



BULLETIN ZOOSANITAIRE

LA NOSÉMOSE DE L'ABEILLE DOMESTIQUE

Par Charlotte Nury, étudiante en médecine vétérinaire et employée comme étudiante au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et Dre Julie Ferland, MAPAQ

PRÉAMBULE

Ce bulletin zoosanitaire s'adresse aux médecins vétérinaires, aux apiculteurs et aux acteurs du secteur apicole. Il fait le point sur la nosérose et présente l'information pertinente et actuelle en ce qui a trait à cette maladie.

Sauf si mention du contraire, les informations présentées dans ce document proviennent principalement de trois ouvrages de référence en apiculture (1-3).

MISE EN CONTEXTE

La nosérose est une maladie de l'abeille domestique adulte qui est causée par un champignon parasite microscopique de l'embranchement des microsporidies. Elle est omniprésente dans les endroits du monde où on élève l'abeille européenne (*Apis mellifera*), bien qu'elle touche plus fortement les pays tempérés aux hivers longs et humides. Néanmoins, la nosérose semble peu affecter les colonies d'*Apis mellifera* sauvages (4). Deux espèces ont été répertoriées chez l'abeille domestique, soit *Nosema apis*, qui a été décrite pour la première fois en 1909, et *Nosema ceranae*, que l'on a d'abord décrite chez l'abeille asiatique (*Apis ceranae*) et qui est présente au Canada depuis l'année 1994. Auparavant, *N. apis* était l'espèce la plus fréquemment retrouvée au Canada, mais il est désormais reconnu que *N. ceranae* l'a supplantée. La nosérose frappe aussi bien les ouvrières que la reine ou les faux bourdons. Cependant, les abeilles en santé peuvent être porteuses de *Nosema spp.* sans pour autant tomber malades. En effet, la nosérose n'apparaît que si les conditions favorisant sa manifestation sont réunies, à savoir certains facteurs de stress :

- un hiver long et humide durant lequel les abeilles sont confinées et ne peuvent effectuer leurs vols de propreté;
- la présence de pesticides affaiblissant les abeilles;
- des conditions printanières instables;
- l'hivernage sur un miel de miellat qui fragilise l'intestin des insectes (pratique occasionnelle en Europe);
- la vieillesse des abeilles;
- la présence de certains virus, comme les iridovirus et le virus de la paralysie chronique (5);
- une dysbiose (changement de la flore) intestinale liée à l'alimentation (6);
- une mauvaise gestion apicole.

Lorsqu'elle est apparente, la maladie peut affaiblir considérablement la colonie et, par conséquent, occasionner une mortalité importante ainsi que des pertes économiques pour l'apiculteur.

CARACTÉRISTIQUES

La nosérose à *N. apis* est considérée comme une maladie opportuniste, car elle semble bénigne en l'absence de facteurs prédisposants. Toutefois, lorsque les conditions sont réunies, elle peut mener à l'effondrement de la colonie affectée. La prévalence de *N. apis* dans les régions tempérées semble suivre un patron typique et saisonnier : faible en été, avec un petit pic à l'automne, une légère hausse à l'hiver et un pic important au début du printemps.

La nosérose à *N. ceranae*, quant à elle, est considérée comme une maladie émergente et opportuniste. Elle est le sujet de nombreuses recherches afin de mieux la comprendre, si bien que le consensus scientifique n'est toujours pas atteint. Tout comme *N. apis*, elle peut être asymptomatique, mais causer aussi l'affaiblissement voire l'effondrement d'une colonie. L'influence de la température sur *N. ceranae* est mal comprise, et d'après Retschnig et coll., les températures froides pourraient même augmenter l'intensité de l'infection (7). Cependant, son patron de prévalence est différent. Dans les régions tempérées, le pic d'infection a lieu entre le printemps et le début de l'été, et parfois en automne. En Allemagne, deux pics sont observés au printemps et à l'automne.

Au Québec, on observe aussi des variations saisonnières dans l'expression de la nosérose (type A ou type C) (figure 1). La proportion d'échantillons qui renferment un nombre élevé de spores semble plus élevée au printemps.

