | population de varroa hivernant max. |
|-------------|------------|------------------|--------------------------|------|------|---|------|-------------------------------------|
| | | | moy. | max. | min. | moy. | max. | |
| Varen | 758 | 10 | 91 | 99 | 81 | 101 | 358 | 18 |
| Moerel | 762 | 8 | 87 | 94 | 76 | 131 | 260 | 14 |
| Brig | 880 | 10 | 77 | 91 | 40 | 191 | 733 | 39 |
| Ritt | 900 | 10 | 87 | 94 | 52 | 136 | 239 | 13 |
| Ried | 900 | 8 | 88 | 94 | 66 | 105 | 162 | 9 |
| Rumeling | 950 | 8 | 95 | 99 | 80 | 35 | 92 | 5 |
| Birgisch | 1090 | 6 | 63 | 82 | 35 | 144 | 255 | 13 |
| St. Niklaus | 1116 | 10 | 75 | 89 | 55 | 371 | 587 | 31 |
| Ernen | 1200 | 10 | 71 | 89 | 45 | 96 | 305 | 16 |
| Buerchen | 1335 | 10 | 82 | 89 | 71 | 253 | 488 | 26 |

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

| | | | | | | | | |
|----------------|------|----|----|----|----|-----|-----|----|
| Visperterminen | 1367 | 10 | 75 | 80 | 68 | 392 | 541 | 28 |
| Graechen | 1611 | 10 | 95 | 97 | 90 | 91 | 184 | 9 |

Un grand nombre d'instituts européens de même que de nombreux apiculteurs ont participé, au cours des quinze dernières années, à la mise au point de ces stratégies de lutte. Nous les en remercions sincèrement. Aussi longtemps que les pyréthriinoïdes agissaient, la lutte alternative n'a été appliquée que par un petit groupe d'apiculteurs et d'apicultrices engagés. Cependant, depuis que les acariens sont résistants aux pyréthriinoïdes, une majorité d'apiculteurs s'est convertie aux méthodes alternatives. Au début, par manque d'expérience, cette conversion s'est accompagnée d'un grand nombre de pertes de colonies, comparable à celles survenues lors de l'apparition de *Varroa destructor* en Europe. Les apiculteurs n'ont plus le choix face à la varroatose. Si l'on veut pratiquer l'apiculture avec succès, en dépit de la présence d'acariens résistants, il faut alors appliquer de manière conséquente, année après année, les stratégies de lutte alternative.

Les stratégies de lutte mises au point pour l'Europe centrale ne peuvent pas être appliquées telles quelles dans d'autres régions. Seule une recherche déterminée, menée sur plusieurs années peut apporter les solutions optimales pour ces régions.

Commentaires des figures

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

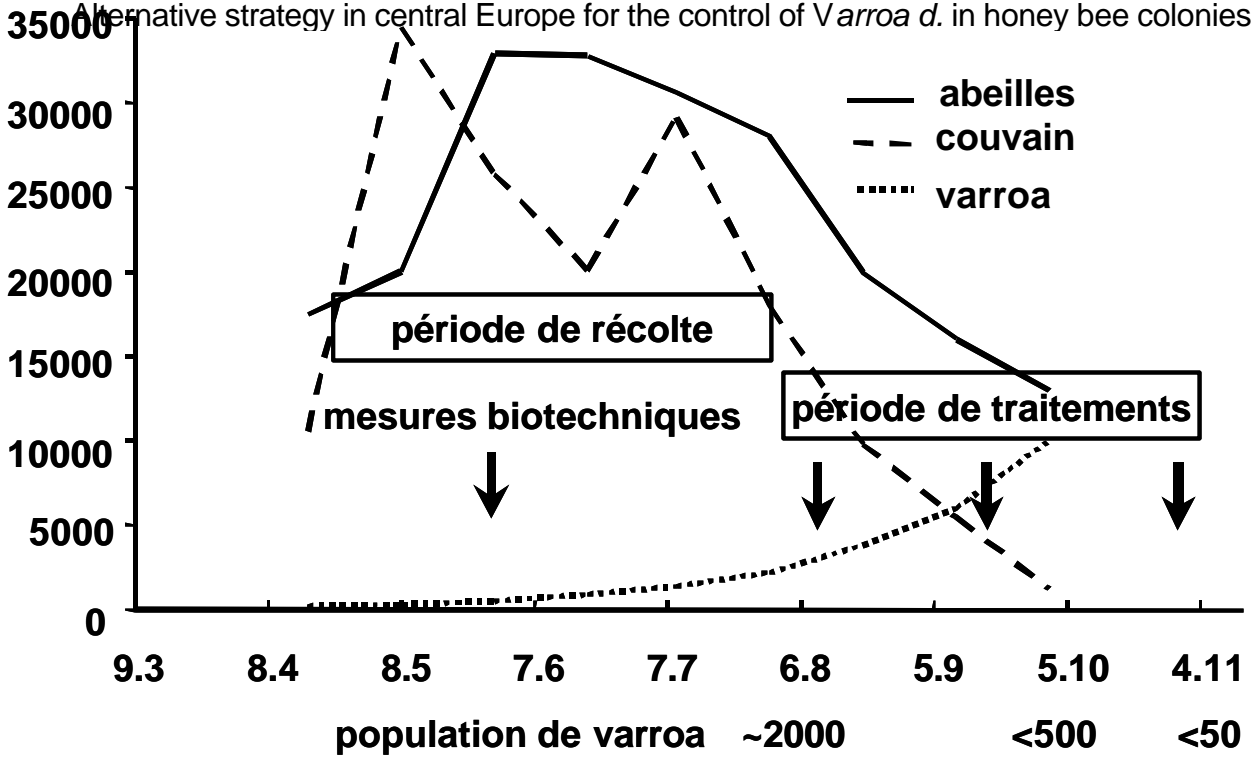


Fig. 1: Pour développer une stratégie de traitement pour une région donnée, il faut tenir compte des développements de population d'abeilles et de varroas durant la saison, des périodes de miellées, des pratiques apicoles ainsi que de la grandeur de l'exploitation apicole et du choix des produits de traitement.

