

## **COMPTE RENDU**

**Test de deux nouveaux médicaments anti varroa :**  
**HopGuard® et MAQS®**  
**par rapport à un traitement de référence Apilife var®**  
**Protocole commun inter-ADA 2013**

Julien Vallon  
Alexandre Dangleant  
Axel Decourtye

**Janvier 2015**



## REMERCIEMENTS

L'ITSAP-Institut de l'abeille tient à remercier pour leur participation à cette étude et pour la réalisation des essais : *Virginie Britten et David Castex (ADAM) ; Anthony Arnaud (ADAAQ) ; Floris Annas et Vincent Girod (ADAPRO LR) ; Flore Savary, Jean-Marie Cécilio et Hervé Tavernier (ADARA) ; Alexis Ballis (Chambre d'Agriculture d'Alsace), Maxime Beguin et Alban Maisonnasse (ADAPI).*

L'ITSAP-Institut de l'abeille remercie également *David VanderDussen de la société NOD et Maw Watkins de la société Vita Europe pour la mise à disposition des médicaments en tes, ainsi que l'ADAAQ pour les résultats des analyses de miel réalisées à leur initiative et sur fonds propres.*



# SOMMAIRE

<b>I. INTRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Contexte .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Objectifs .....</b>	<b>8</b>
<b>II. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Colonies .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Application des traitements à J0 .....</b>	<b>9</b>
A. MAQS® .....	9
B. Hopguard® .....	10
C. Apilife var® .....	10
D. Traitement de contrôle .....	11
<b>3. Observations .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Analyse des données .....</b>	<b>13</b>
<b>III. RÉSULTATS .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Efficacité des traitements contre Varroa .....</b>	<b>14</b>
A. Résultats globaux .....	14
B. Résultats par sites expérimentaux .....	17
<b>2. Effet des traitements sur l'état des colonies .....</b>	<b>21</b>
A. Évolution du poids entre le début et la fin de l'essai .....	21
B. Évolution du couvain entre J0 et J14 .....	21
C. Effets sur les reines et la survie des colonies .....	22
<b>3. Résidus dans le miel .....</b>	<b>23</b>
<b>IV. DISCUSSION .....</b>	<b>24</b>
<b>1. Efficacité des deux traitements testés .....</b>	<b>24</b>
<b>2. Évolution des ruches pendant le traitement .....</b>	<b>24</b>
<b>3. Résultats d'analyse de miel récolté en présence des traitements .....</b>	<b>25</b>
<b>4. Perspectives .....</b>	<b>25</b>
<b>V. CONCLUSION .....</b>	<b>26</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES .....</b>	<b>27</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>28</b>
Annexe 1. Tableaux synthétiques des dénombrements de varroas selon les ADA .....	28
Annexe 2. État des colonies à J0 .....	30
Annexe 3. Variation de poids selon les ruchers expérimentaux .....	31
Annexe 4. Variation de couvain selon les ruchers expérimentaux .....	32
Annexe 5. Nombres de colonies mortes, ayant connu un arrêt de ponte ou un élevage de reines selon les ruchers expérimentaux .....	33

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Nombre de colonies selon les modalités. ....	9
Tableau 2.	Dates de la première application des traitements (J0) selon le rucher expérimental.....	11
Tableau 3.	Valeurs moyennes de l'infestation, du pourcentage d'efficacité et du nombre de varroas résiduels (et intervalles de confiance à 95 %). ....	14
Tableau 4.	Pourcentage de colonies par classe d'efficacité.....	15
Tableau 5.	Colonies en échec de traitement.....	17
Tableau 6.	Evolution du poids des ruches (kg) entre le début (J0) et la fin de l'expérimentation (J56)...	21
Tableau 7.	Évolution de la surface occupée par le couvain entre J0 et J14 (en cm <sup>2</sup> ). ....	21
Tableau 8.	Niveau d'infestation en nombre total de varroas (J0 à J56) selon le rucher expérimental. ...	28
Tableau 9.	Taux d'efficacité des traitements (%) selon le rucher expérimental. ....	28
Tableau 10.	Nombre de varroas résiduels selon le rucher expérimental. ....	29
Tableau 11.	Colonies en échec de traitement selon le rucher expérimental.....	29
Tableau 12.	État de développement des colonies à J0. ....	30
Tableau 13.	Évolution du poids des ruches de J0 à J56 selon les ruchers expérimentaux. ....	31
Tableau 14.	Évolution des surfaces en couvain de J0 à J14 selon le rucher expérimental. ....	32
Tableau 15.	Nombre de colonies mortes, ayant connu un arrêt de ponte ou un élevage de reines.....	33

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1.	Résultats des tests statistiques sur l'efficacité (** : p = 0,011 ; *** p = 0,000).....	14
Figure 2.	Projection de chaque colonie en fonction de l'infestation et de l'efficacité des traitements. Chaque colonie est représentée par un nombre indiquant la quantité de varroas résiduels. ...	15
Figure 3.	Projection de chaque colonie en fonction de sa surface en couvain à J0 et de l'efficacité des traitements. Chaque colonie est représentée par un point dont la taille est fonction de son niveau d'infestation. ....	16
Figure 4.	Infestation en varroas. Le traitement de contrôle, et le suivi des colonies après celui-ci, diffèrent à l'ADARA (cf. Analyses des données). ....	18
Figure 5.	Efficacité des traitements (en %). Le traitement de contrôle, et le suivi des colonies après celui-ci, diffèrent à l'ADARA (cf. Analyses des données). ....	19
Figure 6.	Relevés de températures sur les ruchers expérimentaux pendant les trois premières semaines (°C ; relevés horaires).....	19
Figure 7.	Nombre de varroas résiduels. Le traitement de contrôle, et le suivi des colonies après celui-ci, diffèrent à l'ADARA (cf. Analyses des données). ....	20
Figure 8.	Résultats des tests statistiques sur l'évolution du couvain (** : p = 0,018 ; *** p = 0,000). .	22
Figure 9.	Taux de colonies mortes, ayant connu un arrêt de ponte ou un élevage de reines.....	22
Figure 10.	Températures maximales journalières des ruchers expérimentaux (°C). ....	23
Figure 11.	Variation du poids au cours des traitements selon le rucher expérimental. Le dysfonctionnement de la balance en Alsace n'a pas permis de faire apparaître les résultats sur ce rucher. ....	31
Figure 12.	Évolution du couvain de J0 à J14 par rucher expérimental. ....	32



# I. INTRODUCTION

## 1. Contexte

La lutte contre *Varroa* est un élément clé de l'activité apicole. Parasite du couvain operculé où il se reproduit et s'alimente d'hémolymphe, le varroa se nourrit aussi sur les abeilles adultes entre deux cycles de reproduction lors d'une phase indispensable à son cycle biologique (Rosenkranz *et al.*, 2010). Les conséquences d'une infestation sur les abeilles sont multiples : spoliation des protéines de l'hémolymphe engendrant une réduction des défenses immunitaires, du poids et de la durée de vie des abeilles ainsi que de la capacité de vol et la fécondité des mâles. Au cours de ses repas le varroa peut transmettre plusieurs virus (DWV, BQCV, ABPV...) mais crée aussi une voie d'entrée pour d'autres agents pathogènes comme *Paenibacillus larvae*, agent de la loque américaine. Au fur et à mesure du développement de l'infestation, la colonie s'affaiblit et perd de ses capacités de production et de reproduction. Lorsque le niveau d'infestation aboutit aux symptômes de la varroose (couvain en mosaïque du fait du cannibalisme visant les larves, abeilles émergentes mortes, adultes aux ailes déformées du fait du DWV) la colonie est en cours d'effondrement et les varroas se disséminent vers d'autres colonies par dérive des butineuses ou ouvrières des colonies voisines venant piller les réserves alimentaires.

L'intervention de l'apiculteur est indispensable afin de maintenir l'infestation à un niveau tolérable pour la colonie. Plus particulièrement, le traitement anti-varroa de fin de saison, lorsque la population d'abeilles se réduit pour préparer l'hivernage, alors que la population de parasites continue de se développer, est une opération incontournable dans la gestion du parasite. Une fois les récoltes de miel terminées, l'apiculteur a le champ libre pour traiter ses colonies, le risque de transfert de résidus de traitement vers les hausses à miel étant limité. L'intervention a pour objectif de soulager les nourrices et les futures abeilles hivernantes de la pression du parasite et des virus qu'il transmet afin de mettre la colonie dans les meilleures conditions sanitaires pour l'hivernage.

Les médicaments vétérinaires nécessitent une autorisation de mise sur le marché (AMM) pour être distribués par les vétérinaires, pharmacies vétérinaires et les groupements de défense sanitaire (GDS). Les spécialités disponibles en France pour traiter la varroose sont trop peu nombreuses et peu diversifiées. Sont autorisés : l'Apivar® (amitrazé), l'Apistan® (tau-fluvalinate) et trois traitements à base de thymol, autorisés en apiculture suivant le cahier des charges de l'agriculture biologique (AB), mais dont l'efficacité peut être variable selon les conditions d'emploi : Apiguard®, Thymovar® et Apilife var®.

Des populations de varroas résistants au tau-fluvalinate ayant été mises en évidence en France, l'emploi de l'Apistan® nécessite une gestion, qui consiste à limiter son utilisation<sup>1</sup> afin de réduire la pression de sélection sur ces populations de parasites résistants. L'emploi d'acide oxalique bénéficie d'une tolérance réglementaire dans le cadre de l'apiculture AB s'il est prescrit par un vétérinaire et préparé par un vétérinaire ou un pharmacien, mais son efficacité est conditionnée à l'absence de couvain dans la colonie.

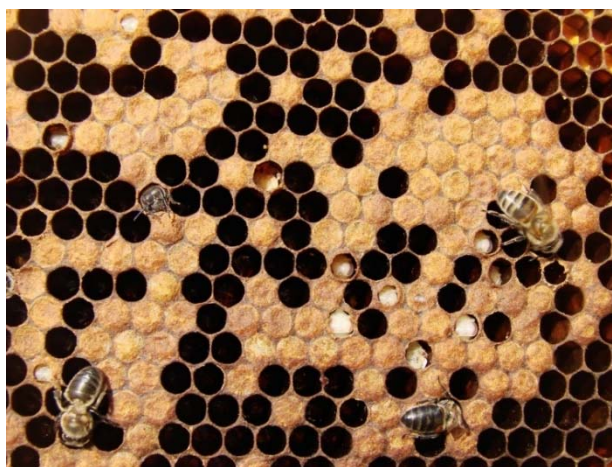


Photo 1. Symptômes de varroose © J. Vallon/ADAPI

<sup>1</sup> L'emploi d'Apistan d'une année sur l'autre favorise le développement des populations de varroas résistants, pouvant entraîner, à terme, la perte d'efficacité du médicament.

## 2. Objectifs

Deux voies ont été clairement identifiées pour améliorer la disponibilité en médicaments vétérinaires contre varroa : étendre l'AMM de médicaments autorisés dans d'autres pays européens ou développer de nouveaux médicaments (ITSAP, 2010). En 2013, deux communiqués de presse<sup>2</sup> ont fait état de démarches de firmes privées pour la mise sur le marché de nouveaux médicaments : le Hopguard® à base d'acide beta de houblon et le MAQS® constitué d'acide formique formulé dans un gel d'amidon, deux médicaments développés en Amérique du Nord.

Les effets acaricides de l'acide beta de houblon contre varroa et son emploi en apiculture sous la forme du HopGuard® produit par BetaTec ont été largement étudiés (DeGrandi-Hoffman *et al.*, 2012 ; Vandervalk, 2013 ; DeGrandi-Hoffman *et al.*, 2014). En août 2014, le HopGuard® était autorisé dans 33 des 51 états des USA (page web Mannlake Ltd) dans le cadre d'une procédure d'urgence (section 18) pour pallier le manque d'efficacité des médicaments disponibles. En Europe, il fait l'objet d'une procédure d'homologation par Vita Europe. Actuellement, le médicament commercialisé aux USA est désigné sous l'appellation Hopguard® II.

