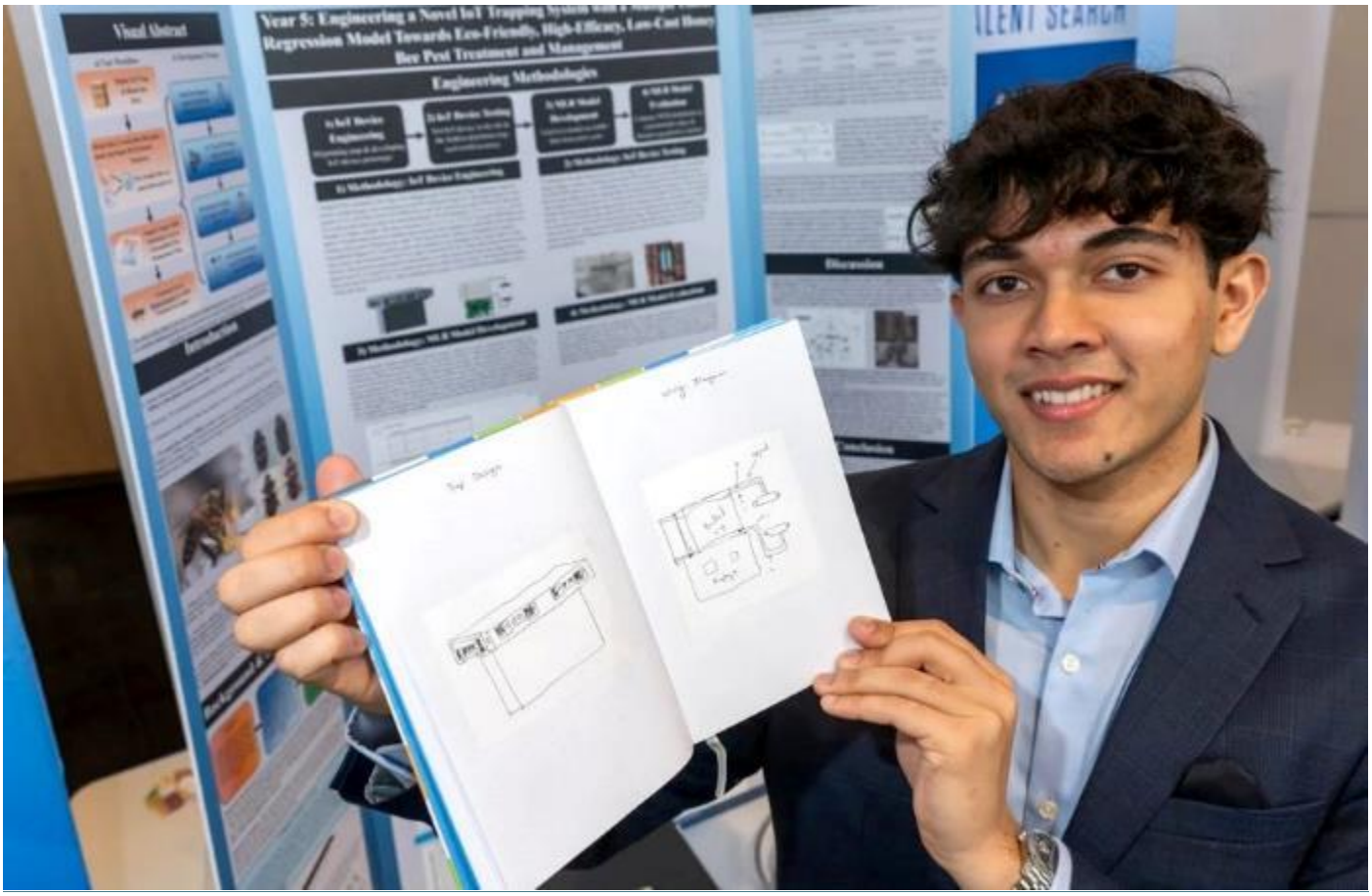
# Un piège intelligent pour le petit coléoptère des ruches Aethina tumida