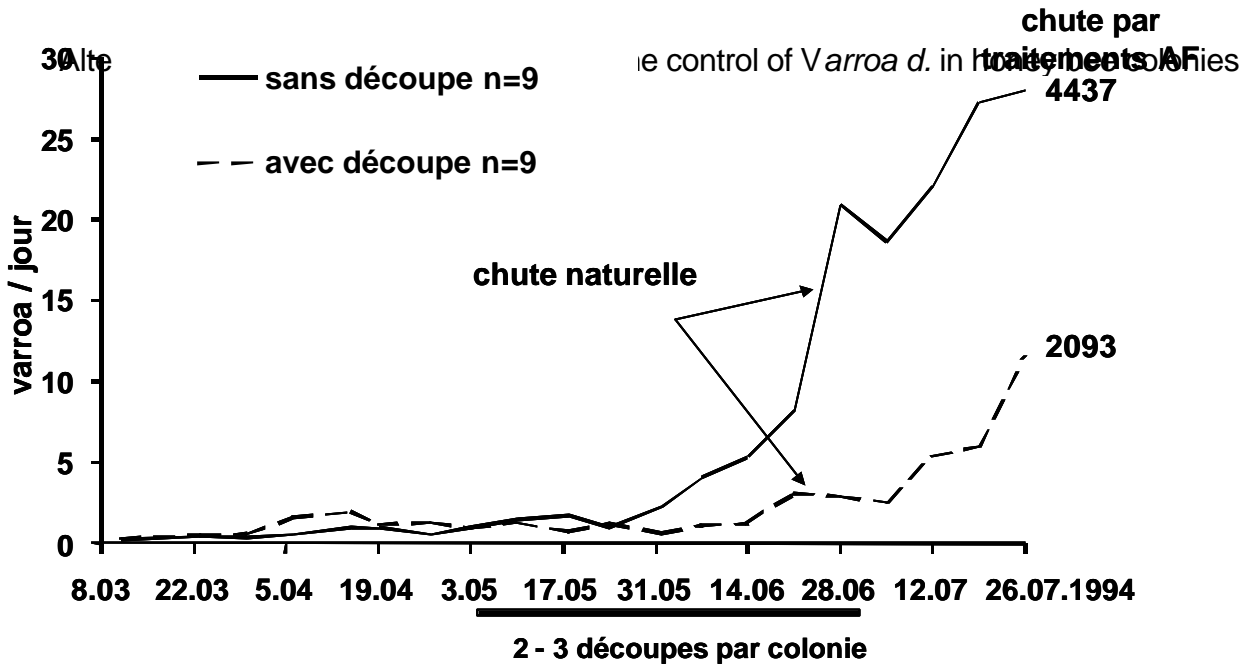


Fig. 2: Par le retrait du couvain de mâles operculé, il est possible de diminuer de moitié la chute de varroas lors des traitements de fin d'été à l'acide formique (AF).

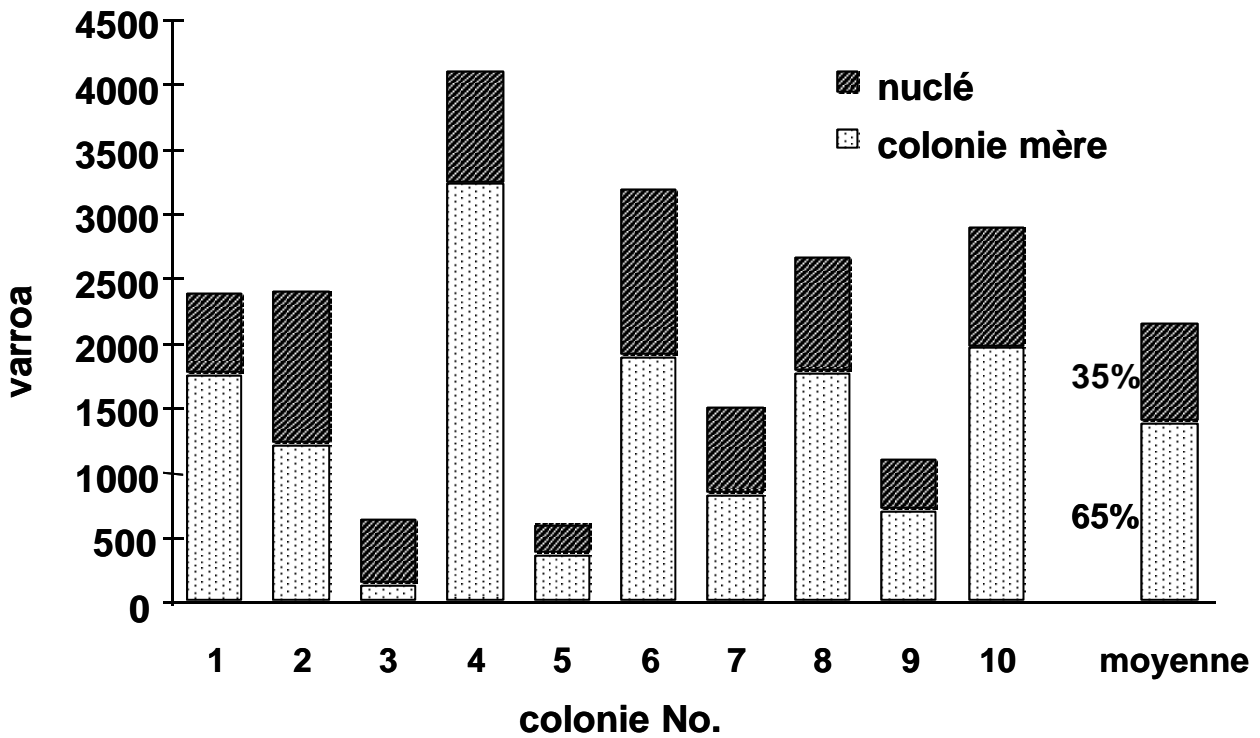


Fig. 3: La formation d'un nucléi par prélèvement de 3 cadres Dadant de couvain operculé et de 6 à 8'000 abeilles réduit la population de varroas dans la colonie mère de près d'un tiers. Afin de connaître les populations de varroas dans les nucléi et les ruches mères, nous avons fait un blocage de ponte pour ensuite les traiter deux fois au Perizin en absence de couvain.