L'intérêt de l'acide formique dans la lutte contre varroa est connu mais ses effets indésirables pour l'utilisateur et pour les colonies d'abeilles également (Mert et Yucel, 2011). Le traitement MAQS® a lui aussi été étudié quant à son efficacité contre varroa (Calderone, 2010 ; Mitchell et Vanderhusen, 2010). Ce médicament a été développé par une firme apicole canadienne : NOD en partenariat avec BASF pour l'emploi de la technologie Ecoflex® (papier plastique biodégradable) avec, pour argument, de maîtriser le relargage des vapeurs d'acide formique et limiter ainsi les risques pour les colonies. De plus, sa formulation sous forme de gel rend sa manipulation moins dangereuse que sous sa forme liquide. L'emploi d'acide formique a pour principal avantage de tuer les varroas à l'abri du couvain operculé. Le MAQS® a obtenu son homologation en Grande Bretagne début 2014 avant d'étendre son AMM à d'autres pays européens dont la France, où l'AMM a été délivrée en juin 2014.

Les objectifs de l'étude sont de :

- mesurer l'efficacité des traitements Hopguard® et MAQS® en comparaison de celle d'un traitement de référence Apilife var®, et analyser la modulation de cette efficacité en fonction des conditions d'emploi ;
- évaluer les effets non intentionnels éventuels des traitements Hopguard® et MAQS® sur les colonies.

L'ITSAP-Institut de l'abeille a obtenu une autorisation d'importation et d'utilisation d'un médicament vétérinaire sans AMM en France en vue d'expérimentation pour ces deux nouveaux médicaments. Il a coordonné un groupe de travail qui a établi un protocole d'étude et mis en place un essai étudiant ces deux nouveaux médicaments. Le groupe de travail a été constitué par l'ADAAQ (Aquitaine), l'ADAM (Midi-Pyrénées), l'ADAPRO LR (Languedoc-Roussillon), l'ADAPI (Provence-Alpes-Côte-d'Azur), l'ADARA (Rhône-Alpes) et la Chambre d'agriculture d'Alsace et a été coordonné par l'ITSAP-Institut de l'abeille.



Photos 2 et 3. Application des traitements MAQS® et Hopguard®  
© ITSAP-Institut de l'abeille

<sup>2</sup> La lettre de l'ITSAP Institut de l'abeille n°7 (novembre 2013)



## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Colonies

Chaque modalité de traitement testée a été constituée de 10 à 15 colonies selon les possibilités des structures réalisant l'essai (Tableau 1). Les colonies du rucher expérimental étaient des colonies développées et ayant réalisé une saison de production au moins. Les essaims de l'année ont été écartés car leur infestation est généralement plus faible.

Les colonies étaient en bon état sanitaire (hors infestation de varroas), pourvues d'une reine ayant une dynamique de ponte, peuplées en ouvrières adultes, en couvain et avec des réserves jugées satisfaisantes.

Les médicaments testés ainsi que le traitement de contrôle n'ayant pas d'AMM en France, le miel issu de ces colonies n'était pas destiné à la consommation.

Tableau 1. Nombre de colonies selon les modalités.

	Modèle de ruche	Hopguard®	MAQS®	Apilife var®
<b>CRA Alsace</b>	Dadant 10	15	15	15
<b>ADARA</b>	Dadant 10	15	15	15
<b>ADAPI</b>	Langstroth	15	15	15
<b>ADAPRO LR</b>	Dadant 10	10	10	10
<b>ADAM</b>	Langstroth	12	12	12
<b>ADAAQ</b>	Langstroth	15	15	15
<b>TOTAL</b>	<b>Langstroth</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>
	<b>Dadant 10</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>

Remarque : tout au long de l'expérimentation, une feuille d'isobulle isolant était placée sous le toit des ruches.

### 2. Application des traitements à JO

#### A. MAQS®

Une journée de démonstration et d'échanges avec les opérateurs des essais (ITSAP-Institut de l'abeille et ADA) a été organisée à l'initiative de BASF et de NOD Global. Cette journée s'est déroulée le 24 juin 2013 sur la ferme expérimentale d'AgroParisTech à Grignon et a permis une démonstration d'application des lanières (avec un placebo) par NOD Global. Le traitement a été mis en place selon les préconisations d'emploi et la démonstration du 24 juin : application de 2 lanières par colonie (Dadant ou Langstroth) ayant plus de 5 inter-cadres peuplés d'abeilles (photo 4). Les lanières ont été placées perpendiculairement aux cadres à plat sur les têtes de cadre, à l'avant et à l'arrière du nid à couvain, et légèrement décalées chacune vers une rive afin de couvrir tous les inter-cadres. Un espace de 10 cm entre le bord de chaque



Photo 4. Application des 2 lanières de MAQS® © ITSAP-Institut de l'abeille

bande et la paroi avant et arrière de la ruche a été ménagé. Les lanières ont été retirées à J+7. Les colonies n'ont pas été perturbées pendant ce délai.

Certaines précautions particulières ont ainsi été observées pour appliquer le traitement selon les recommandations : les hauteurs de l'entrée des ruches étaient supérieures à 1,3 cm et libres sur toute leur largeur (retrait des réducteurs d'entrée et élimination de la propolisation éventuelle). L'application a été réalisée lorsque les températures extérieures diurnes étaient comprises entre 10 et 29,5 °C.

## **B. Hopguard®**

Une fois ouvert le sachet contenant les lanières, ces dernières étaient placées dans un bac et les résidus restant au fond du sachet étaient versés sur les lanières. Une application a consisté à placer deux lanières pour une ruche 10 cadres simple corps (photo 5). Chaque lanière était placée à cheval sur une tête de cadre de couvain au centre de la ruche, la lanière plongeant de part et d'autre du cadre dans la grappe d'abeilles. La seconde lanière était placée sur un cadre adjacent de telle sorte que les deux lanières aient chacune une extrémité plongeant dans le même inter-cadre, les deux lanières étant décalées vers l'avant et l'arrière de la ruche. Les recommandations d'emploi préconisaient de laisser les lanières pendant quatre semaines mais les témoignages circulant font état d'un assèchement des lanières après quelques jours, nécessitant pour un traitement efficace de les renouveler hebdomadairement. Ainsi, en accord avec Vita Europe, fournisseur du produit Hopguard® en Europe, le traitement testé a consisté en trois applications de deux lanières par colonies, renouvelées tous les sept jours.



Photo 5. Mise en place de la première des deux lanières du traitement Hopguard®.  
© ITSAP-Institut de l'abeille

## **C. Apilife var®**



Photo 6. Réalisation d'un traitement Apilife var®.  
© ITSAP-Institut de l'abeille

Ce traitement a été choisi comme référence car les deux médicaments testés se situent dans la gamme des traitements contenant une substance d'origine organique ou naturelle et pouvant être employé dans le cadre du cahier des charges AB. Le traitement a été mis en place selon les préconisations d'emploi : une tablette était découpée en trois ou quatre morceaux placés sur les têtes de cadre autour du nid à couvain (photo 6). L'application était renouvelée trois fois à une semaine d'intervalle en respectant la gamme de températures de 15 à 30 °C. Les températures optimales d'usage indiquées étaient : 20-25 °C.

La date de JO dépend du rucher expérimental en fonction des pratiques habituellement observées dans la région. Les dates exactes sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Dates de la première application des traitements (J0) selon le rucher expérimental.

<b>ADARA</b>	<b>20/08/13</b>
<b>CRA Alsace</b>	<b>22/08/13</b>
<b>ADAM</b>	<b>10/09/13</b>
<b>ADAAQ</b>	<b>12/09/13</b>
<b>ADAPROLR</b>	<b>16/09/13</b>
<b>ADAPI</b>	<b>17/09/13</b>

Une période de latence de 15 jours (J22 à J35) a été respectée entre le retrait des derniers traitements en place (tablettes Apilife var® et lanières Hopguard®) et l'application du traitement de contrôle, conformément aux directives des lignes guides de l'Agence européenne du médicament pour le test d'un médicament à base de thymol. Cela a permis de prendre en compte les chutes de varroas ayant été impactés par un effet retardé du traitement<sup>3</sup>.

#### **D. Traitement de contrôle**

Deux applications ont été répétées, à J35 puis à J42, avec deux cartons imprégnés d'une solution de Taktic® à 7 % dans de l'huile alimentaire (70 ml de Taktic® + 930 ml d'huile de tournesol) par colonie. Les cartons employés (dimension : 25 x 3 x 0,2 cm) permettaient l'absorption de 6,5 g de solution, soit 0,06 g d'amitrazé/carton.

### **3. Observations**

Le comptage des chutes des varroas a été réalisé sur un linge placé à l'aplomb de la grappe d'abeilles, recouvrant la totalité de la surface du plancher et protégé du nettoyage des abeilles sous une grille dans un compartiment aménagé à cet effet. Ces comptages étaient réalisés de façon hebdomadaire pour les trois périodes suivantes : période de traitement (J0 à J21), de latence (J22 à J35) et du traitement de contrôle (J36 à J56). Les comptages étaient facilités par les grilles d'échantillonnage VarEval<sup>4</sup> qui permet un échantillonnage des varroas présents sur la surface du linge.

Ces données ont permis de calculer pour chaque ruche :

- **l'infestation** : calculée comme étant la somme des varroas dénombrés (de J0 à J56) ;
- **l'efficacité (en %)** : calculée comme étant le rapport entre le nombre de varroas dénombrés pendant les périodes de traitement et de latence (J0 à J35) et l'infestation (J0 à J56) ;
- **le nombre de varroas résiduels** : calculé comme étant la somme des varroas dénombrés pendant les traitements de contrôle (de J36 à J56).

#### **A. Température extérieure**

Un enregistreur de température a été mis en place dans chaque rucher, à un mètre de hauteur et à l'abri de l'ensoleillement direct. Les thermomètres étaient programmés pour enregistrer la température chaque heure.

<sup>3</sup> Technical guidelines for the evaluation of treatments for control of varroa mites in honey bee colonies. Recommendations from the CA3686.

<sup>4</sup> <http://www.itsap.asso.fr/travaux/vareval%20comptage%20varroas.php>

## B. État des colonies

Afin de vérifier le respect des préconisations d'emploi du MAQS® concernant l'état des colonies, les observations suivantes ont été réalisées à l'ouverture lors du traitement (JO) :

- **indice de la taille de la population** : le nombre d'inter-cadres peuplés d'abeilles était noté<sup>5</sup> ;
- **état des réserves** : notation des colonies ayant peu de réserves.

L'évolution de certains paramètres des colonies a été utilisée pour évaluer l'effet des traitements sur les colonies :

- **poids des ruches** : le matériel employé sur les ruchers expérimentaux n'étant pas identique, la masse inerte (poids de la ruche, du plancher, du toit...) était variable entre les ruches. La comparaison s'est donc basée sur l'évolution du poids de la ruche au cours de l'expérimentation, sous l'effet des traitements, comme un indicateur de l'évaluation des colonies. Les dates de pesées pouvaient être différentes de quelques jours selon le rucher expérimental, mais, dans tous les cas, la pesée initiale a été réalisée le jour de la première application du traitement (ou peu avant) et la pesée finale lors du démontage après les traitements de contrôle (J56 ou peu après) ;
- **surface de couvain** : la surface occupée par tous les stades larvaires et nymphaux (couvain ouvert et operculé) était mesurée sur chaque face de cadre (longueur x largeur en cm) à JO et à J14.

L'observation de l'effet des traitements sur les colonies a aussi été en compte :

- la **présence des différents stades de couvain** (œufs, couvain ouvert et couvain operculé) était vérifiée à J7 puis, uniquement pour les colonies des modalités Hopguard® et Apilife var®, à J21 ;
- les cas d'**arrêt de ponte** ;
- lors des visites, la **présence de cellules royales** a été enregistrée.

## C. Résidus dans le miel

Pour le MAQS® comme pour l'Apilife var®, les résumés des caractéristiques du produit (RCP) indiquent un temps d'attente de 0 jour, permettant la pose des hausses tout de suite après le retrait des traitements. Les RCP des deux médicaments précisent de ne pas récolter le miel obtenu pendant la période de présence du traitement dans la ruche. Pour le Hopguard®, dans l'attente d'une AMM, les informations disponibles<sup>6</sup> sur le traitement indiquaient la possibilité de l'employer en période de miellée et en présence de hausses. Lorsque son application est faite dans le corps de ruche et que le miel est récolté en hausse, le produit ne laisserait pas de traces dans le miel.