**Parmi les menaces émergentes pesant sur les colonies d'abeilles, le petit coléoptère de la ruche (*Aethina tumida*) suscite une vigilance élevée. Originaire d'Afrique subsaharienne et désormais présent sur plusieurs continents, ce ravageur compromet la viabilité des colonies, particulièrement dans les environnements chauds et humides.**

Dans ce contexte, le projet innovant d'un jeune américain, Atreya Manaswi, attire l'attention de la communauté scientifique et apicole. À seulement 19 ans, ce lycéen finaliste du prestigieux concours Regeneron Science Talent Search 2025 (voir encadré) a conçu un piège autonome capable de détecter, capturer et prédire les infestations de coléoptères grâce à un sous-ensemble d'intelligence artificielle (modèle de régression linéaire multiple (MLR)[1]) — une approche novatrice à la croisée de la biologie, de la technologie et de l'écologie.

💡**Encadré — Regeneron Science Talent Search & Atreya Manaswi**

Le **Regeneron Science Talent Search (STS)** est une compétition scientifique hautement sélective réservée aux élèves de terminale aux États-Unis. Créé en 1942, sous l'appellation *Westinghouse Science Talent Search*. Ce concours est souvent qualifié de « Super Bowl de la science », tant par sa longévité que par la réussite de ses anciens participants, parmi lesquels on compte des Nobel et des professionnels de renom .

Plus de **2 000 projets** sont soumis chaque année dans des domaines variés (sciences naturelles, mathématiques, ingénierie). Parmi eux, **300 élèves deviennent « Scholars »**, chacun recevant une bourse de 2 000 $, puis **40 sont sélectionnés comme finalistes** et invités à Washington D.C. pour défendre leur projet devant un jury d'experts. Les finalistes sont en lice pour des prix pouvant atteindre **250 000 $** pour le premier rang, le concours distribuant en tout entre 1,8 et 3,1 millions de dollars .

Parmi les **finalistes 2025**, figure donc **Atreya Manaswi**, scolarisé à l'Orlando Science High School, Floride. Invité à présenter son travail à Washington, Atreya incarne cette nouvelle génération de jeunes chercheurs qui allient **innovation technique, rigueur scientifique et impact environnemental**.

**Une menace silencieuse mais bien installée**

Le petit coléoptère de la ruche (*Aethina tumida*) a été identifié pour la première fois en Amérique du Nord à la fin des années 1990. Depuis, il a colonisé plusieurs régions subtropicales et tempérées, causant des dommages économiques et sanitaires dans les colonies mal surveillées. L'insecte adulte, discret et mobile, pénètre dans la

ruche pour y pondre. Ses larves se nourrissent du couvain, du miel et du pain d'abeilles, tout en dégradant les rayons. Les sécrétions fermentées qu'elles produisent rendent le miel impropre à la consommation, entraînant parfois l'abandon de la ruche par la reine.

**Aethina tumida : une menace grandissante**
Philippe Royer
.
12 novembre 2024

**Read full story**

Face à cette pression, les apiculteurs nord-américains ont peu de solutions véritablement efficaces. Les traitements chimiques autorisés exposent les colonies à des résidus et ne sont pas toujours ciblés. En Europe, plusieurs foyers ont été détectés en Calabre dès 2014, justifiant un dispositif de surveillance strict. Le contexte climatique actuel, marqué par des hivers doux et des étés humides, pourrait faciliter une expansion future du parasite. Prévenir sa dissémination passe aussi par l'innovation dans les outils de détection.

Ruche contenant le petit coléoptère des ruches (*Aethina tumida*) à l'aéroport de Kahului, Maui (Hawaï), le 31 juillet 2018. C.C.A 3.0. Forest & Kim Starr

**Une approche fondée sur la biologie du ravageur**

Le projet d'Atreya Manaswi, repose sur une intuition simple : si les coléoptères sont attirés par l'odeur des ruches affaiblies ou en fermentation (voir encadré), il doit être possible de les piéger en reproduisant ces signaux volatils. Pour cela, le jeune chercheur a expérimenté plusieurs formulations à base de bière fermentée, jusqu'à élaborer un appât olfactif lipophile imitant les composés volatils émis lors de la dégradation du miel.