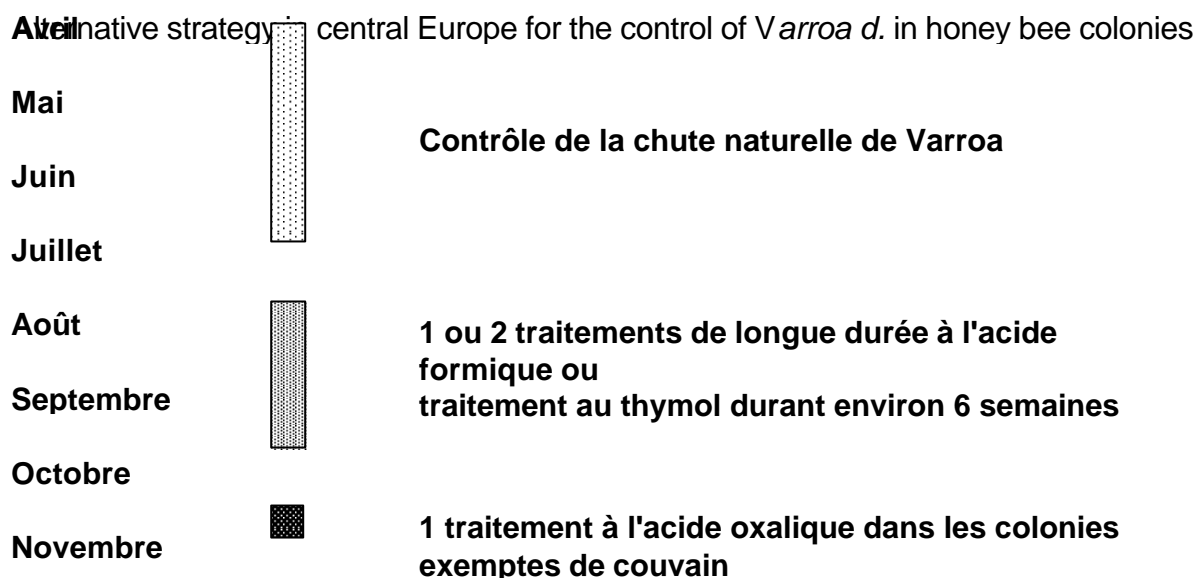


Fig. 4: Les méthodes de lutte alternative contre *Varroa destructor* ne conduisent au succès que si elles sont intégrées dans une stratégie de lutte. Le contrôle du degré d'infestation, la réduction de la population de varroas en août et septembre au moyen d'acide formique ou de thymol ainsi que le traitement à l'acide oxalique en novembre sont les piliers de cette stratégie.

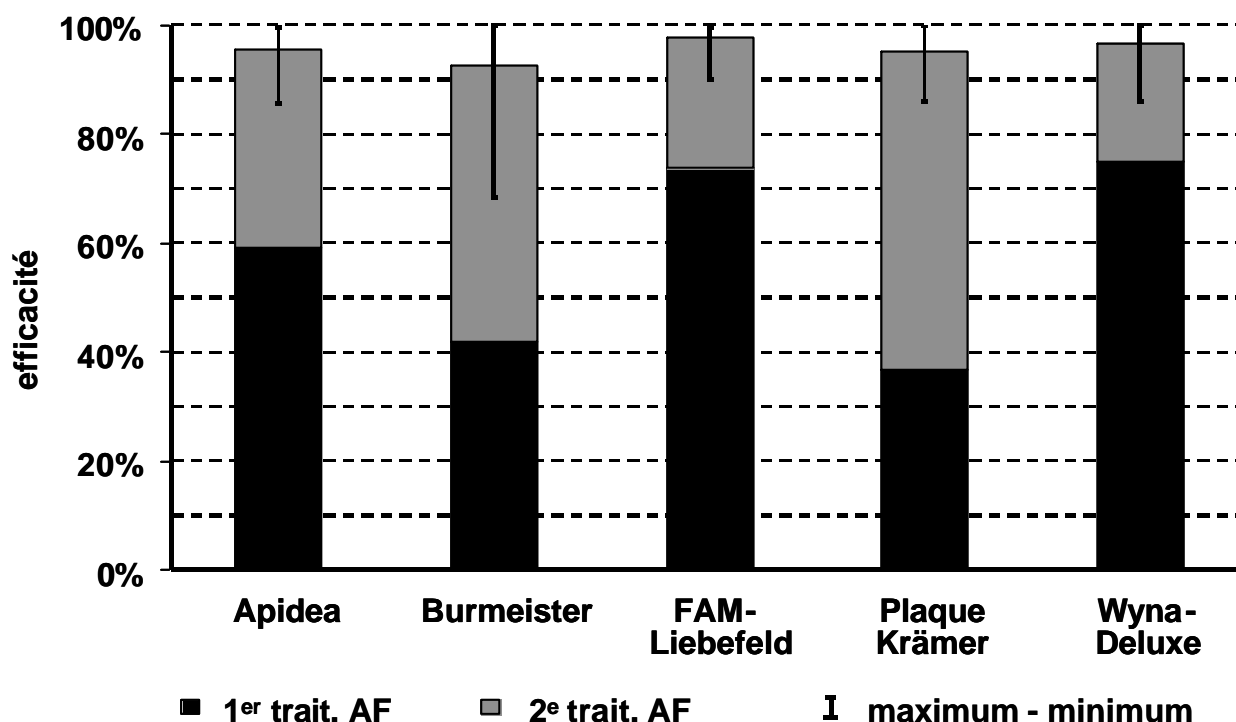


Fig. 5: Comme le montre cet essai, il est possible, dans les ruches à une chambre à couvain, de réduire les populations de varroas de plus de 90% en appliquant 2 traitements de longue durée à l'acide formique (AF). La douzaine de diffuseurs différents existant actuellement sur le marché européen démontrent tous une bonne efficacité. Dans la plupart des cas, il faut prévoir une efficacité légèrement réduite pour les ruches à deux chambres.

