



CHRONIQUE DE LA RESPONSABLE PROVINCIALE EN APICULTURE

Par Charlotte Nury et Julie Ferland

LA NOSÉMOSE DE L'ABEILLE DOMESTIQUE

Mise en contexte¹

La nosémosse 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 le monde là où on élève l'abeille européenne (*Apis mellifera*), bien qu'elle s'exprime plus fortement dans les pays tempérés aux hivers longs et humides. Néanmoins, la nosémosse semble peu affecter les colonies d'*Apis mellifera* sauvages (4). Deux espèces ont été répertoriées chez l'abeille domestique, soit *Nosema apis* — décrite pour la première fois en 1909 — et *Nosema ceranae* — décrite d'abord chez l'abeille asiatique (*Apis ceranae*) et présente au Canada depuis 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 nosémosse frappe aussi bien les ouvrières que la reine ou les faux-bourçons. Cependant, les abeilles en santé peuvent héberger *Nosema spp.* sans pour autant tomber malades. En effet, la nosémosse n'apparaît que si les conditions favorisant son expression sont réunies, à savoir certains facteurs de stress :

- un hiver long et humide où les abeilles sont confinées et ne peuvent effectuer leur vol 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 reliée à l'alimentation (6);
- une mauvaise régie apicole.

Lorsqu'elle est apparente, la maladie peut affaiblir significativement la colonie et occasionner des mortalités importantes, ce qui peut représenter des pertes économiques pour l'apiculteur.

Caractéristiques

La nosémosse à *N. apis* est considérée comme une maladie opportuniste, car elle semble bénigne en l'absence de facteurs prédisposants. Cependant, 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, petit pic à l'automne, légère hausse à l'hiver, pic important en début de printemps.

La nosémosse à *N. ceranae* est considérée comme une maladie émergente et aussi 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 aussi causer 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

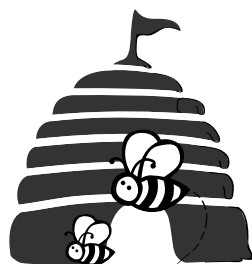
¹ Sauf si mention du contraire, les informations présentées dans ce document proviennent principalement de trois ouvrages de référence en apiculture (1-3).

Reines

Sélectionnées et élevées au Québec

Reines
Cellules royales
Nucléïs

Le château de Cyr est fier de vous offrir entière satisfaction avec ses produits de qualité.



Château de Cyr

Commandez dès maintenant!

Le château de Cyr vous ouvre ses portes, venez nous rencontrer

Marie-Eve Cyr, *Apicultrice*
Saint-Marc-sur-Richelieu
Tél.: 450-513-1770
info@chateaudecyr.com
chateaudecyr.com

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, des variations saisonnières dans l'expression de la nosérose (type A ou type C) sont aussi observées (Figure 1). La proportion d'échantillons présentant un nombre élevé de spores semble plus élevée au printemps.

Avec le temps, la présence de *N. apis* a été supplantée par celle de *N. ceranae*, qui semble plus virulente et mieux adaptée pour le climat du Canada (8). Comme en témoignent les échantillons étudiés par analyse moléculaire (*Polymerase Chain Reaction*, PCR) au MAPAQ de 2010 à 2018, la présence de *N. ceranae* dans les échantillons a augmenté pour finalement dépasser celle de *N. apis*, qui n'est presque plus observée dans les échantillons (Figure 2). Le nombre total d'échantillons positifs à *N. ceranae*, tout comme le nombre d'échantillons total analysés, ont augmenté significativement ces deux dernières années

Figure 1. Nombre d'échantillons d'abeilles analysés par le MAPAQ en fonction du seuil de spores de *Nosema spp.* (en millions (M) par abeille) et du mois de l'année, de 2010 à 2018 (n = 2364).