Concernant les résidus de traitement vétérinaire dans les miels, l'acide formique et les constituants de l'Apilife var® (thymol, camphre, eucalyptol, menthol) font partie des substances classées en annexe II du règlement communautaire fixant les limites maximales de résidus dans le miel (LMR) et sont considérées sans risques pour le consommateur. L'établissement de LMR n'est pas nécessaire pour ces substances. Pour les constituants du Hopguard®, l'établissement d'une LMR dépendra des composants visés et de leur classement en annexe du règlement communautaire.

La miellée tardive sur bruyère cendrée et callune en Aquitaine a nécessité la réalisation des traitements en présence de hausses. En effet, la floraison de la bruyère est concomitante avec la période de traitement de « fin de saison », traitement permettant aux colonies d'élever des abeilles hivernantes avec moins de pression parasitaire.

Les traitements ont été appliqués dans les corps ; la récolte de miel a été exclusivement réalisée dans les hausses. Les hausses de chaque modalité ont été extraites de façon distincte et un échantillon de miel a été prélevé pour chaque modalité.

---

<sup>5</sup> Les résultats de ces observations sont rapportés en annexe 1.

<sup>6</sup> <http://www.mannlakeltd.com/hopguard/usage/> et <http://www.vita-europe.com/news/vita-starts-registration-process-for-green-varroa-control-treatment/>

Les prélèvements ont été envoyés au Laboratoire Famille Michaud afin de rechercher à titre indicatif des résidus spécifiques aux substances actives acaricides employées : l'acide formique pour le MAQS® et le thymol pour l'Apilife var®. Concernant le Hopguard®, il n'existe pas de composé résiduel à doser spécifiquement. Le traitement étant composé de sels de potassium d'acide beta de houblon, le dosage du potassium a été considéré comme indicateur pour l'analyse du miel.

#### **4. Analyse des données**

Les données présentées sur l'état des colonies ont été basées sur la population totale de colonies initialement mises en essai. Cependant, les données obtenues sur les colonies mortes en cours d'essai n'ont pas été prises en compte pour les calculs de l'infestation, de l'efficacité et pour les varroas résiduels.

Les résultats obtenus par l'ADARA n'ont pas été pris en compte dans l'analyse des efficacités car les traitements de contrôle n'ont pas été réalisés selon le même calendrier que sur les autres ruchers expérimentaux. Les déviations au protocole en Rhône-Alpes ont été les suivantes : le premier traitement de contrôle a été appliqué précocement à J21 pour la modalité MAQS® et à J28 pour les modalités Hopguard® et Apilife var® ; le traitement de contrôle a été réalisée une seule fois, au lieu de deux, après celui avec MAQS® et un seul dénombrement de varroas a été fait après ce traitement de contrôle. Ce calendrier de traitement différent implique que les données ne peuvent être analysées statistiquement avec les données acquises dans les autres ADA.

Les efficacités des traitements ont été comparées deux à deux par un test de Welch qui calcule la probabilité pour que la différence entre deux efficacités soit nulle. Le test de Welch est une variante du test de Student, il est employé lorsque les variances sont inégales. La correction de Bonferroni a été appliquée pour le calcul des p-value.

Concernant l'impact des traitements sur les colonies, et en l'absence d'un témoin non traité<sup>7</sup>, les résultats sont discutés en référence au traitement Apilife var®.

Les comparaisons de la variation du poids des ruches entre deux modalités ont été faites avec un test de Welch, comme pour les efficacités des traitements. Les pesées réalisées en Alsace n'étant pas valides (balance défaillante à J0), elles n'ont pas été intégrées dans les résultats présentés.

---

<sup>7</sup> À cette période de l'année et selon la durée nécessaire à l'application des médicaments testés, les colonies non traitées utilisées comme témoin subissent un retard de leur traitement pouvant pénaliser leur préparation à l'hivernage mais aussi leur état sanitaire à plus court terme, remettant en cause leur état de témoin. Pour l'impact des varroas sur les abeilles et les conséquences sur la préparation à l'hivernage des colonies voir Rosenkranz *et al.* (2010).

### III. RÉSULTATS

#### 1. Efficacité des traitements contre Varroa

##### A. Résultats globaux

L'ensemble des données obtenues (hors ADARA) a permis de calculer les indicateurs de suivi (Tableau 3).

Tableau 3. Valeurs moyennes de l'infestation, du pourcentage d'efficacité et du nombre de varroas résiduels (et intervalles de confiance à 95 %).

	Infestation (nombre de varroas)	Efficacité (%)	Nombre de varroas résiduels
Apilife var®	1 829 ± 395	87 ± 3	246 ± 88
Hopguard®	3 421 ± 688	46 ± 4	1 716 ± 343
MAQS®	1 290 ± 357	77 ± 7	247 ± 133

##### Infestation

De façon globale, les colonies de la modalité Hopguard® ont présenté 3 400 varroas/colonie en moyenne, contre 1 800 varroas/colonie pour la modalité Apilife var® et moins de 1 300 varroas/colonie pour la modalité MAQS®. La quantité totale de varroas pour ces deux dernières modalités était équivalente, contrairement à la modalité Hopguard® dont les colonies étaient plus infestées. Ce résultat est probablement dû à l'accroissement de la population de varroas, très rapide à cette période de l'année sans un traitement efficace.

##### Efficacité

L'efficacité moyenne obtenue pour le traitement de référence Apilife var® était de 87 % (± 3), alors qu'elle était de 77 % (± 7) pour MAQS® et de 46 % (± 4) pour Hopguard®.

Quel que soit le couple de traitement comparé, la différence entre les efficacités moyennes des deux modalités comparées a toujours été significativement différente de zéro : "Apilife var® - Hopguard®" (p = 0,000) ; "Apilife var® - MAQS®" (p = 0,011) ; "Hopguard® - MAQS®" (p = 0,000). Ainsi les efficacités sont significativement différentes entre elles.

Dans notre essai, l'Apilife var® a obtenu une efficacité moyenne significativement supérieure à celle du MAQS®. L'efficacité moyenne du MAQS® a été significativement supérieure à celle du Hopguard® (figure 1).

Figure 1. Résultats des tests statistiques sur l'efficacité (\*\* : p = 0,011 ; \*\*\* p = 0,000)



Au-delà de l'efficacité moyenne, la distribution des résultats a permis de mieux connaître l'effet attendu des traitements (tableau 4).

Tableau 4. Pourcentage de colonies par classe d'efficacité.

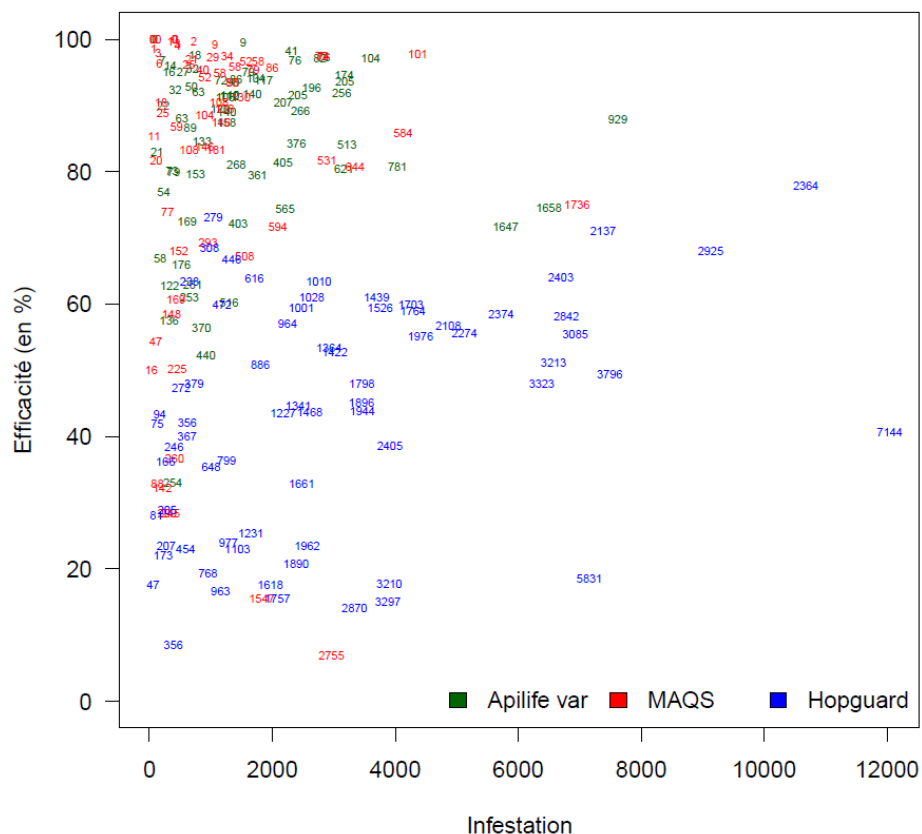
Classes d'efficacité	Apilife var®	Hopguard®	MAQS®
<70 %	14,7	95,7	23,8
70 % à 80 %	13,2	4,3	4,8
80 % à 90 %	23,5	0,0	20,6
>90 %	47,1	0,0	50,8

Les traitements Apilife var® et MAQS® ont eu des profils de distribution des efficacités similaires : plus de 70 % des colonies ont obtenu une efficacité supérieure à 80 % et la moitié (respectivement 47 % et 51 %) était à plus de 90 % d'efficacité. Inversement, près de 24 % des ruches traitées MAQS® étaient en dessous du seuil de 70 % d'efficacité, révélant pour ces colonies un manque d'impact du traitement sur les varroas. Le nombre de colonies sous ce seuil a été plus réduit pour Apilife var®, soit 15 %. Enfin, aucune colonie traitée Hopguard® n'a obtenu plus de 80 % d'efficacité, la quasi-totalité des ruches (96 %) étant situées en dessous de 70 %.

### Relation entre efficacité et infestation

On vérifie ici si les niveaux d'efficacité sont liés au nombre total de varroas dénombrés au cours de l'essai. En d'autres termes, l'efficacité d'un traitement peut être basse si peu de varroas sont présents dans les colonies traitées (et inversement).

Figure 2. Projection de chaque colonie en fonction de l'infestation et de l'efficacité des traitements. Chaque colonie est représentée par un nombre indiquant la quantité de varroas résiduels.



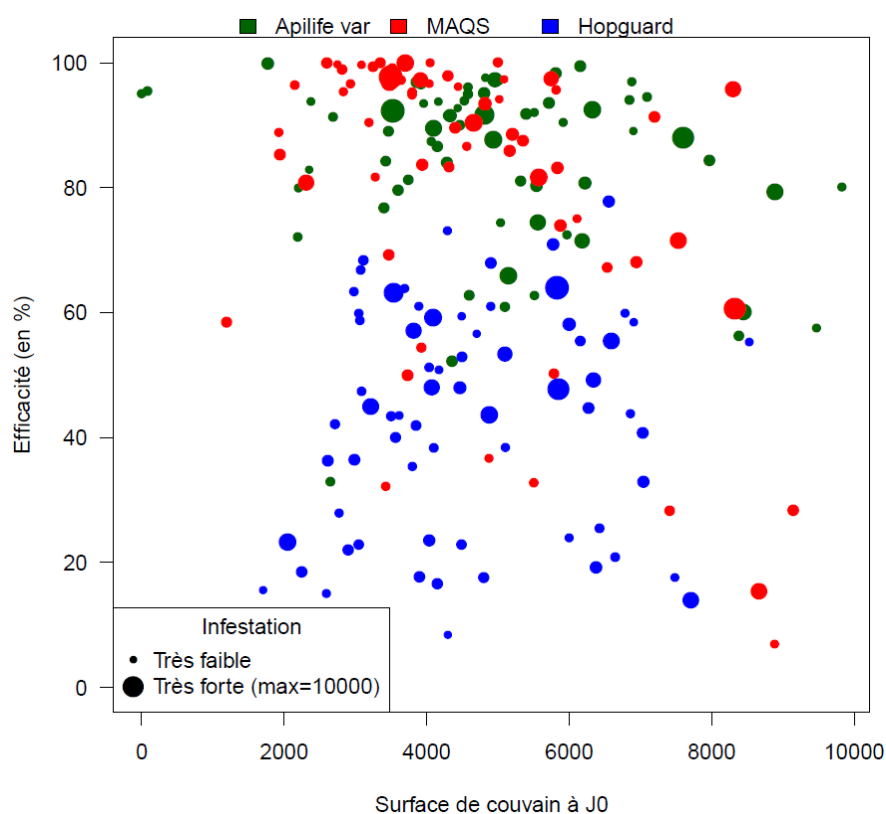
Afin d'apporter une information complémentaire, l'emplacement d'une ruche selon son infestation et l'efficacité du traitement appliqué est matérialisée par son nombre de varroas résiduels (figure 2). Le nombre de varroas résiduels augmente avec l'infestation et lorsque l'efficacité diminue.