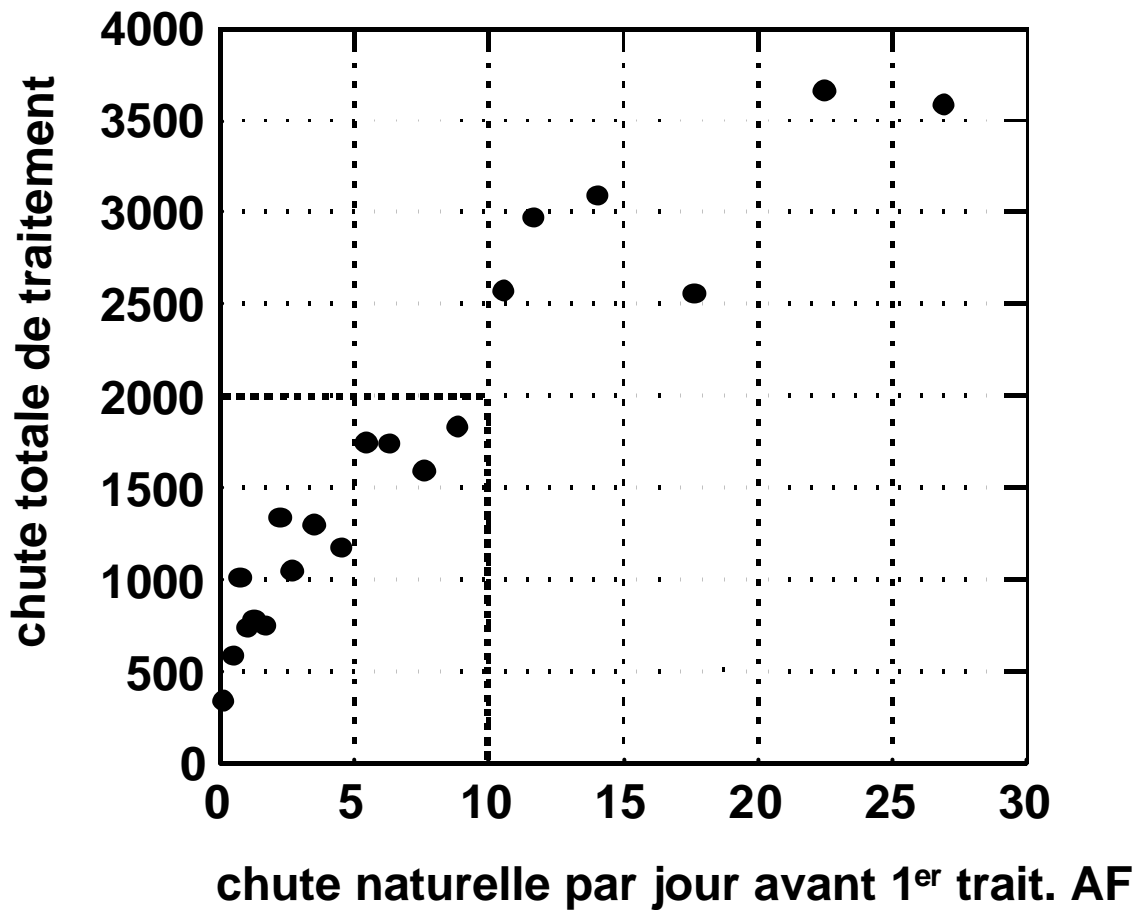


Fig. 6: Dans cet essai, nous comparons la chute naturelle de varroas au début août avec la mortalité de varroas occasionnée par les traitements subséquents. Chaque point sur le graphique représente la moyenne de 10 colonies classées par ordre croissant de chute naturelle. Ces résultats montrent que si la chute naturelle est inférieure à 10 varroas par jour, la mortalité due aux traitements se situera en dessous de 2000 acariens. Dans ce cas, un seul traitement d'acide formique de longue durée effectué à la fin août est suffisant pour éviter que le couvain, qui donnera naissance aux abeilles d'hiver, ne soit trop fortement affaibli par les parasites.

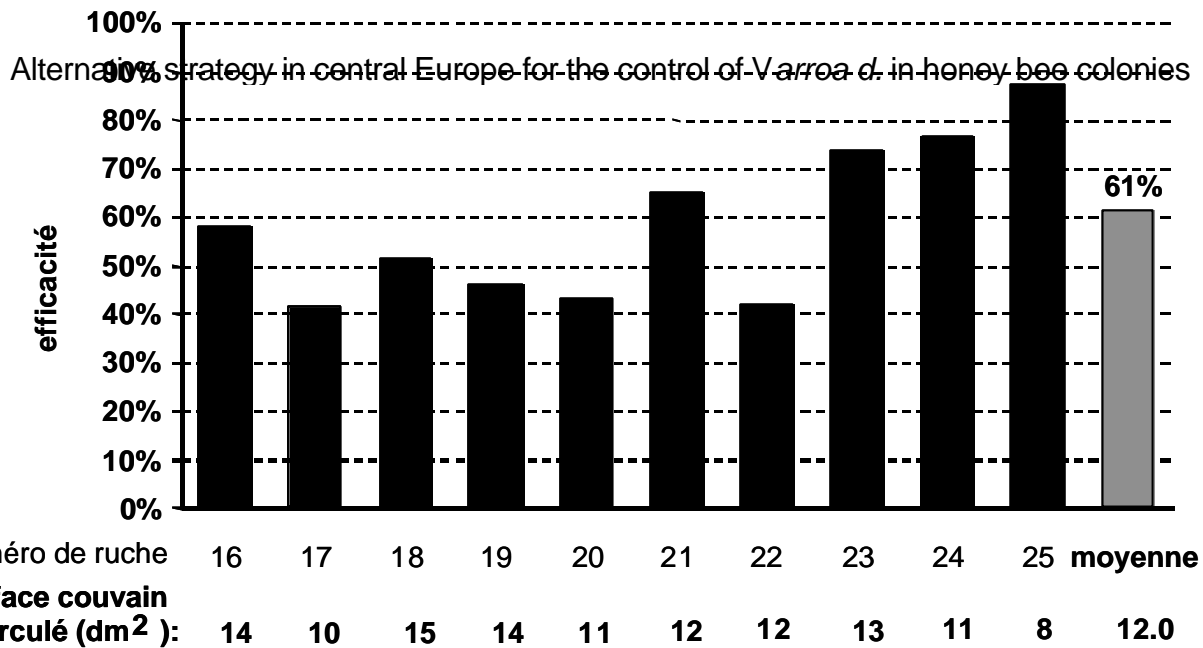


Fig. 7: Efficacité d'un traitement à l'acide oxalique par pulvérisation appliqué à des colonies avec couvain. Début septembre, les colonies traitées à l'acide oxalique par pulvérisation possédaient en moyenne 12 dm² de couvain operculé.