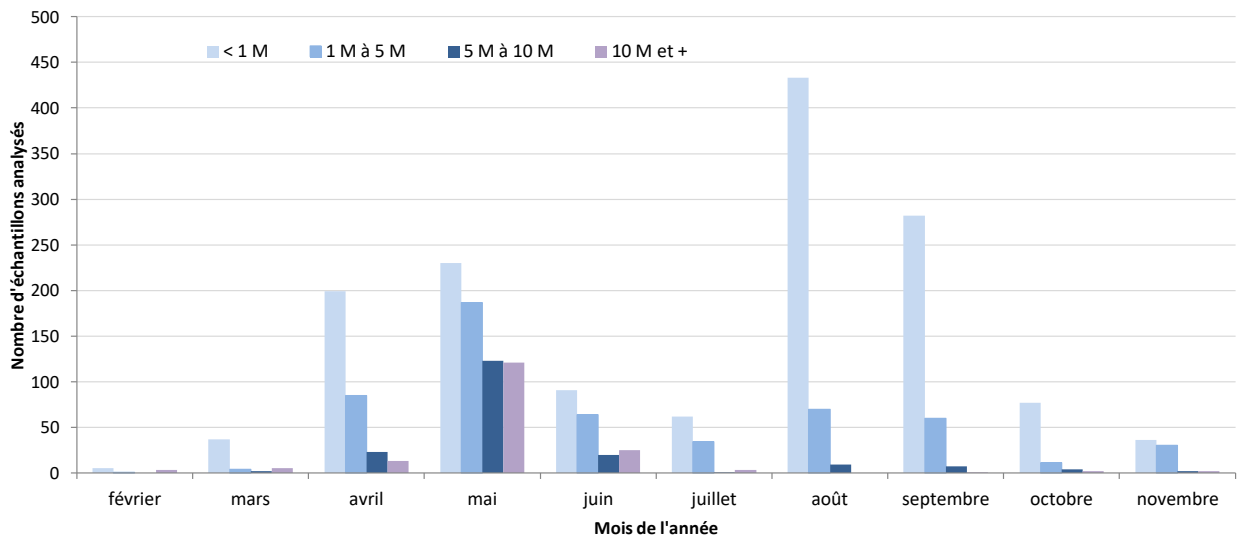
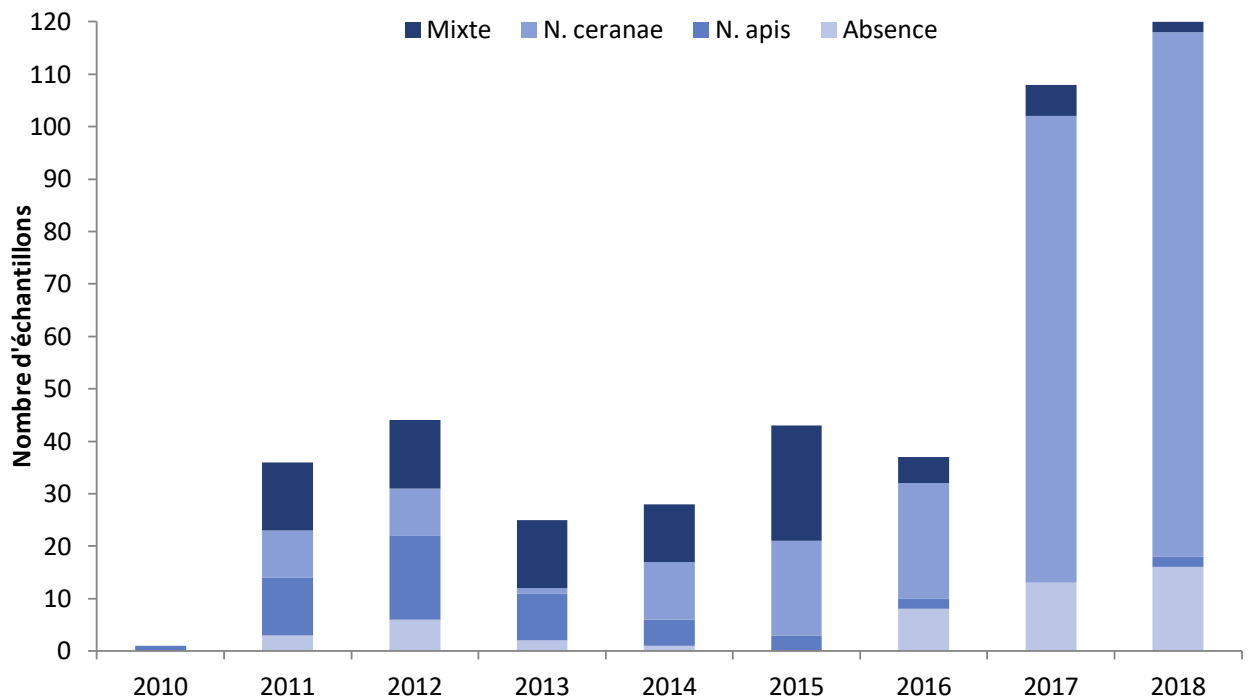