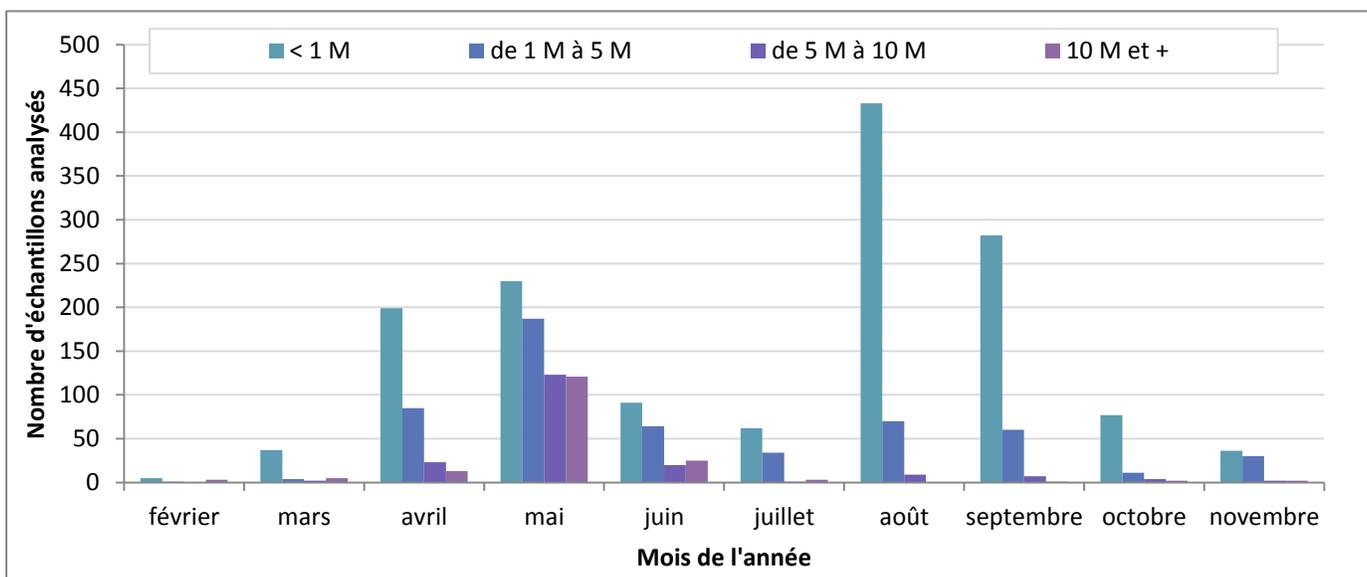


Figure 1. Nombre d'échantillons d'abeilles analysés par le MAPAQ en fonction de la quantité de spores de *Nosema spp.* (en millions [M] par abeille) et du mois de l'année, durant la période 2010-2018 (n=2364)

Avec le temps, la présence de *N. apis* a été supplantée par celle de *N. ceranae*, qui semble plus virulente et mieux adaptée au climat du Canada (8). Comme le révèlent les échantillons analysés par analyse moléculaire (*Polymerase Chain Reaction* ou PCR) au MAPAQ de 2010 à

2018, la présence de *N. ceranae* dans les échantillons a augmenté pour finalement dépasser celle de *N. apis*, que l'on ne trouve presque plus dans les échantillons (figure 2). Le nombre total d'échantillons positifs à *N. ceranae*, tout comme le nombre d'échantillons total analysé, a augmenté de façon importante au cours des deux dernières années.