Aucune corrélation ne se dessine entre les deux paramètres, infestation et efficacité, pour aucun des trois traitements appliqués (figure 3). Ainsi l'efficacité obtenue n'est pas fonction du niveau d'infestation des colonies dans cette expérimentation.

### Relation entre efficacité et surfaces de couvain à J0

La surface occupée par le couvain à J0 étant un indicateur de la taille de la colonie au moment du traitement, nous vérifions ici l'éventuel lien entre ce paramètre et l'efficacité des traitements. Nous n'établissons pas de lien entre l'efficacité observée et la surface de couvain à J0 pour aucun des trois traitements testés (figure 3).

Figure 3. Projection de chaque colonie en fonction de sa surface en couvain à J0 et de l'efficacité des traitements. Chaque colonie est représentée par un point dont la taille est fonction de son niveau d'infestation.



### Varroas résiduels

L'objectif d'un traitement est de réduire au maximum la quantité de varroas résiduels dans la colonie afin de limiter le développement de la population de varroas la saison suivante. Pour un traitement de fin de saison, l'objectif est d'atteindre moins de 50 varroas résiduels avant l'hivernage, afin de limiter la charge parasitaire sous peine de voir la population d'acariens évoluer vers un niveau critique pour la colonies d'abeilles la saison suivante (Wendling, 2012).

Aucun des trois médicaments n'a permis dans notre étude d'atteindre le niveau de 50 varroas résiduels à l'issue du traitement. En effet, à l'issue des traitements testés leur quantité a été en moyenne de moins de 250 varroas résiduels pour l'Apilife var® et le MAQS® (respectivement  $246 \pm 88$  et  $247 \pm 133$  varroas résiduels), alors que les colonies traitées avec Hopguard® ont conservé plus de 1700 varroas résiduels en moyenne.



## Conclusion

Les résultats d'efficacité obtenus avec le Hopguard® ne sont pas satisfaisants et ne permettent pas d'envisager son emploi comme traitement anti varroa : son efficacité moyenne mesurée est très basse (46,4 %  $\pm$  4) et le nombre de varroas résiduels est trop important (1716  $\pm$  43). Les efficacités moyennes obtenues pour les traitements Apilife var® (87 %  $\pm$  3) et MAQS® (77 %  $\pm$  7) sont elles aussi insuffisantes. La quantité moyenne de varroas résiduels des modalités Apilife var® et MAQS® est trop élevée (respectivement 246  $\pm$  88 et 247  $\pm$  133).

Tableau 5. Colonies en échec de traitement.

	n	Nombre de colonies avec plus de 50 varroas résiduels	Taux de colonies avec plus de 50 varroas résiduels (%)
<b>Apilife var®</b>	58	46	79
<b>Hopguard®</b>	59	59	100
<b>MAQS®</b>	53	40	75

En considérant le seuil de 50 varroas résiduels au-dessus duquel un second traitement est nécessaire (Wendling, 2012), une majorité des colonies des ruchers expérimentaux aurait demandé une autre intervention avant le printemps suivant, sous peine d'affecter leur production, leur développement ou leur survie (Tableau 5).

## B. Résultats par sites expérimentaux<sup>8</sup>

### Infestation

Les sites expérimentaux où le niveau d'infestation a été le plus élevé sont ceux de l'ADAM et de l'ADAAQ (respectivement 3 178 et 2 962 varroas en moyenne par colonie ; Annexe 1 : Tableau 8). En Alsace et à l'ADAPI, les infestations moyennes des ruchers sont respectivement de 1 637 et 2 149 varroas par colonie. Les ruchers les moins infestés sont ceux de l'ADAPRO LR et de l'ADARA (respectivement 619 et 361 varroas en moyenne par colonie).

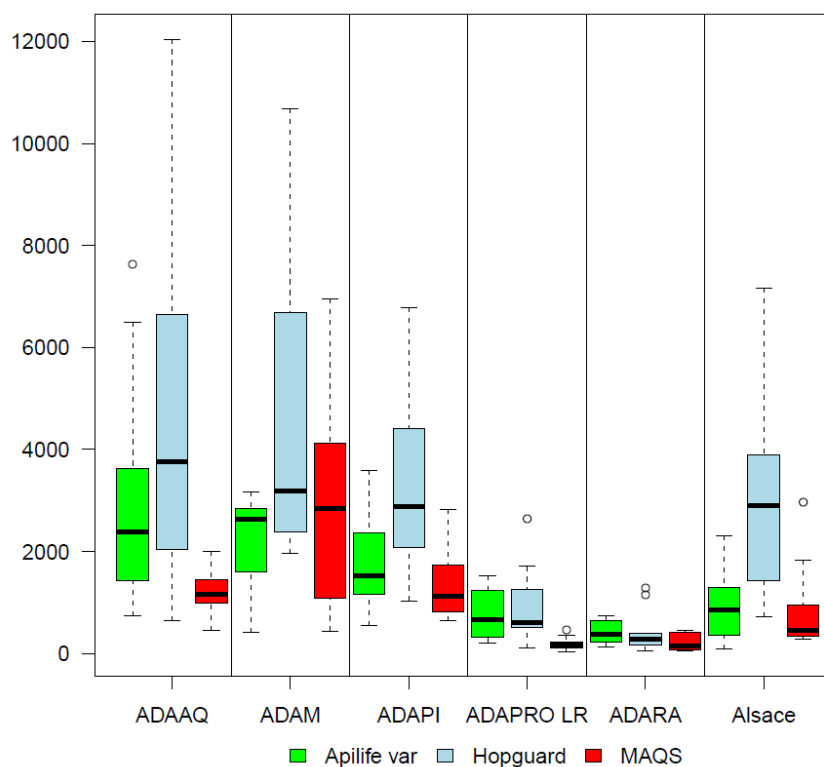
L'infestation est variable selon les ruchers mais aussi selon les modalités testées (figure 4 page suivante).

Sur l'ensemble des sites expérimentaux la modalité « Hopguard® » présente des colonies avec plus de varroas que dans celles composant les autres modalités. Pour les deux autres modalités, le nombre total de varroas dénombrés tout au long de l'essai est équivalent (Alsace, ADAPI, ADAM et ADARA) ou légèrement supérieur pour le lot Apilife var® (ADAAQ et ADAPRO LR) par rapport au lot MAQS®.

---

<sup>8</sup> Les indicateurs de suivi chiffrés (moyenne, valeurs minimale et maximale) pour chaque région sont présentés en annexe 1.

Figure 4. Infestation en varroas. Le traitement de contrôle, et le suivi des colonies après celui-ci, diffèrent à l'ADARA (cf. Analyses des données).



## Efficacité

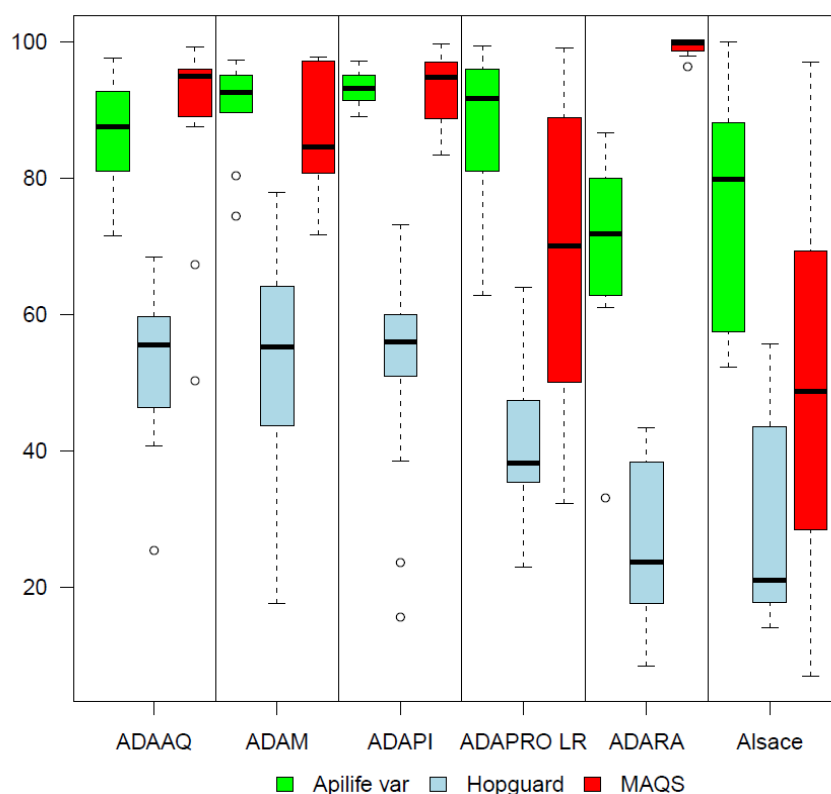
Les taux d'efficacité pour les trois médicaments ont été supérieurs (et moins variables) dans les ruchers de l'ADAAQ et de l'ADAPI par rapport à ceux mesurés dans les ruchers d'Alsace ou de l'ADAPRO LR (Annexe 1 : tableau 9). Les ruchers de l'ADAM présentent des efficacités moyennes similaires à celles observées à l'ADAAQ et à l'ADAPI, mais leur variabilité est supérieure. La variabilité obtenue dans les efficacités est liée au rucher expérimental : à part la modalité Apilife var® sur le rucher de l'ADAM, la variabilité des efficacités est plus importante pour l'ensemble des modalités sur les ruchers de l'ADAPRO LR, d'Alsace et de l'ADAM et moindre sur les ruchers de l'ADAAQ et de l'ADAPI. Enfin, sur le rucher de l'ADARA, les efficacités obtenues pour l'Apilife var® et le Hopguard® sont inférieures à celles observées sur les autres sites expérimentaux, alors que les colonies traitées avec MAQS® obtiennent les meilleurs résultats de l'ensemble de l'expérimentation et cependant un traitement de contrôle partiellement réalisé.

Sur l'ensemble des sites, le Hopguard® est moins efficace que les deux autres modalités appliquées (figure 5 page suivante). Les efficacités obtenues avec Apilife var® et MAQS® sont similaires. Toutefois, l'efficacité du MAQS® est dans l'ensemble plus variable que celle enregistrée avec Apilife var®.

Les résultats d'efficacité obtenus sont variables selon :

- la modalité de traitement : sur l'ensemble des sites expérimentaux, les lots de colonies traités avec Apilife var® et MAQS® ont une efficacité supérieure à celle de la modalité Hopguard® ;
- le rucher expérimental : sur les ruchers d'Alsace et de l'ADAPRO LR, les efficacités calculées pour chaque modalité sont plus faibles que sur les autres ruchers. Sur ces sites, l'ensemble des traitements obtient une efficacité plus faible et plus variable.