Leurre biologique avant tout, cet appât attire sélectivement les *A. tumida*, sans effet sur les abeilles adultes. Le principe n'est pas inédit en lutte intégrée, mais l'innovation réside dans l'intégration de ce système au sein d'un dispositif intelligent, capable de mesurer et d'analyser les entrées de coléoptères en temps réel.

**Encadré – Odeurs qui attirent *Aethina tumida* : une colonie affaiblie, un signal olfactif fort**

Le petit coléoptère de la ruche s'oriente principalement grâce aux **composés volatils** émis par les colonies d'abeilles, en particulier celles en **détresse** ou **déjà infestées**. Plusieurs sources d'odeurs ont été identifiées comme **hautement attractives** :

- **Phéromones d'abeilles stressées**, notamment l'**acétate d'isoamyle** (odeur de banane), un kairomone détecté à distance par les coléoptères.
- **Pollen et miel fermentés**, transformés par des levures telles que *Kodamaea ohmeri*, qui libèrent des **alcools amyliques** (3-méthyl-1-butanol) et des **esters fruités** (butyrate d'éthyle, éthyl propionate, etc.).
- **Résidus de ruche vieillissants** (slumgum, cire noire, opercules souillés) émettant un signal olfactif de ruche dégradée.
- **Mélanges de fermentation** à base de banane, vinaigre, sucre et eau reproduisent efficacement ces signaux dans les pièges artisanaux.

En revanche, le **couvain seul** ou la **cire propre** n'exercent pas d'attrait olfactif notable. L'**efficacité des pièges** repose sur la capacité à **imiter la signature olfactive** d'une colonie vulnérable : fermentation active, stress des abeilles, résidus alimentaires dégradés.

**Un piège autonome et instrumenté**

Le prototype mis au point repose sur un piège imprimé en 3D, alimenté par énergie solaire, et doté de capteurs de passage infrarouges. À chaque entrée d'un coléoptère, le signal est enregistré, horodaté, et transmis à une interface numérique. L'objectif n'est pas seulement de capturer, mais d'informer. Les données sont ensuite traitées par un algorithme d'apprentissage automatique, conçu pour repérer les dynamiques d'infestation à partir de plusieurs variables environnementales : température, humidité, localisation, saison.

Les premiers résultats, communiqués dans le cadre du concours Regeneron STS 2025, sont importants. Le piège aurait permis de capturer plus de 99 % des individus introduits dans le cadre d'un protocole expérimental, tandis que le modèle prédictif atteindrait une fiabilité de 94 % dans l'anticipation des vagues d'infestation. Ces chiffres, bien que provisoires, témoignent d'un degré d'efficacité rarement atteint dans la lutte contre *A. tumida*.

**poster scientifique d'Atreya Manaswi pour le Regeneron Science Talent Search 2025**

529KB · PDF file

Année 5 : Conception d'un système de piégeage IoT innovant, associé à un modèle de régression linéaire multiple, pour une lutte écologique, efficace et peu coûteuse contre les ravageurs des abeilles.

**Vers une aide à la décision intégrée**

L'intérêt de ce système dépasse la seule détection. Il ouvre la voie à une prise de décision plus rationnelle et localisée, en fonction du risque réel d'infestation. L'apiculteur, via l'application mobile couplée au piège, reçoit des alertes contextualisées et peut ajuster sa stratégie en conséquence. Cela peut impliquer le retrait de colonies affaiblies, la réduction de l'humidité dans certains ruchers, ou l'isolement de zones à risque.

L'interface a été pensée pour rester accessible à des utilisateurs non spécialistes, avec des recommandations visuelles et un tableau de bord simplifié. Une telle approche correspond à une tendance plus large dans le secteur : celle de l'**apiculture assistée par données**, déjà présente dans certains outils de pesée connectée ou de capteurs acoustiques, mais encore peu appliquée aux parasites.