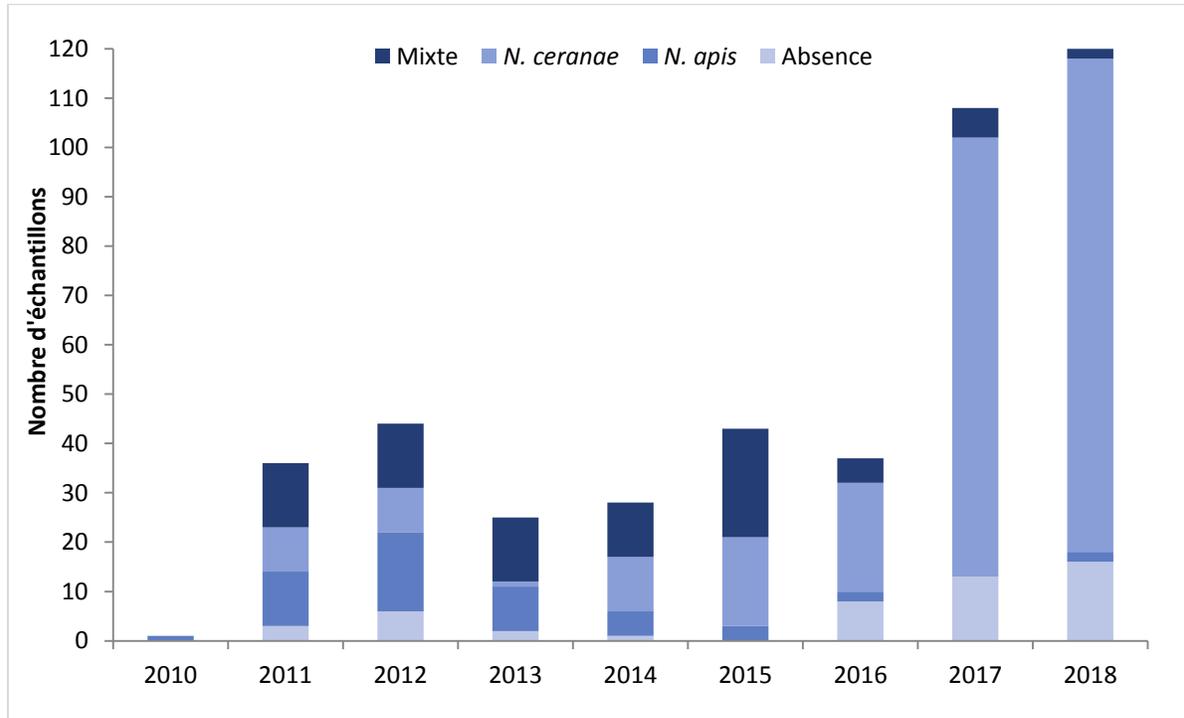


Figure 2. Nombre d'échantillons d'abeilles analysés par PCR selon le type d'infection à *Nosema spp.*, entre les années 2010 et 2018 (n=442)

DESCRIPTION DE LA MALADIE ET SIGNES CLINIQUES

Comme toutes les microsporidies, *N. apis* et *N. ceranae* sont des parasites obligatoires, intracellulaires et sporulés qui affectent exclusivement les cellules épithéliales de l'intestin moyen des abeilles adultes. Cependant, elles causent deux maladies différentes, soit la nosérose de type A (causée par *N. apis*) et celle de type C (causée par *N. ceranae*). Le tableau 1 présente la description de chaque maladie et les signes cliniques observables, s'il y a lieu.

Tableau 1 – Pathogénie et signes cliniques des deux types de nosémoses (1-3)

	Nosémosse de type A (<i>N. apis</i>)	Nosémosse de type C (<i>N. ceranae</i>)
Pathogénie	<p><i>Effets sur l'appareil digestif</i></p> <p>Après l'ingestion, les spores se logent dans les cellules épithéliales de l'intestin moyen et s'y multiplient, ce qui entraîne :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ une destruction des cellules épithéliales intestinales qui empêche la digestion adéquate des aliments; ➤ une inflammation du tube digestif avec de la diarrhée; ➤ de la constipation causée par l'obstruction de la lumière intestinale par les spores. <p><i>Effets sur la glande hypopharyngienne</i></p> <p><i>N. apis</i> cause aussi une atrophie de la glande hypopharyngienne chez les ouvrières infectées, ce qui provoque une réduction de la sécrétion d'aliments destinés au couvain et diminue ainsi la production de couvain. À l'échelle de la colonie, cela entraîne une baisse de la population et de la production de miel.</p> <p><i>Effets sur la physiologie de la reine</i></p> <p>Une reine affectée ne pond pas assez d'œufs à cause de la dégénérescence de ses ovaires ou alors les œufs pondus n'éclosent pas, ce qui mène à l'infertilité et au remérage par supersédure. Si elle est gravement infectée, la reine deviendra léthargique.</p> <p><i>Effets sur la colonie</i></p> <p>La durée de vie des abeilles infectées est réduite, et une diminution du couvain par la nosémosse à la fin de l'hiver peut mener à l'effondrement de la colonie au printemps.</p>	<p>Après l'ingestion, la propagation semble différente de celle de <i>N. apis</i>, car aucune diarrhée n'est observée.</p> <p><i>Effets sur les abeilles</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Plusieurs changements physiologiques sont induits. ➤ Les besoins énergétiques sont plus élevés : augmentation de la faim et de la consommation de nourriture, diminution de la trophallaxie. ➤ La maladie affecte la réponse immunitaire en réduisant l'expression de certains gènes responsables de l'immunité. ➤ La glande hypopharyngienne s'atrophie. ➤ La durée de vie des ouvrières diminue. <p><i>Effets sur la colonie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La taille de la population d'abeilles adultes est réduite. ➤ La maladie affecte la production de couvain. ➤ Elle nuit à la production de miel. ➤ La mortalité des butineuses est importante. <p>La nosémosse de type C a aussi été associée à des infections opportunistes à levures, ce qui peut accentuer le déclin des colonies (9).</p>
Signes cliniques	<p>L'apparence physique des abeilles affectées change légèrement ou ne change pas du tout. Les signes suivants sont parfois visibles :</p> <p><i>Chez les abeilles</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ L'abdomen est gonflé, et il y a de la constipation. ➤ Les ouvrières infectées font leur vol de repérage et amorcent leurs fonctions de sentinelles et de butineuses plus tôt que les abeilles en santé. ➤ Les ailes sont disjointes. ➤ On observe de la diarrhée (traces jaunes à brunes sur ou dans la ruche). ➤ L'autopsie révèle un intestin nécrosé et blanc (la couleur d'un intestin sain varie de jaune à brun). ➤ Des abeilles sont mortes ou rampent à l'entrée de la ruche. <p><i>Chez la colonie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le développement est médiocre : <ul style="list-style-type: none"> ○ activité réduite; ○ diminution de la ponte (si la reine est parasitée); ○ dépopulation de la ruche. ➤ Il y a un remérage par supersédure de la reine. ➤ On note un affaiblissement et une mortalité des colonies à l'hiver ou au début du printemps. ➤ Il y a présence d'infections associées à la nosémosse, telles que l'amibiase des tubules de Malpighi, le virus de la cellule royale noire (<i>Black queen cell virus</i>), le virus Y des abeilles et les virus filamenteux. 	<p>La maladie peut aussi être asymptomatique, mais l'on observe parfois les signes suivants :</p> <p><i>Chez les abeilles</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ une incapacité à revenir à la ruche (<i>reduced homing ability</i> (10)) et le décès des butineuses; ➤ un vieillissement précoce des nourricières et un début prématuré des fonctions de butineuses; ➤ une diminution de l'espérance de vie des abeilles adultes. <p><i>Chez la colonie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ une réduction de la population d'abeilles nourricières; ➤ un déclin de la population d'abeilles; ➤ un remérage par supersédure de la reine; ➤ un déclin du couvain et de sa production; ➤ un déclin de la production de miel et de son entreposage; ➤ une dépopulation de la ruche et un effondrement de la colonie lors d'une infection sévère.