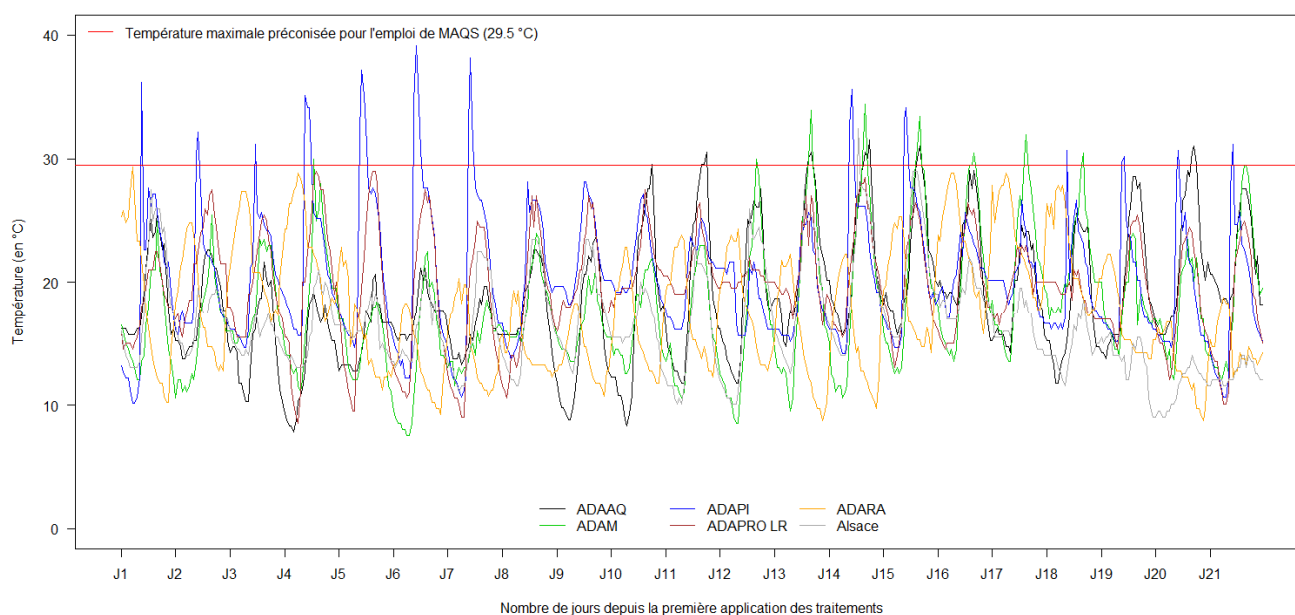
Figure 5. Efficacité des traitements (en %). Le traitement de contrôle, et le suivi des colonies après celui-ci, diffèrent à l'ADARA (cf. Analyses des données).



### Efficacité et températures

Les traitements Apilife var® (thymol) et MAQS® (acide formique) agissent par saturation de l'atmosphère de la ruche et sont sensibles à la température. Leurs préconisations d'emploi spécifient une gamme de températures favorable à la diffusion des vapeurs de la substance active contre varroa (voir le chapitre « application des traitements » dans « Matériels et méthodes »).

Figure 6. Relevés de températures sur les ruchers expérimentaux pendant les trois premières semaines (°C ; relevés horaires).



Les températures relevées sur les ruchers sont similaires sur l'ensemble des ruchers sauf celui de l'ADAPI lors de la première semaine d'application du traitement. Les ruchers sur lesquels les niveaux d'efficacité les plus bas ont été calculés (Alsace, ADAPRO LR, ADARA<sup>9</sup> et, dans une moindre mesure ADAM) ne se distinguent pas des autres sites expérimentaux (ADAAQ, ADAPI) concernant les températures enregistrées. Les niveaux de température enregistrés sur les ruchers n'expliquent pas les variations d'efficacité obtenues.

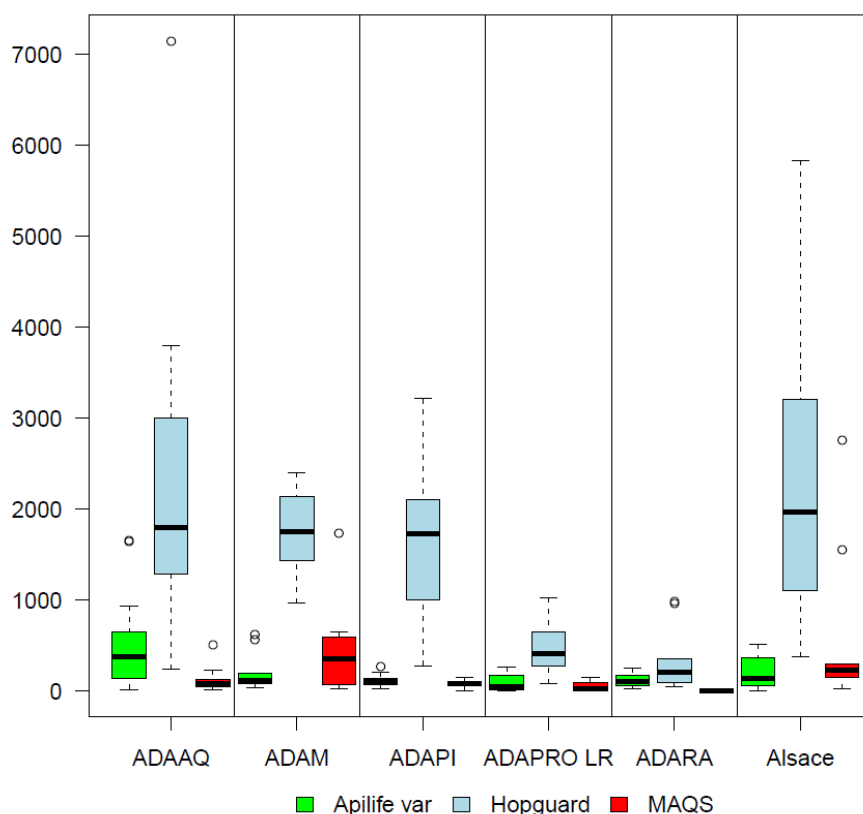
### Varroas résiduels

Les colonies traitées MAQS<sup>®</sup> obtiennent le nombre moyen de varroas résiduels les plus faibles par rapport aux autres modalités sur les ruchers de l'ADAAQ (114 varroas résiduels en moyenne), l'ADAPI (76 varroas résiduels en moyenne), l'ADAPRO LR (52 varroas résiduels en moyenne) et l'ADARA (1 varroa résiduel en moyenne<sup>10</sup>).

La modalité Apilife var<sup>®</sup> obtient les meilleurs résultats sur les ruchers de l'ADAM (216 varroas résiduels en moyenne) et d'Alsace (213 varroas résiduels en moyenne).

La modalité Hopguard obtient systématiquement un nombre de varroas résiduels plus élevé que les deux autres modalités sur l'ensemble des ruchers expérimentaux : entre 334 varroas résiduels en moyenne à l'ADARA et 2262 varroas résiduels en moyenne en Alsace (figure 7 et annexe 1 : tableau 10).

Figure 7. Nombre de varroas résiduels. Le traitement de contrôle, et le suivi des colonies après celui-ci, diffèrent à l'ADARA (cf. Analyses des données).



Notre objectif est de réduire la quantité de varroas survivants dans la colonie à l'issue des traitements testés jusqu'à atteindre le seuil des 50 varroas résiduels (Wendling, 2012). Seul le rucher de l'ADAPRO LR pour le traitement MAQS<sup>®</sup> présente une moyenne de 52 varroas résiduels (min : 5 – max : 149) équivalente à l'objectif

<sup>9</sup> Le traitement de contrôle, et le suivi des colonies après celui-ci, diffèrent à l'ADARA (cf. Analyses des données).

<sup>10</sup> Le traitement de contrôle, et le suivi des colonies après celui-ci, diffèrent à l'ADARA (cf. Analyses des données).

recherché (Annexe 1 : tableau 10). Sur le rucher de l'ADARA, le nombre de varroas résiduels pour les ruches traitées MAQS® (moyenne = 1 ; min : 0 – max : 6) est obtenu avec un traitement de contrôle partiel.

Le médicament Hopguard® a été très peu efficace et a laissé une quantité importante de varroas résiduels : 90 à 100 % des ruches en échec de traitement sur l'ensemble des ruchers expérimentaux (Annexe 1 : tableau 11).

## 2. Effet des traitements sur l'état des colonies

### A. Évolution du poids entre le début et la fin de l'essai

Tableau 6. Évolution du poids des ruches (kg) entre le début (J0) et la fin de l'expérimentation (J56).

	<b>N</b>	<b>moyenne</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
<b>Apilife var®</b>	68	-2,2	-7,0	4,7
<b>Hopguard®</b>	69	-0,7	-13,9	7,3
<b>MAQS®</b>	63	-1,3	-9,7	5,9

Bien qu'il existe de fortes disparités régionales (léger gain de poids des ruches de l'ADAAQ en situation de miellée ; Annexe 3, figure 8), tous les groupes de ruches, quel que soit leur traitement, ont perdu en moyenne du poids entre J0 et J56 : entre 0,7 (Hopguard®) et 2,2 kg (Apilife var®). Les ruches traitées avec MAQS® ont perdu en moyenne 1,3 kg.

Quel que soit le couple de traitement comparé, la différence entre les pertes de poids moyennes des deux modalités comparées est toujours significativement équivalente à zéro : "Apilife var® - Hopguard®" ( $p = 0,852$ ) ; "Apilife var® - MAQS®" ( $p = 1,000$ ) ; "Hopguard® - MAQS®" ( $p = 1,000$ ). La variation du poids des ruches entre J0 et J56 des trois modalités testées deux à deux n'est pas statistiquement différente (test de Welch,  $p$ -value > 0,05). Les variations de poids des trois modalités sont donc équivalentes<sup>11</sup>.

### B. Évolution du couvain entre J0 et J14

Les colonies traitées avec Hopguard® présentaient en moyenne une légère diminution de leur quantité de couvain (710 cm<sup>2</sup>). Il faut également souligner qu'une absence de couvain sous les lanières de Hopguard® a été constatée dans deux ruchers (ADAAQ et ADARA).

Dans le même temps, les colonies traitées avec Apilife var® ont perdu en moyenne 1 965 cm<sup>2</sup> de couvain et les colonies traitées avec MAQS® ont perdu en moyenne 2 546 cm<sup>2</sup> de couvain (tableau 7).

Tableau 7. Évolution de la surface occupée par le couvain entre J0 et J14 (en cm<sup>2</sup>).

	<b>n</b>	<b>moyenne</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
<b>Apilife var®</b>	68	-1 965	-6 951	1 513
<b>Hopguard®</b>	69	-710	-5 385	1 742
<b>MAQS®</b>	63	-2 546	-8 163	137

Il est reconnu que les colonies voient leur surface occupée par le couvain diminuer lors de la période où ont été réalisées les expérimentations. Cependant certains traitements anti-varroa ont accentué ce phénomène.

<sup>11</sup> Le détail des variations de poids selon les ruchers expérimentaux est présenté en annexe 3.

Les colonies traitées avec MAQS® ont perdu significativement plus de couvain entre J0 et J14 que celles traitées avec Hopguard® (test de Welsh, p-value = 0,000) ou Apilife var® (p-value = 0,000). Il n'y a cependant pas de différence significative entre les pertes de couvain mesurées chez les colonies traitées avec Hopguard® ou Apilife var® (p-value = 0,126)<sup>12</sup>.

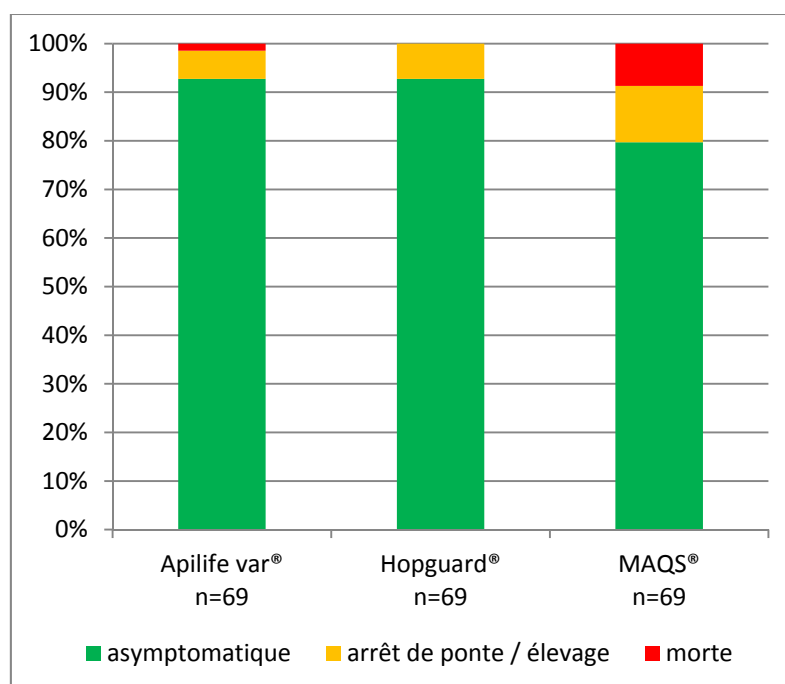
Figure 8. Résultats des tests statistiques sur l'évolution du couvain (\*\* : p = 0,018 ; \*\*\* p = 0,000).