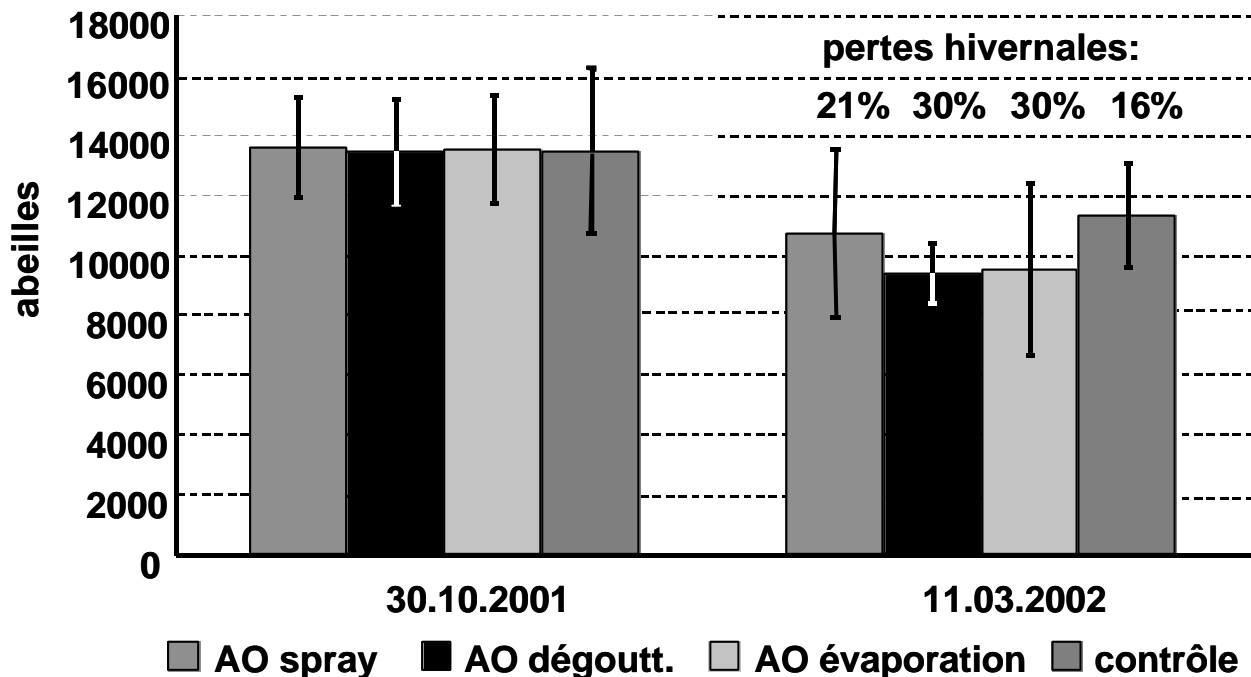


Fig. 8: Si l'on compare l'effet sur l'hivernage des colonies, des 3 modes d'application de l'acide oxalique (AO) et d'un groupe de contrôle non-traité, aucune différence significative n'apparaît. Pour cette comparaison, le nombre d'abeilles a été estimé à la fin octobre et la mi-mars au moyen de la méthode de Liebefeld²⁹.

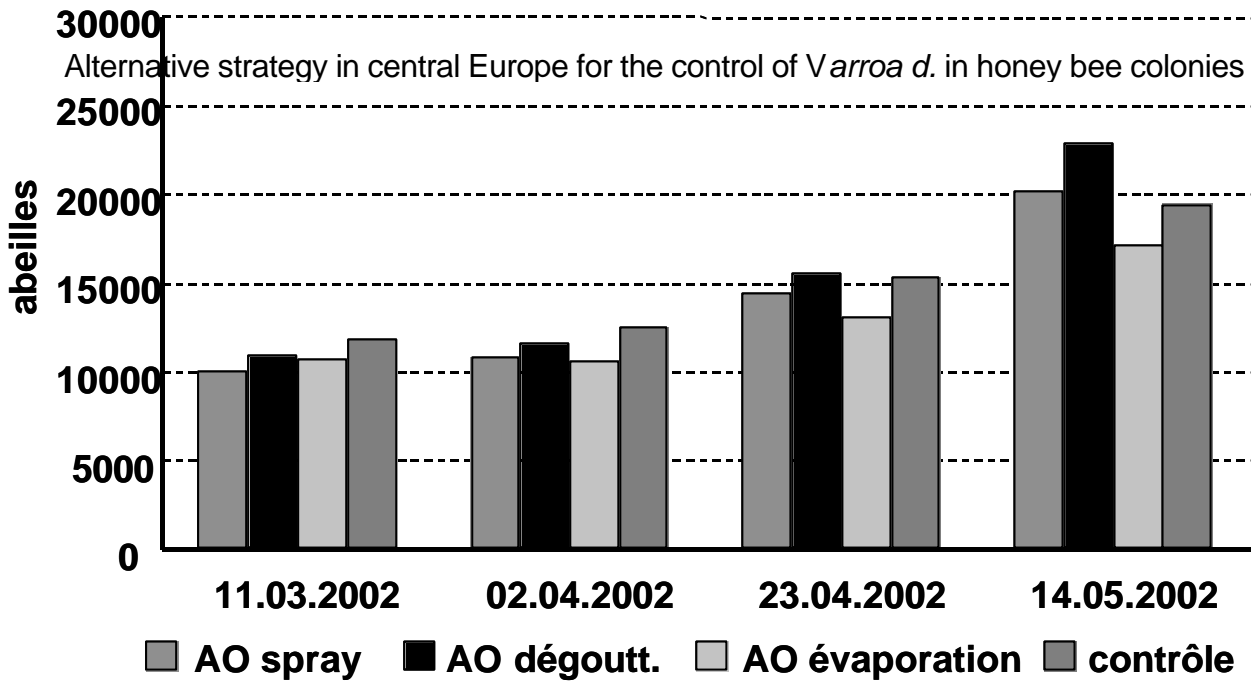


Fig. 9: Le développement printanier des colonies n'est pas négativement influencé par le mode d'application de l'acide oxalique (AO) à comparer avec le groupe de contrôle non-traité.