MODES DE TRANSMISSION (DISTRIBUTION)

L'infection par *Nosema spp.* provient de l'ingestion de spores par l'abeille adulte; elle est transmise par la voie fécale-orale. En théorie, une seule spore est nécessaire pour causer une infection. Toutefois, en pratique, il faut habituellement une centaine de spores pour que la maladie se développe. L'infection est surtout observée chez les butineuses lors de la miellée. Au début de celle-ci, le pollen et le pain d'abeilles (*bee bread*) seraient les principales sources de spores (11). Les spores du genre *Nosema* se multiplient et s'accumulent dans la cellule épithéliale de l'intestin. Le péristaltisme¹ intestinal fait ensuite éclater la cellule, ce qui libère son contenu dans la lumière de l'intestin moyen. Les spores peuvent alors germer et infecter de nouvelles cellules ou être libérées et dispersées avec les fèces dans l'environnement. Une spore se reproduit dans les 4 à 60 heures suivant l'ingestion.

La transmission de *N. apis* est horizontale² et se fait par l'intermédiaire d'aliments, d'eau ou de cadres contaminés ou encore par trophallaxie. Les spores sont très résistantes, notamment au froid. Elles peuvent survivre de 5 à 6 semaines dans les cadavres d'abeilles, plus d'un an dans les fèces et de 2 à 4 mois dans le miel.

N. ceranae est aussi transmise horizontalement, les principales sources d'infection étant la cire et les aliments consommés. On trouve aussi cette espèce chez d'autres espèces d'abeilles.

MÉTHODE DE DIAGNOSTIC

Dans les deux types de nosérose, la maladie peut être asymptomatique ou les signes cliniques seuls ne permettent pas de l'identifier. La présence d'abeilles tolérantes à l'infection dans la colonie peut contribuer à maintenir la productivité de la ruche et ainsi masquer les signes cliniques (12).

Les signes cliniques de la nosérose de type A ne sont pas spécifiques à cette maladie. Seuls, ils ne permettent donc pas d'établir un diagnostic pour la colonie. Dans les régions tempérées, **l'effondrement de la colonie** ou son **affaiblissement** à la fin de l'hiver ou au printemps, jumelé avec l'observation de **diarrhée** et **d'abeilles mortes ou rampantes**, peuvent signifier la présence d'une nosérose de type A.

Bien qu'il ne fasse pas consensus, un test simple peut être réalisé sur le terrain sur les abeilles mortes : après avoir sectionné la tête, tirer sur la partie arrière de l'abdomen pour faire sortir les intestins. Dans le cas d'une infection à *N. apis*, ces derniers sont d'un blanc laiteux et translucide. La couleur des intestins d'abeilles saines est plutôt jaune à rouge, comme le pollen (3). Par contre, ce test seul n'est pas un indicateur fiable de la présence de *Nosema* (1).