Hopguard®	Apilife var®	MAQS®
- 710 cm <sup>2</sup>	- 1 965 cm <sup>2</sup>	- 2 546 cm <sup>2</sup>
		**
***		

### C. Effets sur les reines et la survie des colonies

À J21, cinq ruches traitées Hopguard® (7,2 %) présentait une colonie en arrêt de ponte ou en élevage (figure 9). Les ruches traitées avec Apilife var® étaient quatre à être en arrêt de ponte ou en élevage (5,8 %) et une était morte (1,4 %). Les ruches traitées MAQS® étaient huit à être en arrêt de ponte ou en élevage (11,6 %) et six étaient mortes (8,7 %).

Figure 9. Taux de colonies mortes, ayant connu un arrêt de ponte ou un élevage de reines.



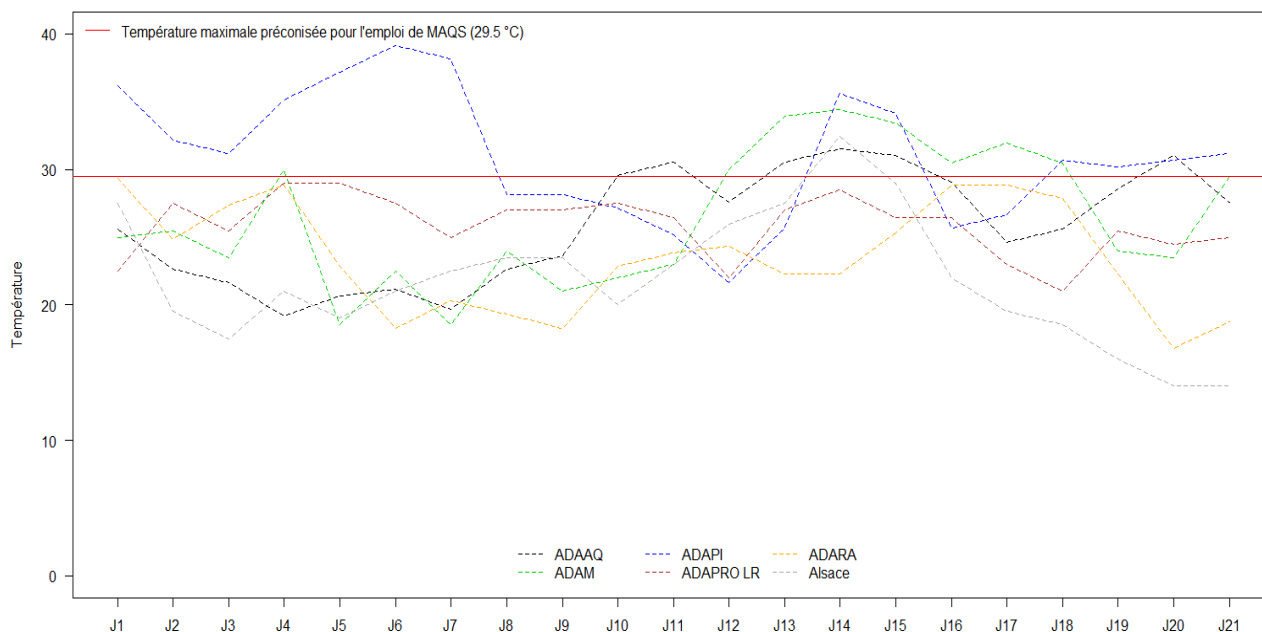
L'effet du traitement MAQS® s'est observé dès J7 : treize des soixante-neuf ruches traitées MAQS® avaient déjà une colonie en arrêt de ponte ou en élevage (18,8 %) et trois étaient déjà mortes (4,3 %). Le nombre de ruches asymptomatiques a cependant augmenté entre J7 et J21 indiquant la reprise de ponte dans une colonie à l'ADAAQ et deux à l'ADAPI<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> Le détail des variations de couvain selon les ruchers expérimentaux est présenté en annexe 4.

<sup>13</sup> Le détail des nombres de colonies mortes, ayant connu un arrêt de ponte ou un élevage de reines selon les ruchers expérimentaux est présenté en annexe 5.

Les colonies en arrêt de ponte ou en élevage de cellules royales de la modalité MAQS® étaient réparties dans tous les ruchers. Par contre, les 6 colonies mortes appartenaient toutes au rucher de l'ADAPI. Sur ce rucher, les températures enregistrées (figure 10) ont dépassé la température maximale préconisée pour l'emploi du MAQS® pendant la première semaine de traitement (durée de son application) expliquant le fort taux de mortalité observé.

Figure 10. Températures maximales journalières des ruchers expérimentaux (°C).



### 3. Résidus dans le miel

Les analyses ont révélé les résultats suivants :

- **Miel récolté pour la modalité MAQS® :**

Le taux d'acide formique obtenu lors d'une analyse par voie enzymatique (LOQ : 20 mg/kg) est de 418,20 ppm. Le rapport d'analyse indique que le taux d'acide formique se situe dans les valeurs usuelles retrouvées dans les miels, selon la littérature existante.

- **Miel récolté pour la modalité Hopguard® :**

Le taux de potassium obtenu lors de l'analyse par ICP-MS indique 2 547,00 ppm. Le rapport d'analyse stipule que ce résultat peut laisser suspecter que des résidus du traitement utilisé se retrouvent dans le miel : selon leur base de données, les valeurs usuelles de potassium dans le miel se situent autour de 500 ppm. Ainsi, ce miel n'est pas conforme à la directive 2001/110 CE qui définit la composition et les caractéristiques du miel.

- **Miel récolté pour la modalité Apilife var® :**

Le résultat d'analyse du thymol par HPLC est de 4,70 ppm. D'après le rapport d'analyse, ce résultat peut laisser suspecter une contamination du miel par le traitement utilisé. De plus, la présence de thymol est également perceptible à l'examen sensoriel. Ce miel n'est pas conforme à la directive 2001/110 CE.

## IV. DISCUSSION

L'objectif de cette étude était de mesurer l'efficacité et les effets non intentionnels de deux médicaments : MAQS® et Hopguard® utilisés en fin de saison apicole. L'Apilife var® est employé depuis plusieurs années en France et fait office de traitement de référence pour les apiculteurs intéressés par cette gamme de médicaments. L'Apilife var® a montré le meilleur niveau d'efficacité dans notre étude ( $87 \pm 3$  %) et peu d'effets non intentionnels sur les colonies. Toutefois, les niveaux de varroas résiduels mesurés (en moyenne :  $246 \pm 88$ ) ont révélé la nécessité d'appliquer un traitement complémentaire avant que les colonies ne repartent dans une saison de production.

### 1. Efficacité des deux traitements testés

Le Hopguard® a obtenu dans nos conditions d'expérimentation des résultats insatisfaisants en termes d'efficacité ( $46 \pm 4$  %) et de quantité de varroas résiduels après traitement ( $1\ 716 \pm 343$ ). Ce traitement est apparu assez récemment et son protocole d'emploi n'était pas clairement défini avec son distributeur en Europe. Ainsi, nous avons choisi de réaliser trois applications hebdomadaires pour couvrir un cycle d'operculation car des informations suite à son emploi aux États Unis faisaient état d'un manque d'efficacité en présence de couvain operculé. Une nouvelle formulation de Hopguard est maintenant disponible (courant 2014) : Hopguard II®, dont la substance active serait diffusée sur une durée plus longue, sa mise en place pouvant être augmentée à deux semaines.

L'efficacité du traitement MAQS® après une semaine d'application a été de  $77 \pm 7$  %, significativement inférieure à celle de l'Apilife var® ( $87 \pm 3$  % pour 3 à 4 semaines d'application). Par contre, les quantités de varroas résiduels ont été similaires entre les deux modalités. Ainsi, mis à part sur les ruchers faiblement infestés (moins de 1 000 varroas), la quantité de varroas résiduels est restée trop élevée : avec en moyenne  $247 \pm 133$  varroas résiduels, les ruches traitées avec le MAQS® étaient encore cinq fois trop infestées par rapport au seuil visé de 50 (Wendling, 2012). Cela s'est concrétisé par 75 % des ruches en échec de traitement (conservant plus de 50 varroas résiduels à l'issue du traitement), un taux identique à celui obtenu pour les ruches Apilife var® (79 % de colonies). Un traitement complémentaire aurait été nécessaire pour protéger ces colonies.

### 2. Évolution des ruches pendant le traitement

Les ruches traitées avec chacun des deux médicaments testés n'ont en moyenne pas perdu plus de poids que les ruches traitées avec le médicament de référence. Une perte de poids entre J0 et J56 a été constatée pour tous les traitements : 0,7 kg pour les ruches traitées avec Hopguard®, 1,3 kg avec MAQS® et 2,2 kg avec Apilife var®. Cependant, ces variations n'étaient pas significativement différentes entre les traitements.

Une différence plus marquée entre les traitements a concerné l'évolution des surfaces occupées par le couvain. La diminution des surfaces en couvain a été réduite dans les colonies traitées avec Hopguard® et équivalente à celle observée dans les colonies recevant l'Apilife var®. Les colonies traitées avec MAQS® ont eu l'effet le plus marqué sur le couvain, avec une réduction significativement plus importante que dans les colonies traitées Apilife var®.

Par ailleurs, des pertes de reines et des perturbations de leur ponte ont été enregistrées. D'après nos précédents résultats, nous savons que la forte vaporisation de l'acide formique dans les colonies traitées avec MAQS® à hautes températures (au-dessus de  $29,5^\circ\text{C}$ ) peut entraîner des effets non intentionnels. D'ailleurs, le rucher où les effets négatifs ont été les plus fréquents (ADAPI) a connu les températures extérieures les plus élevées ( $30-40^\circ\text{C}$  lors de la première semaine). Toutefois, des effets indésirables ont également été enregistrés à des températures plus basses (sur les ruchers de l'ADAAQ et de l'ADAM en particulier). Sur l'ensemble des ruchers, 11,6 % des colonies traitées avec MAQS® ont été affectées, contre 7,2 % pour le Hopguard® et 5,8 % pour Apilife var®.



### 3. Résultats d'analyse de miel récolté en présence des traitements

D'après les conclusions des analyses réalisées par le laboratoire Famille Michaud, le potassium (pour les ruches Hopguard®) et le thymol (pour les ruches Apilife var®) ont été quantifiés dans le miel de hausse à des taux qui contrecarreraient sa commercialisation. L'acquisition de données complémentaires est nécessaire pour mieux caractériser ces phénomènes. En attendant, l'emploi de Hopguard® en présence de hausses est à déconseiller avant de connaître le risque réel de contamination du miel. La non-conformité du miel obtenu dans les ruches traitées Apilife var® confirme la préconisation faite de ne pas récolter le miel obtenu pendant la présence de ce traitement dans la ruche.

Le taux d'acide formique obtenu dans l'analyse d'un miel issu de colonies traitées est plus élevé : 418,20 ppm, que celui indiqué dans la revue technique MAQS®<sup>14</sup> : 54,11 ppm. Cependant le miel analysé reste conforme d'après le résultat d'analyse.