Figure 2. Nombre d'échantillons d'abeilles analysés par PCR selon le type d'infection à *Nosema spp.*, entre 2010 et 2018 (n = 442).



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 nosérose (1–3)

	Nosérose de type A (<i>N. apis</i>)	Nosérose de type C (<i>N. ceranae</i>)
Pathogénie	<p><i>Effets sur l'appareil digestif :</i> 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"> ➤ Destruction des cellules épithéliales intestinales qui empêche la digestion adéquate des aliments; ➤ Inflammation du tube digestif avec de la diarrhée; ➤ Constipation causée par l'obstruction de la lumière intestinale par les spores. <p><i>Effets sur la glande hypopharyngienne :</i> <i>N. apis</i> cause aussi une atrophie de la glande hypopharyngienne chez les ouvrières infectées ce qui entraîne une réduction de la sécrétion d'aliments destinés au couvain, et ainsi diminue la production de couvain. À l'échelle de la colonie, cela entraîne une réduction de la population et de la production de miel.</p> <p><i>Effet sur la physiologie de la reine :</i> Une reine affectée pond un nombre d'œufs insuffisant 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 gravement infectée, la reine deviendra léthargique.</p> <p><i>Effets sur la colonie :</i> La durée de vie des abeilles infectées est réduite, et une diminution du couvain par la nosérose 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"> ➤ Induction de plusieurs changements physiologiques; ➤ Besoins énergétiques plus élevés : Augmentation de la faim et de la consommation de nourriture, diminution de la trophallaxie; ➤ Réponse immunitaire affectée en réduisant l'expression de certains gènes impliqués dans l'immunité; ➤ Atrophie de la glande hypopharyngienne; ➤ Diminution de la durée de vie des ouvrières. <p><i>Effets sur la colonie :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Réduction de la taille de la population d'abeilles adultes; ➤ Production de couvain affectée; ➤ Production de miel réduite; ➤ Mortalité importante des butineuses. <p>La nosérose 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>Peu ou pas de changement dans l'apparence physique des abeilles affectées, mais les signes suivants sont parfois visibles :</p> <p><i>Chez les abeilles :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Abdomen gonflé et constipation; ➤ Ouvrières infectées font leur vol de repérage et amorcent leurs fonctions de sentinelles et de butineuses plus tôt que celles en santé; ➤ Ailes disjointes; ➤ Diarrhée (traces jaunes à brunes sur ou dans la ruche); ➤ Intestin nécrosé et blanc lors de l'autopsie (la couleur d'un intestin sain varie de jaune à brun); ➤ Abeilles mortes ou qui rampent à l'entrée de la ruche. <p><i>Chez la colonie :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Piètre développement : <ul style="list-style-type: none"> ○ Activité réduite; ○ Diminution de la ponte (si la reine est parasitée); ○ Dépopulation de la ruche; ➤ Remérage par supersédure de la reine; ➤ Affaiblissement et mortalité des colonies à l'hiver ou au début du printemps; ➤ Présence d'infections associées à la nosérose, telles que l'amibiase des tubules de Malpighi, le virus de la cellule royale noire (<i>Black queen cell virus</i> ou BQCV), le virus Y des abeilles et les virus filamenteux. 	<p>Peut aussi être asymptomatique, mais les signes suivants sont parfois observés :</p> <p><i>Chez les abeilles :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Incapacité à revenir à la ruche (<i>reduced homing ability</i> (10)) et décès des butineuses; ➤ Vieillesse précoce des nourricières et début prématuré des fonctions de butineuses; ➤ Diminution de l'espérance de vie des abeilles adultes. <p><i>Chez la colonie :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Réduction de la population d'abeilles nourricières; ➤ Déclin de la population d'abeilles; ➤ Remérage par supersédure de la reine; ➤ Déclin du couvain et de sa production; ➤ Déclin de la production de miel et de son entreposage; ➤ Dépopulation de la ruche et effondrement de la colonie lors d'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 mais, 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 péristaltisme² intestinal fait ensuite éclater la cellule, ce qui libère son contenu dans la lumière de l'intestin moyen. Les spores peuvent alors soit germer et infecter de nouvelles cellules, ou alors 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 horizontale³ et se fait par l'intermédiaire d'aliments, d'eau ou de cadres contaminés, ou alors 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. Cette espèce est aussi retrouvée dans 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 l'identification de la maladie. La présence d'abeilles tolérantes à l'infection dans la colonie peut contribuer au maintien de 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 peuvent donc pas permettre de diagnostiquer 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 de 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*, leur couleur sera d'un blanc laiteux et translucide. Les intestins d'abeilles saines sont plutôt colorés 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.