Le profil clinique de la nosérose de type C n'est pas spécifique à cette maladie. Les symptômes sous-cliniques sont un **déclin de la population, de la production de miel et du couvain** (13). Comme les individus affectés sont principalement les butineuses et que leur instinct de retour à la ruche est déficient, l'examen clinique des individus est souvent impossible. L'examen clinique de l'ensemble de la colonie doit donc être très bien réalisé.

1. Péristaltisme : contractions musculaires permettant la progression des aliments dans l'intestin.

2. Transmission horizontale : transmission de l'agent pathogène entre les individus d'une même génération alors que la transmission verticale se fait des mères à leur progéniture.

Un diagnostic clinique de suspicion de nosérose doit être complété par la présence de facteurs qui prédisposent à la maladie, comme les conditions météorologiques et climatiques, de même que la gestion apicole, le contrôle du *Varroa destructor* et les pratiques culturales avoisinantes (notamment l'utilisation de pesticides). Pour les deux types de nosérose, des analyses de laboratoire comprenant un compte de spores doivent confirmer un diagnostic positif. La méthode d'analyse standard consiste à estimer le nombre de spores dans un échantillon de 50-100 abeilles, puis à rapporter le nombre de spores par abeille infectée. L'interprétation des résultats demeure toutefois difficile pour le médecin vétérinaire. Le tableau 2 présente les seuils de pathogénicité présentés et utilisés par Dr Samuel Boucher, médecin vétérinaire français, pour l'analyse des résultats. Ces seuils sont très différents du seuil d'un million de spores par abeille qui a longtemps été utilisé comme référence et qui semblait plus approprié pour *N. apis*.

Tableau 2 – Seuils de pathogénicité utilisés lors de l'interprétation du compte de spores (1)

Pathogénicité	Compte de spores (en million par abeille)
Très faible	moins de 1
Faible	de 1 à 5
Moyenne	de 5 à 10
Forte	de 10 à 20
Très forte	plus de 20

La qualité de l'échantillonnage est importante. Il faut idéalement sélectionner de vieilles ouvrières à l'entrée de la ruche ou sur les cadres périphériques si la température extérieure ne permet pas le vol (bien que cela puisse se révéler difficile). L'échantillon doit être conservé à -20 °C ou dans l'alcool avant d'être expédié au laboratoire. Une autre approche diagnostique en laboratoire est d'estimer la proportion d'abeilles infectées par colonie, bien qu'il n'existe actuellement aucun protocole d'échantillonnage ou d'interprétation standard à cette fin.

En laboratoire, il est possible d'identifier les spores de *Nosema spp.* à l'aide de la microscopie optique, mais les deux espèces sont très similaires. Bien que les spores de *N. apis* soient légèrement plus grosses que celles de *N. ceranae*, une analyse moléculaire (PCR) est nécessaire pour l'identification de l'espèce. Le compte de spores est généralement utilisé pour quantifier l'infection, mais comme il a été mentionné ci-dessus, l'interprétation est difficile étant donné les limites de cette méthode fastidieuse. Une analyse moléculaire quantitative (qPCR) est aussi disponible dans certains laboratoires et serait même plus performante que le traditionnel compte de spores pour détecter et quantifier l'infection. L'analyse PCR serait donc la meilleure méthode diagnostique à utiliser.

Lors de l'interprétation des résultats, il faut garder en tête que l'abeille est un insecte social et que la colonie est un superorganisme. Comme les résultats proviennent d'individus prélevés au sein de la colonie, un compte de spores positif n'indique pas nécessairement une colonie malade et vice versa. En somme, il faut considérer l'ensemble de ces facteurs pour poser un diagnostic définitif de nosérose de type A ou de type C.

MALADIES POUVANT PRÉSENTER LES MÊMES SIGNES CLINIQUES (DIAGNOSTIC DIFFÉRENTIEL)

Pour la nosérose de type A :

- Acariose des abeilles causée par *Acarapis woodi* (abeilles rampantes et ailes en « K »);
- Amibiase (diarrhée jaune souffre);
- Maladies virales;

- Empoisonnement;
- Toute autre cause d'affaiblissement de la colonie.

Pour la nosérose de type C :

- Toute cause d'affaiblissement ou d'effondrement de la colonie.

ARRÊT DE LA PRODUCTION DE FUMAGILLINE : STRATÉGIE DE CONTRÔLE ET CONSÉQUENCES

À la suite de l'arrêt de la production de fumagilline au Canada, plusieurs apiculteurs se sont retrouvés démunis devant la nosérose. Il est donc important de rappeler que l'on peut contrôler cette maladie grâce à des stratégies de lutte intégrée qui incluent la prévention, le contrôle et, si nécessaire, le traitement.

