



Dynamique de l'eau dans

la colonie d'abeilles (*A. mellifera*) : suivi à hautes températures

Suite au dérèglement climatique, les périodes prolongées de forte chaleur s'intègrent petit à petit dans notre quotidien, mais également dans le quotidien des abeilles. Une équipe scientifique a étudié l'impact de ces épisodes de chaleur sur l'utilisation de l'eau collectée par la colonie.

Introduction

« Si les mécanismes de collecte de l'eau sont relativement bien étudiés, le devenir de l'eau au sein de la colonie reste peu connu. » Or, l'eau est essentielle au développement de la colonie : elle est notamment utilisée pour (1) hydrater les abeilles, (2) produire de la bouillie larvaire et (3) thermoréguler le couvain. L'étude présentée dans cet article s'intéresse à la physiologie de l'eau^a et permet de comprendre comment l'eau récoltée par les abeilles est utilisée pour assurer ces 3 grands rôles au sein de la colonie. Plus précisément, l'étude se concentre sur la thermorégulation afin de tenter de mieux comprendre l'impact que les vagues de chaleur intenses et prolongées peuvent avoir sur la survie de ces colonies.

Méthodologie

L'étude a été menée au centre de recherche de l'INRAE d'Avignon pendant deux semaines, du 31 mai au 15 juin 2021. L'unique colonie* a été installée dans le dispositif expérimental deux jours avant le début de l'expérience afin de lui permettre de se familiariser avec l'environnement proposé (Figure 1). Pendant toute la durée de l'expérience, la colonie a été nourrie à volonté avec de la pâte à sucre et du pollen.

* Cette étude ayant été menée sur une seule colonie, il convient donc d'interpréter ses résultats avec prudence. Cependant, les résultats obtenus restent cohérents avec ceux d'études antérieures.

Afin d'étudier la physiologie de l'eau et de caractériser la consommation en eau au sein de la colonie, les scientifiques ont évalué différents paramètres. D'abord, afin de caractériser cette consommation et la répartition entre les différents rôles cités, le nombre d'abeilles et de cellules de couvain ouvertes se trouvant dans la colonie ont dû être estimés à l'aide d'une méthode standardisée (ColEval).

1. La récolte de l'eau par les abeilles

La collecte quotidienne de l'eau par la colonie a été mesurée en pesant les récipients d'eau lors de leur remplissage et à la fin de chaque journée, à l'aide d'une balance portable. La température ambiante à l'intérieur du tunnel expérimental a été enregistrée toutes les 15 minutes.

2. La dynamique de l'eau chez les abeilles

Les scientifiques ont utilisé une solution d'eau marquée au deutérium^b, permettant de tracer l'utilisation de l'eau à la fois au niveau individuel et au niveau de la colonie. En effet, en utilisant ce marqueur stable, les scientifiques peuvent étudier l'incorporation et l'élimination du deutérium, reflétant directement l'incorporation et l'élimination de l'eau dans le métabolisme des abeilles.

Cette solution a donc été fournie à la colonie durant une semaine, puis

^a La physiologie est l'étude du fonctionnement biologique des organes et tissus. (c) Larousse
La physiologie de l'eau reprend le rôle, la répartition et la régulation de l'eau dans l'organisme.

^b Un isotope stable de l'hydrogène. Lors de la dilution de l'oxyde de deutérium (D2O) dans l'eau, la concentration obtenue était de $0,0178 \pm 0,0002 \text{ AT}_{(99)}$

a été remplacée par de l'eau du robinet durant la 2ème semaine. Les échantillons ont été prélevés quotidiennement et la concentration en deutérium a été mesurée. Des modèles statistiques ont ensuite été utilisés pour estimer les vitesses d'accumulation et d'élimination du deutérium, et donc de l'eau, au sein de la colonie.