### 4. Perspectives

Il est nécessaire dans un premier temps, de mieux caractériser les conditions d'emploi du MAQS® permettant d'obtenir les meilleures efficacités et, d'autre part, celles limitant les effets sur les colonies. Cet objectif sera développé lors des essais coordonnés 2014. Les résultats obtenus permettront d'établir des références sur l'emploi du MAQS® en traitement de fin de saison. Cependant, les apiculteurs ont des difficultés à gérer la pression varroa de plus en plus tôt dans la saison. Les médicaments disponibles (Apivar® et Apistan®) ne sont pas adaptés car leur durée d'emploi est de plusieurs semaines en présence de couvain operculé. Alors que le traitement MAQS® présente des avantages indéniables comme son efficacité sur les varroas du couvain operculé (Dangléant, 2014) ainsi qu'une durée d'application réduite à une semaine. Il sera aussi nécessaire d'expérimenter l'emploi du MAQS® plus tôt en saison pour répondre au besoin de réduire ponctuellement la pression varroa et afin de mesurer l'efficacité obtenue contre varroa et les effets non intentionnels sur les colonies en fonction de la température d'application.

Enfin, nos résultats indiquent que le type de ruche (Dadant ou Langstroth) pourrait moduler l'efficacité des traitements appliqués ici : les sites utilisant des ruches de type Dadant (ADAPRO LR, ADARA, Alsace) ont présenté une efficacité des traitements plus variables que ceux utilisant des ruches de type Langstroth. Un dispositif expérimental spécifique, basé sur la présence des deux types de ruches dans les mêmes ruchers et pour les mêmes modalités testées, serait nécessaire afin de déterminer l'effet réel du type de ruche sur la variabilité des résultats d'efficacité obtenus.

---

<sup>14</sup> <http://vetopharma.com/wordpress/wp-content/uploads/2014/08/MAQS-Brochure-mai-2014-basse-def.pdf>

## V. CONCLUSION

Les niveaux d'efficacité calculés pour les trois modalités de traitement testées ont été significativement différents entre l'Apilife var® ( $87 \pm 3 \%$ ), le MAQS® ( $77 \pm 7 \%$ ) et le Hopguard® ( $46 \pm 4 \%$ ). D'après la quantité de varroas résiduels, le taux moyen de colonies nécessitant un traitement complémentaire était de 75, 79 et 100 % pour respectivement MAQS®, Apilife var® et Hopguard®. Nos résultats ont montré que Apilife var® ou MAQS® ont eu une action contre varroa mais pas le Hopguard®.

L'évolution du poids des ruches entre le début et la fin de l'essai (J56) a été équivalente pour les trois modalités testées : - 0,7 avec Hopguard®, - 1,3 kg avec MAQS® et - 2,2 kg avec Apilife var®.

De plus, toutes les modalités ont affiché une diminution des surfaces moyennes en couvain : - 710 cm<sup>2</sup> de couvain en moyenne avec Hopguard®, - 1 965 cm<sup>2</sup> en moyenne avec Apilife var® et - 2 546 cm<sup>2</sup> en moyenne avec MAQS®. Mais la perte en couvain a été significativement plus importante pour les colonies traitées avec MAQS® par rapport aux deux autres traitements.

De plus, des arrêts de ponte (12 %) ou la perte de colonies (9 %) ont été observés suite à l'emploi du MAQS® de façon plus fréquente qu'avec Apilife var® (respectivement 6 % et 1 %).

Les résultats obtenus avec le MAQS® confortent ceux obtenus en 2012, à savoir que ce produit présente une efficacité pouvant être supérieure à 80 % mais visiblement très variable dans certains ruchers expérimentaux. Son emploi est associé à un risque important d'arrêt de pontes, de présence de cellules royales, voire de perte de la colonie. Ce risque est aggravé lorsque les températures ambiantes dépassent les 30 °C. Il est donc nécessaire à l'issue de son emploi de contrôler le niveau de varroas résiduels mais aussi de bien vérifier l'état des colonies (présence de ponte ou de cellules royales).

Le traitement MAQS® peut suffire comme traitement unique dans certaines situations (faible infestation, très bonne efficacité et peu de variabilité sur certains ruchers) mais dans la plupart des cas (75 % de colonies dans notre étude), un traitement complémentaire est nécessaire.

Du fait de leur variabilité d'efficacité, l'infestation résiduelle doit être observée et les applications de MAQS® et d'Apilife var® doivent si nécessaire être suivies d'un traitement complémentaire afin de réduire l'infestation au niveau souhaité de 50 varroas résiduels. Le traitement complémentaire sera fait préférentiellement en absence de couvain pour être plus efficace et par l'emploi d'acide oxalique ou de tout autre médicament efficace à ce moment de l'année.

## BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES

<http://www.mannlakeltd.com/hopguard/availability/>

Calderone N. W. (2010). Evaluation of Mite-Away-II (TM) for fall control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in colonies of the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in the northeastern USA. *Exp. And Appl. Acarol.*, **50** (2), 123-132.

Dangléant A. et Vallon J. (2014). Essai comparatif d'emploi d'acide formique contre *Varroa destructor*. Protocole commun inter-ADA 2012. Compte rendu d'essai ITSAP-Institut de l'abeille, 40 p.

DeGrandi-Hoffman G., Ahumada F., Probasco G., Schantz L. (2012). The effects of beta acids from hops (*Humulus lupulus*) on mortality of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Exp Appl Acarol*, **58**,407–421.

DeGrandi-Hoffman G., Ahumada F., Curry R., Probasco G., Schantz L. (2014). Population growth of *Varroa destructor* (Acari : Varroidae) in commercial honey bee colonies treated with beta plant acids. *Exp. Appl. Acarol*, **64** (2), 171-186.

Mert, G. and Yucel B. (2011). Efficacy levels of organic acids are used for controlling varroa (*Varroa jacobsoni* Qudemans) and their effects on colony development of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **10** (9), 1106-1111.

Mitchell D., Vanderdusen D. (2010). Mite-Away Quick Strip (TM) Mid Honey Flow Efficacy Trial. *Am. Bee Journ.*, **150** (5), 487-489.

Rosenkranz P., Aumeier P., Ziegelmann B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, **103**, 96-119.

Varroa, comment sortir de l'impasse ? Synthèse de la journée de concertation et d'échanges. Édition ITSAP (2010). 135 p. <http://itsap.asso.fr/downloads/publications/crvarroa080610.pdf>

Vandervalk P. L. (2013) New options for Integrated Pest Management of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) under Canadian Prairie conditions. Thèse pour l'obtention du Master of Science / Plant Science. Université d'Alberta. 121 p.

Wendling S., 2012. *Varroa destructor* (Anderson et Truman, 2000), un acarien ectoparasite de l'abeille domestique *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. Revue bibliographique et contribution à l'étude de sa reproduction. Thèse pour le doctorat vétérinaire. École Nationale Vétérinaire d'Alfort. 188p.

## ANNEXES

### Annexe 1. Tableaux synthétiques des dénombrements de varroas selon les ADA

Tableau 8. Niveau d'infestation en nombre total de varroas (J0 à J56) selon le rucher expérimental.

	n	moyenne	min	max
<b>ADAAQ</b>	45	2 962	452	12 044
<b>Alsace</b>	30	1 637	90	7 158
<b>ADAPI</b>	36	2 149	545	6 782
<b>ADAPRO LR</b>	30	619	32	2 639
<b>ADAM</b>	29	3 178	420	10 678
<b>ADARA</b>	30	361	54	1 284

Tableau 9. Taux d'efficacité des traitements (%) selon le rucher expérimental.

		n	moyenne	min	max
<b>ADAAQ</b>	Apilife var	15	85,7	71,6	97,6
	Hopguard	15	52,8	25,4	68,4
	MAQS	15	89,0	50,3	99,2
<b>Alsace</b>	Apilife var	10	75,7	52,2	100,0
	Hopguard	10	28,7	14,0	55,6
	MAQS	10	48,5	6,9	97,0
<b>ADAPI</b>	Apilife var	14	92,9	88,9	97,1
	Hopguard	14	51,8	15,6	73,1
	MAQS	8	93,0	83,3	99,7
<b>ADAPRO LR</b>	Apilife var	10	87,7	62,8	99,4
	Hopguard	10	41,3	22,9	63,9
	MAQS	10	67,3	32,3	99,0
<b>ADAM</b>	Apilife var	9	90,4	74,4	97,3
	Hopguard	10	51,2	17,6	77,9
	MAQS	10	85,7	71,6	97,7
<b>ADARA</b>	Apilife var	10	69,5	33,0	86,6
	Hopguard	10	26,4	8,5	43,4
	MAQS	10	99,2	96,3	100,0

Tableau 10. Nombre de varroas résiduels selon le rucher expérimental.

		<b>n</b>	<b>moyenne</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
<b>ADAAQ</b>	Apilife var	15	510	18	1 658
	Hopguard	15	2 218	239	7 144
	MAQS	15	114	9	509
<b>Alsace</b>	Apilife var	10	213	0	516
	Hopguard	10	2 262	379	5 831
	MAQS	10	573	21	2 755
<b>ADAPI</b>	Apilife var	14	117	27	266
	Hopguard	14	1 644	279	3 213
	MAQS	8	76	2	146
<b>ADAPRO LR</b>	Apilife var	10	94	7	268
	Hopguard	10	479	81	1 028
	MAQS	10	52	5	149
<b>ADAM</b>	Apilife var	9	216	32	621
	Hopguard	10	1 754	965	2 403
	MAQS	10	453	29	1 737
<b>ADARA</b>	Apilife var	10	126	21	254
	Hopguard	10	334	47	977
	MAQS	10	1	0	6

Tableau 11. Colonies en échec de traitement selon le rucher expérimental.

		<b>n</b>	<b>Nombre de colonies avec plus de 50 varroas résiduels</b>	<b>Taux de colonies avec plus de 50 varroas résiduels (%)</b>
<b>ADAAQ</b>	Apilife var	15	14	93
	Hopguard	15	15	100
	MAQS	15	11	73
<b>Alsace</b>	Apilife var	10	8	80
	Hopguard	10	10	100
	MAQS	10	9	90
<b>ADAPI</b>	Apilife var	14	11	79
	Hopguard	14	14	100
	MAQS	8	7	88
<b>ADAPRO LR</b>	Apilife var	10	5	50
	Hopguard	10	10	100
	MAQS	10	3	30
<b>ADAM</b>	Apilife var	9	8	89
	Hopguard	10	10	100
	MAQS	10	10	100
<b>ADARA</b>	Apilife var	10	10	100
	Hopguard	10	9	90
	MAQS	10	0	0

## Annexe 2. État des colonies à J0

Tableau 12. État de développement des colonies à J0.

		Nombre d'inter-cadres peuplés d'abeilles			Surface en couvain à J0 (cm <sup>2</sup> )			
		n	moyenne	min	max	moyenne	min	max
<b>ADAAQ</b>	Apilife var	15	8,9	6	11	4 813	2 191	6 845
	Hopguard	15	9,3	6	11	5 049	2 979	7 033
	MAQS	15	9,8	6	11	4 979	2 834	8 300
<b>Alsace</b>	Apilife var	10	9,9	7	11	7 251	1 770	9 826
	Hopguard	10	10,0	7	11	4 896	2 247	7 708
	MAQS	10	10,8	9	11	6 707	3 471	9 144
<b>ADAPI</b>	Apilife var	14	7,1	6	9	3 718	0	6 902
	Hopguard	14	6,8	5	9	4 640	1 705	8 525
	MAQS	8	7,4	6	9	4 308	3 086	5 088
<b>ADAPRO LR</b>	Apilife var	10	9,3	7	11	5 072	3 860	6 154
	Hopguard	10	10,1	6	11	3 360	2 613	4 490
	MAQS	10	9,3	5	11	3 093	1 195	5 506
<b>ADAM</b>	Apilife var	9	-	-	-	5 362	3 526	7 094
	Hopguard	10	-	-	-	5 420	3 216	7 485
	MAQS	10	-	-	-	4 998	2 311	7 535
<b>ADARA</b>	Apilife var	10	7,3	6	9	3 625	2 200	5 150
	Hopguard	10	8,6	7	10	3 850	2 050	6 000
	MAQS	10	8,4	6	11	3 360	2 150	5 000
<b>TOTAL</b>	Apilife var	68	8,4	6	11	4 882	0	9 826
	Hopguard	69	8,8	5	11	4 579	1 705	8 525
	MAQS	63	9,3	5	11	4 620	1 195	9 144

### i. Nombre d'inter-cadres peuplés par les abeilles

Les colonies utilisées dans le réseau de ruchers expérimentaux sont généralement peuplées d'abeilles occupant environ 8 à 9 inter-cadres en moyenne. Les colonies de l'ADAPI et de l'ADARA sont celles peuplées de la quantité d'abeilles la plus faible. À l'inverse, les colonies d'Alsace sont les plus peuplées quand les ruchers de l'ADAAQ et de l'ADAPRO LR sont dans la moyenne. Les colonies de l'essai varient de 5 à 11 inter-cadres peuplés pour toutes les modalités ; la modalité ayant les colonies les plus peuplées est MAQS® (9,3 inter-cadres peuplés en moyenne), la modalité la moins peuplée à J0 est Apilife var® (en moyenne, 8,4 inter-cadres peuplés).