PRÉVENTION, CONTRÔLE ET TRAITEMENT

Étant donné l'impact économique important d'une infection déclarée menant à l'affaiblissement, voire à la mort de la colonie, la prévention et le contrôle par le biais de bonnes pratiques apicoles sont essentiels.

Prévention et contrôle

Il faut avant tout éviter les sources de stress (cf. mise en contexte) qui favorisent une infection. L'apiculteur doit donc s'assurer d'avoir des **colonies robustes et résilientes**, des **reines vigoureuses** et des aliments de **qualité en quantité** suffisante. Il est ainsi conseillé de ne garder que de **jeunes reines** et même, de les renouveler tous les ans. Il faut prévenir les infestations de *Varroa* en traitant les colonies de façon adéquate et au bon moment, afin de limiter le stress sur les colonies. Les colonies faibles doivent être éliminées à l'automne pour permettre la sélection d'abeilles tolérantes ou résistantes à *Nosema* (ainsi qu'aux autres pathogènes qui affaiblissent les colonies), ce qui pourrait être une solution durable à plus long terme (14). En préparation à l'hivernage à l'extérieur, il faut bien **isoler les ruches**, les munir de **réducteurs d'entrée** et ajuster la quantité de nourriture disponible, si nécessaire. Les ruches doivent être **orientées vers le sud** pour favoriser les vols de propreté dès que les conditions le permettent.

En ce qui concerne l'alimentation, il faut **éviter le sucre à glacer** (aussi appelé sucre en poudre), car l'amidon qu'il contient est difficile à digérer pour les abeilles. De plus, le **sirop de saccharose** serait préférable au sirop de maïs (15). Le nourrissage tardif et les longues visites à l'automne sont aussi à proscrire, étant donné qu'ils nuisent à la formation d'une grappe hivernale de qualité. Il faut aussi privilégier le **nourrissage individuel des colonies**, car l'alimentation au baril favorise la propagation de la maladie (16). L'utilisation de certains substituts (pâtés) de pollen commerciaux a aussi été associée à des niveaux plus élevés de spores comparativement à l'utilisation de pollen de fleurs sauvages (17).

Le **remplacement annuel des vieux cadres** diminue le risque de transmission des spores. L'irradiation ou le traitement thermique (49 °C pendant 24 h) des cadres entreposés agit aussi en ce sens. Une bonne pratique consiste à éliminer chaque année **au moins 2 ou 3 vieux cadres par ruche** pour les remplacer par des cadres neufs. Dans la mesure du possible, le lève-cadre, la brosse et les gants doivent être désinfectés entre deux ruches. Concrètement, il vaut mieux éviter d'utiliser une brosse et minimiser les risques de contamination entre les ruchers. La fumigation à l'acide acétique est aussi efficace pour tuer les spores de *Nosema spp.* dans le matériel apicole infecté (18).

Pour le contrôle de *N. ceranae* plus particulièrement, il a été proposé d'utiliser la **température** comme moyen de contrôle de l'infection. Les spores pourraient être considérées comme non infectieuses si leur viabilité est inférieure à 50 %. Pour se débarrasser des spores présentes dans la cire des cadres infectés à plus de 50 %, l'apiculteur doit **entreposer les cadres à -12 °C ou moins durant 7 jours**. L'exposition des cadres à 33 °C durant 50 jours a le même effet (16).

Traitement

Le seul traitement vétérinaire homologué contre la nosérose est la Fumagilline-B®. Cet antimicrobien aux propriétés antifongiques agit sur les stades en croissance active des microsporidies, et **une ordonnance vétérinaire est nécessaire** pour s'en procurer et l'utiliser. Il n'a aucun effet sur les spores, mais le seuil économique utilisé pour le traitement chimique est d'un million de spores par abeille. Pour éviter sa dégradation et maximiser son efficacité, la fumagilline ne doit pas être mélangée à du sirop trop chaud ni exposée à la lumière du soleil. Elle est efficace sur les deux espèces de *Nosema* (19). À faible dose, elle semble néanmoins augmenter la production de spores par *N. ceranae*, d'où l'importance d'éviter la dégradation du médicament (20). Aussi, bien que la fumagilline réduise le nombre de spores dans la colonie, la population de *N. ceranae* a tendance à augmenter de nouveau rapidement après le traitement (effet rebond) (14,19,21). Pour ces raisons, les méthodes de remplacement pour le contrôle et la prévention de la nosérose devraient être préférées au traitement chimique avec la fumagilline. Deux molécules de la famille des nitroimidazoles semblent inhiber la prolifération de *N. ceranae*, mais ces substances ne sont pas homologuées en apiculture, et de recherche est nécessaire sur le sujet (22). Puisque la seule compagnie qui produisait la fumagilline a cessé ses activités en juin 2018, il n'est donc plus possible de se la procurer au Canada actuellement. De récentes informations laissent néanmoins présager son retour éventuel sur le marché. Aucun autre traitement contre la nosérose n'est homologué au Canada, d'où l'importance des méthodes de prévention et de contrôle.