Les scientifiques justifient l'échantillonnage des têtes d'abeilles en expliquant ce choix par le positionnement des glandes impliquées dans la production de la bouillie larvaire. De cette manière, ils ont pu comparer la dynamique de l'eau dans la tête et dans la bouillie, permettant la mise en place d'une certaine corrélation entre les deux. De plus, ils avaient privilégié le prélèvement d'abeilles nourricières, ces dernières étant responsables de la production de bouillie larvaire.

3. La dynamique de l'eau pour la production de bouillie larvaire

Les scientifiques ont également étudié la dynamique de l'eau au sein de ces matrices particulièrement riches en eau (70% et 90%, respectivement). Les échantillons de bouillie larvaire et d'œufs ont donc été prélevés quotidiennement à 10h00 pendant les 14 jours de l'expérience. La quantité d'eau utilisée pour la production de bouillie a ensuite été estimée à partir des concentrations en deutérium détectées dans la bouillie.

4. La dynamique de l'eau pour la thermorégulation

La quantité d'eau utilisée pour la thermorégulation a été estimée comme étant : *Quantité d'eau collectée quotidiennement - Quantité d'eau utilisée pour la bouillie larvaire.*

5. Les scientifiques ont également étudié le taux de renouvellement de l'eau chez les abeilles adultes. Le taux de renouvellement de l'eau est un indicateur physiologique qui correspond au remplacement de l'eau corporelle perdue au cours d'une période donnée. Ce taux reflète la façon dont les organismes gèrent leur métabolisme hydrique en fonction des conditions environnementales : il diminue proportionnellement à la diminution de l'activité métabolique et de la masse corporelle.

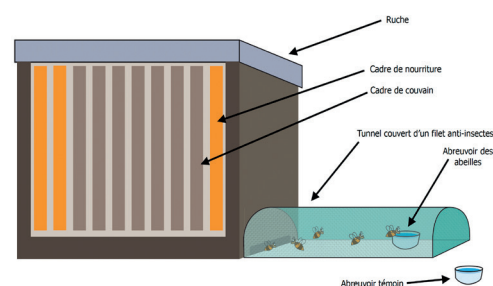


Figure 1 : Schématisation du dispositif expérimental semi-naturel

Résultats et discussion

Étude de la dynamique de l'eau chez les abeilles, la bouillie larvaire et les œufs

Selon la méthode utilisée (ColEval), la colonie étudiée comptait en moyenne $22\,302 \pm 1798$ abeilles adultes et $22\,281 \pm 7868$ cellules de couvain, dont la moitié étaient des cellules ouvertes. La température ambiante moyenne était de $25,8 \pm 2,4^\circ\text{C}$, avec une température maximale de $34,8 \pm 3,0^\circ\text{C}$. La collecte d'eau quotidienne moyenne était de 897 ± 245 mL d'eau, ce qui correspond à une quantité cumulée d'eau collectée par la colonie de 5 à 7,5 litres d'eau après exposition à la solution de deutérium et à l'eau pure, respectivement.

Comme l'illustre le **Tableau 1**, les concentrations en deutérium extraites des têtes d'abeilles et de la bouillie larvaire étaient, respectivement, environ 60 et 66 fois supérieures aux concentrations « témoins ». La concentration en deutérium provenant des œufs était 25 fois supérieure à la concentration « témoin » tandis que la concentration en deutérium des tissus était, quant à elle, 10 fois supérieure à la concentration « témoin ».

Tableau 1 : Concentrations en deutérium de l'eau extraite de différents éléments (tête, tissus, bouillie et œufs)

Échantillons	Concentration obtenue	Concentration « témoin »	Comparaison
Hydratés (tête)	$1,02 \pm 0,17 \text{ AT}_{(‰)}$ *	$0,018 \pm 0,0005 \text{ AT}_{(‰)}$	60x supérieure
Déshydratés (tissus)	$0,18 \pm 0,05 \text{ AT}_{(‰)}$	$0,0173 \pm 0,0004 \text{ AT}_{(‰)}$	10x supérieure
Bouillie larvaire	$0,0161 \pm 0,0001 \text{ AT}_{(‰)}$	$1,06 \pm 0,03 \text{ AT}_{(‰)}$	66x supérieure
Œufs	$0,0178 \text{ AT}_{(‰)}$	$0,06 \text{ AT}_{(‰)}$	25x supérieure

* Ces résultats sont exprimés en pourcentage atomique ($\text{AT}_{(‰)}$) qui représente le rapport entre le nombre d'atomes de deutérium et le nombre total d'atomes d'hydrogène.