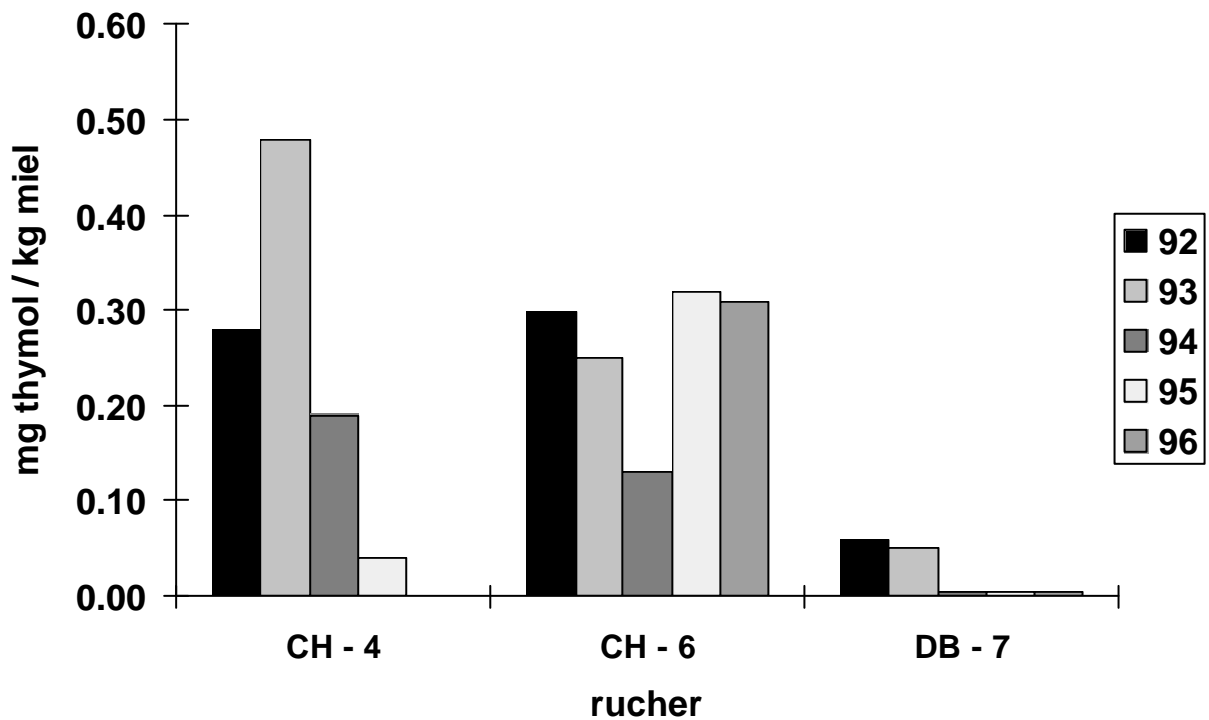


Fig. 10: Dans cet essai mené durant 5 ans, les colonies ont été traitées annuellement à la fin de la récolte au moyen de thymol durant une période de 6 semaines. Aucune accumulation des résidus

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies
de thymol dans le miel de printemps n'a pu être analysée. Les teneurs en thymol du miel provenant des deux ruchers possédant des ruches de type suisse (CH) sont plus du double de celles du rucher occupé par des ruches Dadant (Db).

Commentaires des photos

Photo 1: La découpe du couvain de mâles aide à maintenir la population de varroas à un bas niveau.

Photo 2: Traitement ponctuel à l'acide formique – Deux séries de traitements, un au début août et l'autre à la fin septembre, comprenant chacune 2 ou 3 applications au cours d'une semaine, permettent d'éliminer 90 à 95% de la population de varroas.

Photo 3: Les plateaux grillagés sont des outils indispensables pour déceler suffisamment tôt un fort taux d'infestation dû par exemple à une réinfestation ou une efficacité de traitement insuffisante. Les mesures de lutte qui s'imposent peuvent ainsi être appliquées à temps.

Photo 4: Un ou deux traitements de longue durée au moyen du diffuseur-FAM durant la période août-septembre permet de réduire la population de varroas d'environ 80 à 90%.

Photo 5: Apilife-Var est un produit à base de thymol et est utilisé durant 6 semaines aux mois d'août et septembre. Après trois semaines de traitement, les plaquettes sont remplacées par de nouvelles. Selon le type de ruche et la température ambiante, l'efficacité est supérieure à 90%.

Photo 6: La pulvérisation d'une solution d'acide oxalique en automne, dès que les colonies sont exemptes de couvain, permet de réduire la population de varroas à un minimum.

Photo 7: La méthode par dégouttement est le mode d'application le plus simple de l'acide oxalique.

Photo 8: L'évaporation d'acide oxalique n'exige pas l'ouverture des colonies ce qui permet d'effectuer les traitements même si les températures descendent jusqu'à 2° C.