**Un dispositif reproductible mais à valider**

Le piège conçu par Atreya Manaswi n'est pas encore disponible à la vente. Son fondateur envisage une diffusion en "open source", permettant à d'autres apiculteurs ou chercheurs de reproduire le dispositif, voire de l'adapter à d'autres contextes. La fabrication par impression 3D, combinée à des composants électroniques standards (capteurs, Raspberry Pi, alimentation solaire), le rend accessible à faible coût dans des structures éducatives ou des exploitations pilotes.

# Year 5: Engineering a Novel IoT Trapping System with a Multiple Linear Regression Model Towards Eco-Friendly, High-Efficacy, Low-Cost Honey Bee Pest Treatment and Management

## Introduction

- Honey bees (*Apis mellifera*) perform **80% of global crop pollination** and **contribute $183 billion to the global economy annually**. However, US commercial hives are dying at an alarming rate of ~ 50% annually.
- The **small hive beetle (SHB)**, *Aethina tumida*, is a **major, virulent pest of the honey bee**. SHBs are new, invasive, and reproduce uncontrollably causing hive death in a mere week if not treated. SHBs consume bee eggs, brood, pollen, and honey, defecate in the hive, and transmit many diseases.
- SHBs also significantly stress both strong and weak hives, greatly worsening the effects of external stressors such as malnutrition, pesticides, immunodeficiencies, inadequate foraging availabilities, and climate change which ultimately kills bees.
- Presently, leading SHB treatments are chemical-based, such as the leading commercial and **only EPA-approved in-hive chemical treatment: coumaphos**. Coumaphos poses significant health and environmental risks. High coumaphos traces (up to 98%) have been found in honey, wax, and propolis.

## Background

**Research Background:** For the first three years, this project focused on developing a highly effective, low-cost, and organic alternative to pesticides for SHB treatment. **A novel blend bait was created based on the volatile composition of beer.** The treatment was successfully tested in the lab setting, field setting, and even in a comparative field trial against coumaphos, the leading commercial pesticide for SHB treatment. **The blend proved equally as effective as coumaphos while being 4754 times cheaper.**

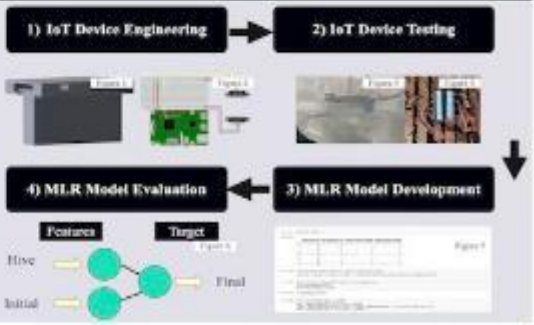
**Research Problem:** After surveying multiple beekeepers, another problem emerged. Despite its high-efficacy and low-cost, the blend (and all existing SHB treatments) require significant field labor and are time intensive. Moreover, they do not provide beekeepers insight into long-term hive-health which can lead to poor pest management and weak/dead hives. They also lead to material waste due to their highly disposable nature.

## Research Claim

**CURRENT PROJECT CLAIM**

This year's focus was developing an easy-to-use system (using the previously developed blend) that also provides data on future pest infestations. A 3D-printed IoT trap was engineered to store the attractant blend. This trap automatically records SHB capture counts and is reusable, reducing field labor and cost. A multiple linear regression (MLR) model was also developed to analyze SHB counts from the IoT trap instantly. The algorithm predicts future SHB counts. An iOS application is being developed to personalize integrated pest management (IPM) plans for any hive scenario. This system is called **BeetleGuardAI.**