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.

Un diagnostic clinique de suspicion de nosérose doit être complété par la présence de facteurs prédisposant à la maladie, comme les conditions météorologiques et climatiques, de même que la régie, la gestion du *Varroa destructor*, et les pratiques culturales avoisinantes (notamment l'utilisation de pesticides). Pour les deux types de nosérose, un diagnostic positif doit être confirmé par des analyses de laboratoire comprenant un compte de spores. La méthode d'analyse standard consiste à estimer le nombre de spores dans un échantillon de 50-100 abeilles, puis de 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 le Dr Samuel Boucher, médecin vétérinaire français, pour l'analyse des résultats. Ces seuils sont très différents du seuil de 1 million de spores par abeille longtemps 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	< 1
Faible	1 à 5
Moyenne	5 à 10
Forte	10 à 20
Très forte	> 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'aucun protocole d'échantillonnage ou d'interprétation standard n'existe actuellement à cette fin.

² Péristaltisme : contractions musculaires permettant la progression des aliments dans l'intestin.
³ Transmission horizontale : transmission du pathogène entre les individus d'une même génération alors que la transmission verticale se fait des mères à leur progéniture.

En laboratoire, il est possible d'identifier les spores de *Nosema spp.* par 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 mentionné ci-dessus, l'interprétation est difficile étant donné les limites de cette méthode fastidieuse. Une analyse moléculaire quantitative (qPCR) est également 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'est pas nécessairement corrélé avec une colonie malade et vice versa. En somme, il faut considérer l'ensemble de ces facteurs dans son raisonnement 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 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 quant à la nosérose. Il est donc important de rappeler que cette maladie peut être contrôlée 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) favorisant 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 adéquatement 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 affaiblissant 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.

Au niveau de 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. Le sirop de saccharose serait aussi préférable au sirop de maïs (15). Le nourrissage tardif et les visites longues à l'automne sont aussi à proscrire, comme 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 à 3 vieux cadres par ruche pour les remplacer par des cadres neufs. Idéalement, le lève-cadre, la brosse et les gants doivent être désinfectés entre deux ruches dans la mesure du possible. Concrètement, il vaut mieux éviter l'utilisation d'une brosse et minimiser les risques de contamination entre ruchers. La fumigation à l'acide acétique est aussi efficace pour tuer les spores de *Nosema spp.* dans le matériel apicole infecté (18).