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies**LITTÉRATURE**

- 1 ADEL T, B; KIMMICH, K H (1986) Die Wirkung der Ameisensäure in die verdeckelte Brut. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 20(12): 382-385.
- 2 ARCULEO, P (1999) Studio comparativo di prodotti a base di timolo nel controllo della varroa in Sicilia. *Estratto da Tecnica Agricola* (4): 49-54.
- 3 BAGGIO, A; PIRO, R; CRIVALLERI, D; DAINESE, N; DAMOLIN, O; MUTINELLI, F (2003) Produits a base de thymol pour contrôler la varroase. Etude de l'efficacité et des résidus dans le miel. *La Santé de l'Abeille* (No 193): 11-15.
- 4 BECKER, B (1997) Der weiterentwickelte Nassenheider Verdunster. *Imkerfreund* 52(7): 16.
- 5 BERNARDINI, M; GARDI, T (2001) Influence of acaricide treatments for varroa control on the quality of honey and beeswax. *Apitalia* 28(7-8): 21-24.
- 6 BOGDANOV, S; CHARRIERE, J D; IMDORF, A; KILCHENMANN, V; FLURI, P (2002) Determination of residues in honey after treatments with formic and oxalic acid under field conditions. *Apidologie* 33(4): 399-409.
- 7 BOGDANOV, S; IMDORF, A; KILCHENMANN, V (1998) Residues in wax and honey after Apilife VAR treatment. *Apidologie* 29(6): 513-524.
- 8 BOGDANOV, S; KILCHENMANN, V; FLURI, P; BÜHLER, U; LAVANCHY, P (1999) Influence of organic acids and components of essential oils on honey taste. *American Bee Journal* 139(1): 61-63.
- 9 BOLLHALDER, F (1998) "Thymovar" zur Varroabekämpfung. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 121(3): 148-151.
- 10 BÜCHLER, R (1996) Sommerbehandlung mit Ameisensäure. Applikatoren und IMP im Vergleich. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 30(7): 10-12.
- 11 BÜCHLER, R (1997) Der Einsatz von Ameisensäure - Applikatoren in Holz-Magazinbeuten. *Die Biene* 133(2): 9-12.
- 12 BÜCHLER, R (1999) Versuchsergebnisse zur Varroatosebekämpfung durch Aufträufeln von Oxalsäurelösung auf die Wintertraube. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 33(10): 5-8.
- 13 BÜCHLER, R (2002) Winterbehandlungsmethoden im Test. Auswirkungen auf die Volksentwicklung. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 36(11): 10-13.
- 14 BURMEISTER, K (1996) Verdunster zur Ameisensäureanwendung. *Schweiz. Bienenztg.* 119(1): 16-17.
- 15 CHARRIERE, J D; IMDORF, A (2002) Oxalic acid treatment by trickling against Varroa destructor: recommendations for use in central Europe and under temperate climate conditions. *Bee World* 83 (2): 51-60.
- 16 CHARRIÈRE, J D; IMDORF, A (2000) Acide oxalique par dégouttement: essais 1999/2000 et recommandations d'utilisation pour l'Europe centrale. *Revue Suisse d'Apiculture* 97(11-12): 400-407.
- 17 CHARRIÈRE, J D; IMDORF, A; BACHOFEN B. (1998) Fünf Ameisensäure-Dispenser im Vergleich. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 121(6): 363-367.
- 18 CHARRIÈRE, J D; IMDORF, A; BACHOFEN, B; TSCHAN, A (1998) Le retrait du couvain de mâles operculé: une mesure efficace pour diminuer l'infestation de varroas dans les colonies. *Revue Suisse d'Apiculture* 95(3): 71-79.
- 19 CHARRIÈRE, J D; IMDORF, A; FLURI, P (1997) Comment utiliser au mieux le diffuseur à acide formique "FAM Liebefeld" ? *Revue Suisse d'apiculture* 94(5): 134-138.
- 20 CHARRIÈRE, J D; IMDORF, A; FLURI, P (1997) Die Anwendung des Ameisensäure-Dispensers "FAM Liebefeld" gegen die Varroa. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 120(6): 330-333.
- 21 CHARRIÈRE, J-D; IMDORF, A; KUHN, R (2003) Bienenverträglichkeit von verschiedenen Winterbehandlungen gegen *Varroa destructor*. *Schweizerische Bienen-Zeitung* (Im Druck).
- 22 CHARRIÈRE, J D; MAQUELIN C.; IMDORF, A; BACHOFEN B. (1998) Quelle proportion de la population de Varroa préleve-t-on lors de la formation d'un nuclé? *Revue Suisse d'apiculture* 95(6): 217-221.
- 23 FAUCON, J P; MARTEL, A C; ZEGGANE, S; AURIÈRES, C; DRAJNUDEL, P (2002) Teneur naturelle en acide oxalique des miels français. *Rapport d'essai de l'AFSSA* 1-7.
- 24 FRIES, I (1991) Treatment of sealed honey bee brood with formic acid for control of *Varroa jacobsoni*. *American Bee Journal* 131(5): 313-314.
- 25 GARZA-Q. M. C.; DUSTMANN J. H.; WILSON, W T; RIVERA R. (1990) Control of the honey bee tracheal mite (*Acarapis woodi*) with formic acid in Mexico. *American Bee Journal* (12): 801.
- 26 GUMPP, T; DRYSCH, K; RADJAIPOUR, M; DARTSCH, P C (2003) Arbeitshygienische Untersuchungen zur Verdampfung von Oxalsäure. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 126(1): 26-30.