À partir de l'accumulation en deutérium observée, les scientifiques ont estimé la consommation d'eau journalière des abeilles à $24,3 \pm 5,1$ microlitres par abeille. Ce résultat concorde avec ceux de *Sousa et al. (2022)* qui avait mesuré la consommation d'eau journalière des abeilles en conditions de laboratoire (34°C et 56 % d'humidité relative) et obtenu une consommation journalière variant de $20,6 \pm 0,66$ microlitres à $25,6 \pm 0,70$ microlitres par abeille.

Les résultats de cette étude ont révélé des profils similaires entre les extraits de têtes d'abeilles et de bouillie larvaire. En outre, ils ont également montré des dynamiques similaires entre l'eau rapportée à la colonie et celle retrouvée dans la bouillie. Cette observation soulève un questionnement auprès des auteurs, concernant le transfert de substances nocives de l'environnement vers les larves, par la récolte d'une eau contaminée. *Des recherches complémentaires devront être réalisées afin d'approfondir la compréhension de ce phénomène et ainsi identifier les risques de contamination.*

Effet de la température sur la consommation d'eau

À l'échelle de la colonie, la température ambiante n'a pas affecté la quantité d'eau consommée quotidiennement par les abeilles adultes (542 ± 103 mL). Elle n'a également pas affecté la quantité quotidienne utilisée pour la production de la gelée larvaire (51 ± 11 mL). Cependant, au-delà de $32,5^\circ\text{C}$, la quantité d'eau quotidienne utilisée pour la thermorégulation a fortement augmenté. Entre $32,5$ et $37,5^\circ\text{C}$, la quantité d'eau utilisée pour la thermorégulation a été multipliée par huit, passant de 66 ± 35 mL à 530 ± 82 mL (**Figure 2**).

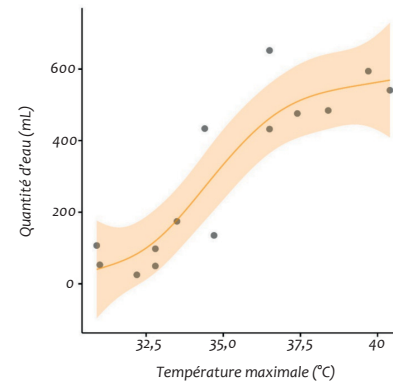


Figure 2 : Influence de la température maximale journalière sur la quantité d'eau supposée être utilisée quotidiennement par la colonie pour la thermorégulation. Les points représentent la quantité d'eau consommée quotidiennement pour la thermorégulation. Les lignes et la zone ombrée représentent, respectivement, la réponse prédite et ses intervalles d'incertitude.

À 32°C , les abeilles consommaient environ 80 % de l'eau collectée par la colonie en 24 heures, tandis que 10 % étaient utilisés pour la production de gelée larvaire et 10 % supplémentaires pour la thermorégulation du couvain. Au-delà de $32,5^\circ\text{C}$, la quantité d'eau utilisée pour la thermorégulation augmentait fortement avec la température tandis que la quantité d'eau utilisée pour les deux autres rôles ne variait plus (**Figure 3**). En revanche, au-dessus de 37°C , la quantité d'eau utilisée pour la thermorégulation n'augmentait plus autant, voire tendait à se stabiliser.