### ii. Quantité de couvain

La quantité moyenne de couvain des ruches de l'essai est de 5 580 cm<sup>2</sup>, ce qui représente l'équivalent de 2,5 cadres Dadant ou 3,2 cadres Langstroth entièrement pondus. Les colonies de l'ADAPI, de l'ADAPRO LR et de l'ADARA sont les moins pourvues en couvain (respectivement l'équivalent de 1,9 – 1,7 – 1,6 équivalents cadre Dadant) et les colonies de l'ADAAQ et de l'ADAM se situent un peu en dessous de la moyenne (respectivement l'équivalent de 2,2 et 2,3 équivalents cadre Dadant). Les modalités Hopguard® et MAQS® ont respectivement 2,03 et 2,04 équivalents cadre Dadant de couvain et les colonies traitées Apilife var® ont 2,16 équivalents cadre Dadant à J0.

### Annexe 3. Variation de poids selon les ruchers expérimentaux

Les situations locales peuvent cependant être différentes puisque le rucher en Aquitaine est le seul à présenter une prise de poids entre J0 et 56 : 1,34 kg en moyenne, profitant de la bruyère en fleur. Les pertes de poids les plus importantes ont été observées sur les ruchers de l'ADAM et de l'ADAPRO LR (respectivement perte de 4,47 et 4,72 kg en moyenne). Le rucher de l'ADAPI affiche une variation de poids positive de 0,52 kg mais avec des situations différentes entre les traitements.

Figure 11. Variation du poids au cours des traitements selon le rucher expérimental. Le dysfonctionnement de la balance en Alsace n'a pas permis de faire apparaître les résultats sur ce rucher.

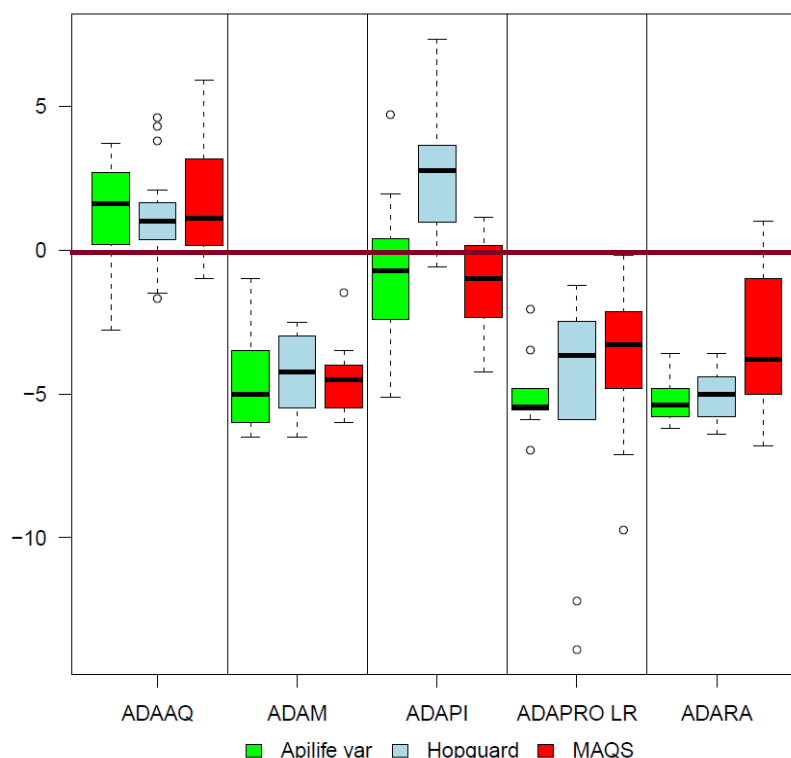


Tableau 13. Évolution du poids des ruches de J0 à J56 selon les ruchers expérimentaux.

	Apilife var®	Hopguard®	MAQS®
<b>ADAAQ</b>	<b>1.2 ± 2</b>	<b>1.1 ± 2</b>	<b>1.7 ± 2</b>
<b>ADAM</b>	<b>-4.6 ± 2</b>	<b>-4.4 ± 1.3</b>	<b>-4.5 ± 1.4</b>
<b>ADAPI</b>	<b>-0.6 ± 2.5</b>	<b>2.6 ± 2.1</b>	<b>-1.2 ± 1.8</b>
<b>ADAPRO LR</b>	<b>-5 ± 1.3</b>	<b>-5.3 ± 4.4</b>	<b>-3.9 ± 2.9</b>

Les variations de poids sont différentes selon les conditions régnant dans chaque site. Pour un même rucher expérimental, les moyennes de chacun des trois traitements sont équivalentes : on mesure un gain moyen de 1,1 (Hopguard®) à 1,7 kg (MAQS®) sur le rucher de l'ADAAQ et des pertes moyennes de 4,4 (Hopguard®) à 4,6 kg (Apilife var®) sur le rucher de l'ADAM. La situation à l'ADAPI est différente avec un lot Hopguard® présentant en moyenne un gain de poids (2,6 kg) alors que les deux autres traitements affichent une perte de poids (-0,6 kg pour Apilife var® et -1,2 kg pour le MAQS®). Cette différence n'est cependant pas significative, les variations existant entre les ruches de chaque lot étant elles-mêmes plus importantes.

Dans un même rucher expérimental, il n'y a pas de différence de variation de poids entre les trois modalités testées : les intervalles de confiance appliqués aux moyennes des variations de poids de chacune des 3 modalités se recouvrent dans tous les ruchers expérimentaux (tableau 13).

## Annexe 4. Variation de couvain selon les ruchers expérimentaux

La modalité MAQS® est celle qui a systématiquement perdu le plus de couvain dans tous les ruchers expérimentaux. Alors que dans quatre régions (ADAAQ, ADAM, ADAPI et Alsace), les colonies des modalités Apilife var® et Hopguard® présentent une évolution de leur couvain similaire, dans deux autres régions Apilife var® tend à réduire plus nettement la surface en couvain que et Hopguard® (ADAPRO LR et ADARA ; figure 12 ; Tableau 14). Dans ces deux dernières régions, Apilife var® et MAQS® induisent des résultats similaires sur l'évolution du couvain.

Figure 12. Évolution du couvain de J0 à J14 par rucher expérimental.

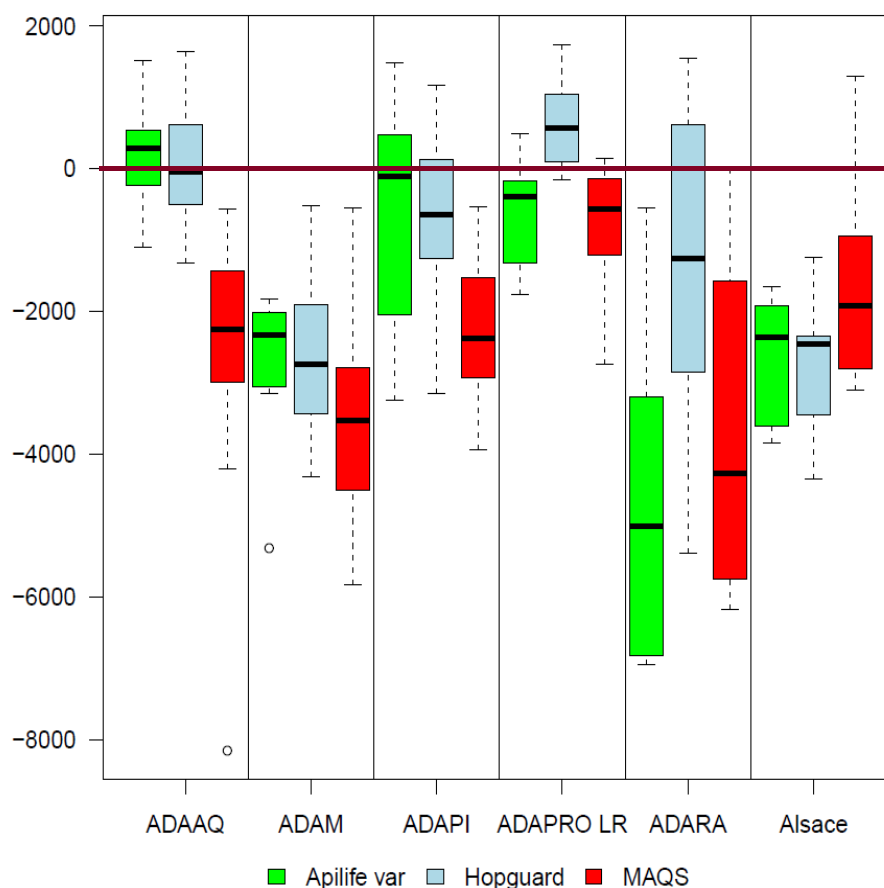


Tableau 14. Évolution des surfaces en couvain de J0 à J14 selon le rucher expérimental.

	Apilife var®	Hopguard®	MAQS®
<b>ADAAQ</b>	176 ± 658	69 ± 890	-2 485 ± 1 850
<b>ADAM</b>	-2 711 ± 1 088	-2 702 ± 1 115	-3 343 ± 1 603
<b>ADAPI</b>	-722 ± 1 547	-625 ± 1 208	-2 270 ± 1 060
<b>ADAPRO LR</b>	-574 ± 826	631 ± 614	-782 ± 840
<b>Alsace</b>	-4 668 ± 2 274	-1 347 ± 2 295	-3 825 ± 2 274

À l'ADARA, les surfaces de couvain n'ont pas été mesurées.



## Annexe 5. Nombres de colonies mortes, ayant connu un arrêt de ponte ou un élevage de reines selon les ruchers expérimentaux

Tableau 15. Nombre de colonies mortes, ayant connu un arrêt de ponte ou un élevage de reines.

		J7			J21			
		n	asymptotique	arrêt de ponte/élevage	morte	asymptotique	arrêt de ponte/élevage	morte
<b>ADAAQ</b>	Apilife var	15	15	0	0	14	1	0
	Hopguard	15	15	0	0	14	1	0
	MAQS	15	10	5	0	11	4	0
<b>Alsace</b>	Apilife var	10	9	1	0	8	2	0
	Hopguard	10	10	0	0	9	1	0
	MAQS	10	10	0	0	10	0	0
<b>ADAPI</b>	Apilife var	14	13	1	0	14	0	0
	Hopguard	14	14	0	0	14	0	0
	MAQS	14	6	5	3	8	0	6
<b>ADAPRO LR</b>	Apilife var	10	10	0	0	10	0	0
	Hopguard	10	10	0	0	9	1	0
	MAQS	10	9	1	0	9	1	0
<b>ADAM</b>	Apilife var	10	10	0	0	9	0	1
	Hopguard	10	10	0	0	9	1	0
	MAQS	10	8	2	0	7	3	0
<b>ADARA</b>	Apilife var	10	10	0	0	9	1	0
	Hopguard	10	10	0	0	9	1	0
	MAQS	10	10	0	0	10	0	0
<b>TOTAL</b>	Apilife var	69	67	2	0	64	4	1
	Hopguard	69	69	0	0	64	5	0
	MAQS	69	53	13	3	55	8	6