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

- 27 IMDORF, A; BOGDANOV, S; IBANEZ OCHOA, R; CALDERONE, N (1999) Use of essential oils for the control of *Varroa jacobsoni* (Oud.) in honey bee colonies. *Apidologie* 30(2-3): 209-228.
- 28 IMDORF, A; BOGDANOV, S; KILCHENMANN, V; MAQUELIN, C (1995) Apilife VAR: A new varroacide with thymol as the main ingredient. *Bee World* 76(2): 77-83.
- 29 IMDORF, A; BÜHLMANN, G; GERIG L.; KILCHENMANN V.; WILLE, H (1987) Überprüfung der Schätzmethode zur Ermittlung der Brutfläche und der Anzahl Arbeiterinnen in freifliegenden Bienenvölkern. *Apidologie* 18(2): 137-146.
- 30 IMDORF, A; CHARRIÈRE, J D (1998) Eine oder zwei Langzeitbehandlungen mit Ameisensäure? *Schweizerische Bienen-Zeitung* 121(7): 433-435.
- 31 IMDORF, A; CHARRIÈRE, J D (2002) Oxalsäure - wo stehen wir? *Schweizerische Bienen-Zeitung* 125(9): 14.
- 32 IMDORF, A; CHARRIÈRE, J D; MAQUELIN, C; KILCHENMANN, V; BACHOFEN, B (1995) Alternative Varroabekämpfung. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 118(8): 450-459.
- 33 IMDORF, A; CHARRICRE, J D; BACHOFEN, B (1995) Wann ist die Oxalsäure als Varroazid geeignet? *Schweizerische Bienen-Zeitung* 7(118): 389-391.
- 34 IMDORF, A; KILCHENMANN V. (1990) Natürlicher Milbenfall im Oktober. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 113(9): 505-506.
- 35 Kary, I. (87) *Untersuchungen zur Rückstandsproblematik in Bienenhonig im Rahmen der Varroatosebekämpfung*. Dissertation, <19 Publisher Name>; Giessen, Deutschland; <25 Page Numbers>.
- 36 KRÄMER, K (1980) Varroabekämpfung mit Ameisensäure. Einbringung der Ameisensäure über eine Weichfaser-Dämmplatte. *Die Biene* 116(8): 340-343.
- 37 KRÄMER, K (1991) Feldversuche mit der Krämer-Platte. Kombinierte Behandlung mit 85prozentiger Ameisensäure. *Dtsch. Imker J.* 2(9): 384-387.
- 38 LIEBIG, G (1997) Ameisensäurebehandlung mit Tellerverdunster und Medizinflasche. *Deutsches Bienen Journal* 5(2): 4-7, 48-51.
- 39 LIEBIG, G (1997) Neue Methoden der Varroatosebekämpfung. Aufträufeln von Oxalsäure und Zitronensäure. *Deutsches Bienen Journal* 5(3): 7.
- 40 LIEBIG, G (2000) Der Feldversuch "Tellerverdunster" 1999. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 34(8): 18-20.
- 41 LIU, T P; NASR, M (1992) Effects of formic acid treatment on the infestation of tracheal mites, *Acarapis woodi* (Rennie), in the honey bee, *Apis mellifera* L. *American Bee Journal* 132666-668.
- 42 LONG, L T; KOENIGER, N; ET AL. (1997) Kombinationsbehandlung der Varroatose mit verdünnter Ameisensäure und Majoranöl: Labortests und Freilandversuche. *Apidologie* 28(3/4): 179-181.
- 43 MARINELLI, E; DE PACE, F M; RICCI, L; PERSANO ODDO, L (2002) Lotta contro la varroa: strategie di intervento con prodotti a basso impatto nel Lazio. Sabatini, A. G., Bolchi Serrini, G., Frilli, F., and Porrini, C., *Il ruolo della ricerca in apicoltura*, Litosei, Bologna, 123-129.
- 44 MATTILA, H R; OTIS, G W (1999) Trials of Apiguard, a thymol-based miticide. Part 1. Efficacy for control of parasitic mites and residues in honey. *American Bee Journal* 139(12): 947-952.
- 45 MATTILA, H R; OTIS, G W (2000) The efficacy of Apiguard against varroa and tracheal mites, and its effect on honey production: 1999 trial. *AMERICAN BEE JOURNAL* 140(12): 969-973.
- 46 MILANI, N (1999) The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud. to acaricides. *Apidologie* 30(2-3): 229-234.
- 47 MOOSBECKHOFER, R (1991) Apistan und Bayvarol - Langzeitwirkung behandelte Waben. *Bienenvater* 112(3): 90-92.
- 48 MOOSBECKHOFER, R (1999) Varroabekämpfung mit Ameisensäure. Der zweimalige Einsatz des Nassenheider- bzw. Universalverdunstens verbessert das Behandlungsergebnis. *Bienenvater* 120(9): 11-13.
- 49 MOOSBECKHOFER, R (1999) Varroabekämpfung mit Ameisensäure: Nassenheider- und Universalverdunster im Test. *Bienenvater* 120(7-8): 8-12.
- 50 MOOSBECKHOFER, R (2000) Gemülleuntersuchung zur Befallsabschätzung und Kontrolle der Behandlungswirkung. *Bienenvater* 42(7-8): 12-14.
- 51 MOOSBECKHOFER, R (2000) Universalverdunster. Zusammenfassung der Prüfung der Anwendung von Ameisensäure mit dem patentgeschützten "Universalverdunster". *Bienenvater* 121(7-8): 21-23.
- 52 MOOSBECKHOFER, R; BAUMGARTNER, M (2002) Erste Ergebnisse zur Varroabekämpfung in Österreich mit ApiOxal und dem VARROX - Verdampfer. *Bienenvater* 123(11): 9-12.
- 53 MUTINELLI, F; BAGGIO, A; CAPOLONGO, F; PIRO, R; PRANDIN, L; BIAISON, L (1997) A scientific note on oxalic acid by topical application for the control of varroosis. *Apidologie* 28(6): 461-462.

Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies

- 54 NANETTI, A; MASSI, S; GATTAVECCHIA, E; GHINI, S; DE SALVIO, M; STRADI, G (2002) Acido ossalico e timolo nel controllo della varroasi. Sabatini, A. G., Bolchi Serrini, G., Frilli, F., and Porrini, C., *Il ruolo della ricerca in apicoltura*, Litosei, Bologna, 131-141.
- 55 NANETTI, A; STRADI, G (1997) Varroasi: trattamento chimico con acido ossalico in sciroppo zuccherino. *L' Ape nostra amica* 19(5): 6-14.
- 56 NOZAL, M J; BERNAL, J L; GOMEZ, L A; HIGES, M; MEANA, A (2003) Determination of oxalic acid and other organic acids in honey and in some anatomic structures of bees. *Apidologie* 34:181-188.
- 57 PECHHACKER, H (1991) Mehrmalige Verwendung der Apistan-Streifen. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 114(10): 592-593.
- 58 RADEMACHER, E (1997) Eine neue Applikationsform der Ameisensäure. *Bienenvater* 118(2;3): 5-9;4-9.
- 59 RADEMACHER, E (2000) Varroatosebekämpfung mit Ameisensäure im Applikator (Nassenheider Verdunster). *Deutsches Bienen Journal* 8(9): 10-11.
- 60 RADETZKI, T (1994) Oxalsäure, eine weitere organische Säure zur Varroabehandlung. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 28(12): 11-15.
- 61 RADETZKI, T; BÄRMANN, M (2001) Oxalsäure-Verdampfung im Feldversuch mit 1509 Völkern. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 124(9): 16-18.
- 62 RADETZKI, T; BÄRMANN, M (2001) Rückstände und Bienenverträglichkeit der Oxalsäure-Verdampfung. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 124(9): 19-20.
- 63 RADETZKI, T; BÄRMANN, M (2001) Verdampfungsverfahren mit Oxalsäure. Feldversuch mit 1509 Völkern im Jahr 2000. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 35(9): 20-23.
- 64 RADETZKI T.; BÄRMANN M.; SICURELLA G. (2000) Neue Anwendungstechnik in Testphase - Oxalsäure-Verdampfungsverfahren ohne Einfluss auf Bienentotenfall. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 34(11): 9-11.
- 65 RITTER, W (1994) Kontrolle der Tracheenmilbe mit Menthol und Ameisensäure. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* (11): 21-22.
- 66 ROSENKRANZ, P; ENGELS, W (1985) Konsequente Drohnenbrutentnahme, eine wirksame biotechnische Massnahme zur Minderung von Varroatose-Schäden an Bienenvölkern. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 21(9): 265-271.
- 67 ROSENKRANZ, P; RITTER, W (1998) Varroatose-Bekämpfungskonzept für Baden-Württemberg. *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung* 32(5): 21-23.
- 68 SCHUSTER, H (1997) Vergleich verschiedener Verfahren zur Varroabekämpfung mit Ameisensäure. *Imkerfreund* 52(7): 4-12.
- 69 TROUILLER, J (2001) Le traitement Apiguard. *Abeille de France et l'Apiculteur* (No. 866): 35-36.
- 70 UNTERWEGER, H; WACHA, C; BANDION, F (2001) Bestimmung von Oxalsäure in Honig mittels GC-MS (SIM). *Ernährung* 25(3): 111-115.