Spécifiquement pour le contrôle de *N. ceranae*, 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 ayant des 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 de 1 million de spores par abeille. Pour éviter sa dégradation et maximiser son efficacité, il ne faut pas mélanger la fumagilline à du sirop trop chaud ni l'exposer à la lumière du soleil. La fumagilline est efficace sur les deux espèces de *Nosema* (19). À faible dose, la fumagilline 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 (*rebound effect*) (14, 19, 21). Pour ces raisons, les méthodes alternatives de contrôle et de prévention de la nosérose devraient être privilégiées au traitement chimique à l'aide de 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 davantage de recherche est nécessaire sur le sujet (22). La seule compagnie qui produisait la fumagilline a cessé ses activités en juin 2018, il n'est donc actuellement plus possible de se la procurer au Canada, bien que des récentes informations laissent 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 alternatifs sont disponibles 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 al., Nozevit et ApiX (testés en Europe) sont plus efficaces qu'Api Herb (commercialisé en Europe) dans la réduction de 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 évalué l'efficacité du thymol administré dans du sirop pour contrôler la maladie, et sa conclusion était que le thymol n'avait aucun effet sur la nosérose, et même qu'il affectait 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, il a été démontré que l'acide acétique (matière active du vinaigre) était inefficace sur le nombre de spores en laboratoire et sur le terrain (26). Nanetti et coll. mentionnent l'acide oxalique dans le sirop comme un traitement alternatif 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. 2016.** Maladies des abeilles. Édition France Agricole. Paris. 259 p. (Agriproduction).
2. **Pernal, S.F. et H. Clay. 2015.** Mycoses. Pages 15-20, dans *Maladies et organismes nuisibles de l'abeille domestique*, 3^e édition. Association canadienne des professionnels de l'apiculture, Beaverlodge (Alberta), 76 p.
3. **Vidal-Naquet, N. 2015.** Honeybee veterinary medicine: *Apis mellifera* L. First Ed. Sheffield, United Kingdom, 5M Publishing. 260 p.
4. **Rangel, J., K. Baum, W.N. Rubink, R.N. Coulson, J.S. Johnston et B.E. Traver. 2016.** Prevalence of *Nosema* species in a feral honey bee population: a 20-year survey. *Apidologie* 47(4): 561-571.
5. **Bromenshenk, J.J., C.B. Henderson, C.H. Wick, M.F. Stanford, A.W. Zulich, R.E. Jabbour et coll. 2010.** Iridovirus and microsporidian linked to honey bee colony decline. *PLoS ONE* 5(10): e13181.
6. **Maes, P.W., P.A. Rodrigues, R. Oliver, B.M. Mott et K.E. Anderson. 2016.** Diet related gut bacterial dysbiosis correlates with impaired development, increased mortality and *Nosema* disease in the honey bee (*Apis mellifera*). *Molecular Ecology* 25(1): 5439-5450.
7. **Retschnig, G., G.R. Williams, A. Schneeberger et P. Neumann. 2017.** Cold ambient temperature promotes *Nosema* spp. intensity in honey bees (*Apis mellifera*). *Insects* 8(1): E20.
8. **Emsen, B., E. Guzman-Novoa, M.M. Hamiduzzaman, L. Eccles, B. Lacey, R.A. Ruiz-Pérez et M. Nasr. 2015.** Higher prevalence and levels of *Nosema ceranae* than *Nosema apis* infections in Canadian honey bee colonies. *Parasitology Research* 115(1): 175-181.