Certains traitements de rechange sont offerts sur le marché, mais leur efficacité est variable ou non démontrée. L'effet présumé de la surfactine, qui est produite naturellement par les abeilles, a été démenti (22). Selon Michalczyk et coll., Nozevit et ApiX (testé en Europe) sont plus efficaces qu'Api Herb (commercialisé en Europe) pour réduire l'infection; et ces trois traitements étaient plus efficaces sur *N. apis* que sur *N. ceranae* (23). Une équipe italienne a découvert que le thymol et le resveratrol permettraient de réduire notablement les niveaux de spores dans les abeilles (24). Néanmoins, un projet de recherche réalisé au Québec a permis d'évaluer l'efficacité du thymol administré dans du sirop pour contrôler la maladie. La conclusion a été que le thymol n'a aucun effet sur la nosérose et même, qu'il affecte négativement la santé de la ruche en hiver (25). Bien que certains préconisent l'utilisation de vinaigre de cidre de pomme pour acidifier la nourriture automnale, l'**acide acétique** (matière active du vinaigre) a été démontré inefficace sur le nombre de spores en laboratoire et sur le terrain (26). Nanetti et coll. mentionne l'**acide oxalique** dans du sirop comme un autre traitement prometteur contre la nosérose (27).

POUR PLUS D'INFORMATION

- Canadian Association of Professional Apiculturists (CAPA) :
<http://www.capabees.com/shared/2013/02/nosema.pdf> (en anglais)
http://www.honeycouncil.ca/images2/pdfs/BMP_manual_-_Les_Eccles_Pub_22920_-_FINAL_-_low-res_web_-_English.pdf (en anglais)
<http://honeycouncil.ca/wp-content/uploads/2016/12/Manuel-pour-la-sant%C3%A9-des-abeilles-mellif%C3%A8res-fev-2017-Fran%C3%A7ais.pdf> (en français)
- Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) :
<http://www.fao.org/3/CA3136EN/ca3136en.pdf> (en anglais)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Boucher S. Maladies des abeilles. Édition France Agricole. Paris; 2016. 259 p. (Agriproduction)
2. Pernal SF, Clay H. Mycoses. Dans : Maladies et organismes nuisibles de l'abeille domestique. 3^e édition. Beaverlodge (Alberta) : Association canadienne des professionnels de l'apiculture; 2015, p. 76.
3. Vidal-Naquet N. Honeybee veterinary medicine: apis mellifera L. First Edition. Sheffield, United Kingdom: 5M Publishing; 2015. 260 p.
4. Rangel J, Baum K, Rubink W, N. Coulson R, Johnston J, E. Traver B. Prevalence of Nosema species in a feral honey bee population: a 20-year survey. Vol. 47. 2015.
5. Bromenshenk JJ, Henderson CB, Wick CH, Stanford MF, Zulich AW, Jabbour RE, *et al.* Iridovirus and Microsporidian Linked to Honey Bee Colony Decline. PLOS ONE. 6 oct 2010;5(10):e13181.
6. Maes P, Rodrigues P, Oliver R, M. Mott B, Anderson K. Diet Related Gut Bacterial Dysbiosis Correlates with Impaired Development, Increased Mortality and Nosema Disease in the Honey Bee (*Apis mellifera*). Vol. 25. 2016.
7. Retschnig G, Williams G, Schneeberger A, Neumann P. Cold Ambient Temperature Promotes Nosema spp. Intensity in Honey Bees (*Apis mellifera*). Vol. 8. 2017. 1 p.
8. Emsen B, Guzman-Novoa E, Hamiduzzaman M, Eccles L, Lacey B, A Ruiz-Pérez R, *et al.* Higher prevalence and levels of Nosema ceranae than Nosema apis infections in Canadian honey bee colonies. Vol. 115. 2015.
9. Ptaszyńska AA, Paleolog J, Borsuk G. Nosema ceranae Infection Promotes Proliferation of Yeasts in Honey Bee Intestines. PLOS ONE. 13 oct 2016;11(10):e0164477.
10. Wolf S, McMahon DP, Lim KS, Pull CD, Clark SJ, Paxton RJ, *et al.* So Near and Yet So Far: Harmonic Radar Reveals Reduced Homing Ability of Nosema Infected Honeybees. PLOS ONE. 6 août 2014;9(8):e103989.