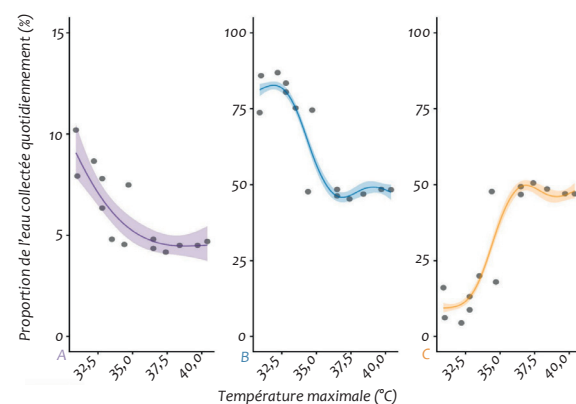


Figure 3 : Effet de la température maximale journalière sur la consommation d'eau journalière de la colonie. Cette figure représente la part de la collecte journalière utilisée pour la production de bouillie par les ouvrières (A), celle consommée par les abeilles (B) et celle supposée servir à la thermorégulation (C). Les lignes et la zone ombrée représentent, respectivement, la réponse prédite et ses intervalles d'incertitude.

Ces résultats indiquent qu'environ la moitié de l'eau collectée quotidiennement par la colonie est consommée par les abeilles. L'autre moitié, supposément utilisée pour la thermorégulation varie en fonction des températures, la proportion d'eau utilisée pour la production larvaire peut, selon les résultats, diminuer jusqu'à 5 %.

En tant qu'insectes nectarivores, les abeilles doivent gérer l'excès d'eau apporté par le nectar qui présente une teneur moyenne en eau de 60%¹. Pour compenser cet excès, les insectes nectarivores subissent généralement une perte d'eau équivalente. En supposant une teneur en eau de 9,2 microlitres par tête et un taux de perte de 0,92 %/heure ; le taux de renouvellement de l'eau dans la tête a été estimé à 2,0 microlitres par jour, ce qui représente environ 8% de la consommation journalière d'eau, elle-même estimée à 24,3 microlitres par abeille. Ainsi, dans le cadre de cette étude, les abeilles semblent avoir renouvelé environ 8% de leur eau corporelle par jour.

Selon d'autres scientifiques², les arthropodes terrestres, dont font partie les abeilles, présentent un taux de perte variant entre 0,8 et 2 %/heure. Par conséquent, le résultat obtenu dans cette étude semble concordant. Toutefois, il a pu être influencé par les conditions semi-naturelles de l'expérience. En effet, dans le cadre de cette étude, la colonie a été alimentée artificiellement avec des aliments qui présentent tous deux une teneur en eau de 20%, soit une teneur réduite par rapport à celle du nectar. Ainsi, cette différence peut avoir allégé le travail des abeilles dans la gestion de l'excès d'eau dans leur alimentation ce qui, *in fine*, pourrait avoir influencé le taux de perte.

Conclusion

Cette étude apporte un nouvel éclairage sur l'utilisation de l'eau par les colonies d'abeilles. Actuellement, notre compréhension de cette relation demeure insuffisante dans le contexte du dérèglement climatique et de la pollution anthropique des ressources en eau. Il est donc urgent, selon les auteurs, d'approfondir nos connaissances sur cette relation afin de mieux appréhender la capacité d'adaptation des abeilles face à ces menaces. Au-delà de l'étude présentée dans cet article, l'étude de l'utilisation de l'eau par les colonies durant d'autres saisons et des facteurs influençant la quantité d'eau collectée et utilisée pour la thermorégulation de la colonie permettraient de mieux appréhender la dynamique de l'utilisation de l'eau en fonction des différentes conditions. Cette étude permettrait également de déterminer la résilience de la thermorégulation face à l'augmentation des températures.

Mot de la fin

Cette étude démontre l'utilisation de l'eau récoltée par les abeilles et l'impact de fortes chaleurs sur la répartition de l'utilisation de l'eau. Bien que les résultats concordent avec d'autres études antérieures, cette expérience se concentre uniquement sur une colonie étudiée. D'autres études reprenant plusieurs colonies permettraient de confirmer ces observations et d'assurer une meilleure fiabilité.

Si la thématique vous intéresse, vous pouvez retrouver l'étude dans son entièreté grâce à ce lien : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022191026000600>

¹ Pamminer T. et al. (2019)

² Benoit J.B. et al. (2010)