9. **Ptaszynska, A.A., J. Paleolog et G. Borsuk. 2016.** *Nosema ceranae* infection promotes proliferation of yeasts in honey bee intestines. PLoS ONE 11(10): e0164477.
10. **Wolf, S., D.P. McMahon, K.S. Lim, C.D. Pull, S.J. Clark, R.J. Paxton et J.L. Osborne. 2014.** So near and yet so far: Harmonic radar reveals reduced homing ability of *Nosema* infected honeybees. PLoS ONE 9(8): e103989.
11. **Sokół, R. et M. Michalczyk. 2016.** Detection of *Nosema* spp. in worker bees, pollen and bee bread during the honey flow season. Acta Veterinaria Brno 85(3) : 261-266.
12. **Kurze, C., C. Mayack, F. Hirche, G.I. Stangl, Y. Le Conte, P. Kryger et R.F. Moritz. 2016.** *Nosema* spp. infections cause no energetic stress in tolerant honeybees. Parasitology Research 115(6): 2381-2388.
13. **Botías, C., R. Martín-Hernández, L. Barrios, A. Meana et M. Higes. 2013.** *Nosema* spp. infection and its negative effects on honey bees (*Apis mellifera iberiensis*) at the colony level. Veterinary Research 44(1): 25.
14. **Holt, H.L. et C.M. Grozinger. 2016.** Approaches and challenges to managing *Nosema* (Microspora: Nosematidae) parasites in honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. Journal of Economic Entomology 109(4): 1487-1503.
15. **Tremblay, N. et G. Martin. 2011.** 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). Projet MAPAQ, CRSAD, FAQ, 21 p. En ligne : www.crsad.qc.ca/uploads/tx_centrecherche/Rapport_final_nourrissage_automnal__09-C-65_.pdf
16. **MacInnis, C.I. 2017.** *Nosema ceranae*: A sweet surprise investigating the viability and infectivity of the honey bee (*Apis mellifera* L.) parasite *N. ceranae*. Master of Science thesis, University of Alberta. 106 p. En ligne : <https://doi.org/10.7939/R3BG2HQ5K>
17. **Fleming, J.C., D.R. Schmehl et J.D. Ellis. 2015.** Characterizing the impact of commercial pollen substitute diets on the level of *Nosema* spp. in honey bees (*Apis mellifera* L.). PLoS ONE 10(7): e0132014.
18. **Kelly, P. 2019.** Fumigating with acetic acid to decontaminate brood chambers, Tips Tricks and Tools, University of Guelph. En ligne : www.uoguelph.ca/honeybee/education-fumigation.shtml
19. **Higes, M., M.J. Nozal, A. Alvaro, L. Barrios, A. Meana, R. Martín-Hernández, J.L. Bernal et J. Bernal. 2011.** The stability and effectiveness of fumagillin in controlling *Nosema ceranae* (Microsporidia) infection in honey bees (*Apis mellifera*) under laboratory and field conditions. Apidologie 42(3): 364-377.
20. **Huang, W.-F., L.F. Solter et P.M. Yau. 2013.** *Nosema ceranae* escapes Fumagillin control in honey bees. PLoS Pathogens 9(3): e1003185.
21. **Oliver R. 2019.** *Nosema ceranae*—not your father's nosema! En ligne dans Scientific Beekeeping : <http://scientificbeekeeping.com/nosema-ceranae-not-your-fathers-nosema/>
22. **Gisder, S. et E. Genersch. 2015.** 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. 10(2): e0117200.
23. **Michalczyk, M., R. Sokół et S. Koziatek. 2016.** Evaluation of the effectiveness of selected treatments of *Nosema* spp. infection by the hemocytometric method and duplex PCR. Acta Veterinaria-Beograd 66 (1): 115-124.
24. **Maistrello, L., M. Lodesani, C. Costa, F. Leonardi, G. Marani, M. Caldon et al. 2008.** Screening of natural compounds for the control of nosema disease in honeybees (*Apis mellifera*). Apidologie 39(4): 436-445.
25. **Dubreuil, P. 2018.** Évaluation du thymol administré dans le sirop de nourrissage afin de contrôler les comptes du parasite *Nosema* spp dans des ruches de la Montérégie. Faculté de médecine vétérinaire, UdeM. 30 p. www.agrireseau.net/documents/Document_98889.pdf
26. **Forsgren, E. et I. Fries. 2019.** Acidic food and *nosema* disease. Standing Commission of Bee Pathology, 5 p. www.fiitea.org/foundation/files/219.pdf
27. **Nanetti, A., C. Rodriguez-García, A. Meana, R. Martín-Hernández et M. Higes. 2015.** Effect of oxalic acid on *Nosema ceranae* infection. Research in Veterinary Science 102: 167-172.

Charlotte Nury est étudiante en médecine vétérinaire et employée comme étudiante au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ).

Julie Ferland, médecin vétérinaire, est responsable provinciale en apiculture au MAPAQ.