11. Sokół R, Michalczyk M. Detection of Nosema spp. in worker bees, pollen and bee bread during the honey flow season. Vol. 85. 2016. 261 p.
12. Kurze C, Mayack C, Hirche F, Stangl G, Le Conte Y, Kryger P, *et al.* Nosema spp. infections cause no energetic stress in tolerant honeybees. Vol. 115. 2016.
13. Botías C, Martín-Hernández R, Barrios L, Meana A, Higes M. Nosema spp. infection and its negative effects on honey bees (*Apis mellifera iberiensis*) at the colony level. Vol. 44. 2013. 25 p.
14. Holt HL, Grozinger CM. Approaches and Challenges to Managing Nosema (Microspora: Nosematidae) Parasites in Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies. J Econ Entomol. 23 juin 2016;109(4):1487-503.
15. Tremblay N, Martin G. Comparaison de différentes solutions de nourrissage automnal sur la santé, la survie hivernale et le développement printanier des colonies d'abeilles domestiques (*Apis mellifera* Linnaeus). [Internet]. MAPAQ, CRSAD, FAQ; 2011 p. 21. Report No.: Projet MAPAQ no : 09-C-65. Disponible à : http://www.crsad.qc.ca/uploads/tx_centrecherche/Rapport_final_nourrissage_automnal_09-C-65_.pdf.
16. MacInnis CI. Nosema ceranae: A sweet surprise Investigating the viability and infectivity of the honey bee (*Apis mellifera* L.) parasite *N. ceranae* [Internet] [Master of Science thesis]. University of Alberta; 2017. Disponible à : <https://doi.org/10.7939/R3BG2HQ5K>.
17. Fleming JC, Schmehl DR, Ellis JD. Characterizing the Impact of Commercial Pollen Substitute Diets on the Level of Nosema spp. in Honey Bees (*Apis mellifera* L.). PLOS ONE. 30 juill 2015;10(7):e0132014.
18. Kelly P. Fumigating with Acetic Acid to Decontaminate Brood Chambers [Internet]. Tips Tricks and Tools – University of Guelph. [cité 5 juin 2019]. Disponible à : <http://www.uoguelph.ca/honeybee/education-fumigation.shtml>.
19. Higes M, J. Nozal M, Alvaro A, Barrios L, Meana A, Martín-Hernández R, *et al.* The stability and effectiveness of fumagillin in controlling Nosema ceranae (Microsporidia) infection in honey bees (*Apis mellifera*) under laboratory and field conditions. Vol. 42. 2011. 364 p.
20. Huang W-F, Solter LF, Yau PM, Imai BS. Nosema ceranae Escapes Fumagillin Control in Honey Bees. PLOS Pathog. 7 mars 2013;9(3):e1003185.
21. Oliver R. Nosema ceranae—not your father's nosema! [Internet]. Scientific Beekeeping. Disponible à : <http://scientificbeekeeping.com/nosema-ceranae-not-your-fathers-nosema/>.
22. Gisder S, Genersch E. Identification of Candidate Agents Active against *N. ceranae* Infection in Honey Bees: Establishment of a Medium Throughput Screening Assay Based on *N. ceranae* Infected Cultured Cells. PLOS ONE. 6 févr 2015;10(2):e0117200.
23. Michalczyk M, Sokół R, Koziattek S. Evaluation of the Effectiveness of Selected Treatments of Nosema Spp. Infection by the Hemocytometric Method and Duplex Pcr. Vol. 66 (1). 2016. 115 p.
24. Maistrello L, Lodesani M, Costa C, Leonardi F, Marani G, Caldon M, *et al.* Screening of natural compounds for the control of nosema disease in honeybees (*Apis mellifera*). Vol. 39. 2008.
25. Dubreuil, P. Évaluation du thymol administré dans le sirop de nourrissage afin de contrôler les comptes du parasite Nosema spp. dans des ruches de la Montérégie. Saint-Hyacinthe (Québec) : Faculté de médecine vétérinaire; 2018, juin p. 31.
26. Forsgren E, FRIES I. ACIDIC FOOD AND NOSEMA DISEASE. 2019.
27. Nanetti A, Rodriguez García C, Meana A, Martín-Hernández R, Higes M. Effect of oxalic acid on Nosema ceranae infection. Vol. 102. 2015.