## Methodologies




## Results

Fig 7: In-Vitro Trap Testing Assays

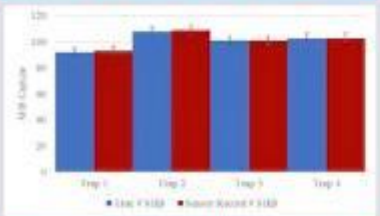


Fig 8: Field Trap Testing

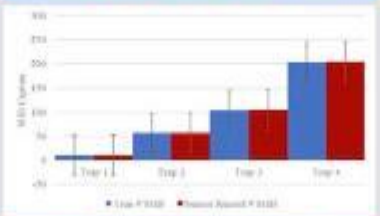


Fig 9: Field Trial Raw Beetle Capture Data

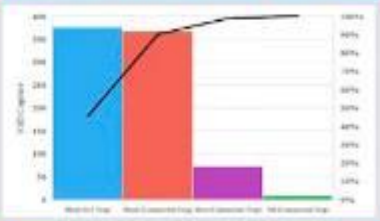


Fig 10: True Capture vs. MLR Predicted Capture

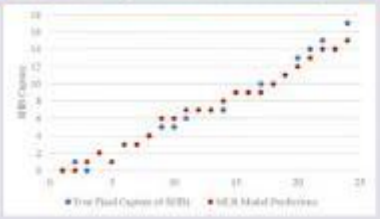


Fig 11: Histogram of MLR Residuals

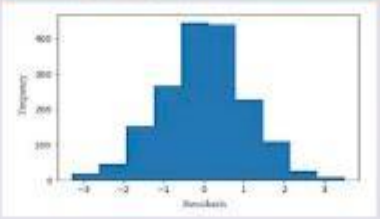
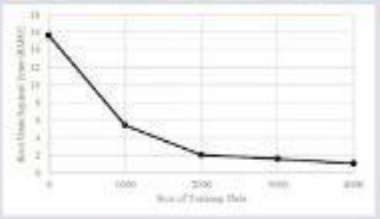


Fig 12: Root Mean Squared Error Over Time



## Conclusion

- The data indicate that **BeetleGuardAI** can treat pest infestation just as effectively as the leading pesticide with high-accuracy while providing insight into future hive health. Coumaphos (gold standard for SHB treatment) has many health, environmental, and hive contamination risks. BeetleGuardAI is 4754X cheaper than coumaphos, saving the global industry $5.2 billion annually. This technology poses none of these risks and is **(1) low-cost (2) easy-to-use (3) eco-friendly and (4) personalized to each hive scenario.**
- After speaking with multiple beekeepers, it became apparent that a centralized dashboard to monitor **BeetleGuardAI** would be useful. To satisfy this need, the blend, IoT trap, and MLR model are currently being integrated into a user-friendly iOS application. This will allow beekeepers/farmers to instantly predict future SHB counts, incorporate pest management plans suggested by the app, and monitor apiaries remotely.

## Future Work

I'm very excited about the positive results I have achieved thus far. I have lots of ideas about future investigation and studies I want to conduct next!

- Applying **continual learning** (CL) algorithms for real-world adaptation such as the changing climate/condition of an apiary with beehives.
- Expanding the model into a Recurrent Neural Network (RNN) to account for **environmental stressors, temporal dependencies, and dynamics** while predicting future SHB populations.
- Creating wireless trap devices that have cellular capabilities to allow for large-scale remote monitoring. Using this system, a beekeeper/farmer would receive SMS text notifications regarding pest infestation levels directly from the mobile application at any location.

***Not yet feasible due to current unavailability of data:***

- Incorporating large scale weather conditions (humidity, rainfall, etc.), longitude/latitude, regional trends, treatment history, etc. data into the model towards modelling/treating pests.

## References


1. Created by finalist using SCAD, 2024.
2. Prescher, S. (2021). Using a Break Beam Sensor with Python and Raspberry Pi. Retrieved from https://simonprescher.de/using-a-break-beam-sensor-with-python-and-raspberry-pi
3. Taken by finalist using iPhone, 2024.
4. Taken by finalist using iPhone, 2024.
5. Created by finalist using Jupyter Notebook, 2024.
6. Created by finalist using word, 2024.
7. Created by finalist using excel, 2024.
8. Created by finalist using excel, 2024.
9. Created by finalist using excel, 2024.
10. Created by finalist using excel, 2024.
11. Created by finalist using excel, 2024.
12. Created by finalist using excel, 2024.


Toutefois, aucune validation indépendante n'a encore été publiée. Plusieurs questions restent ouvertes : quelle est la résistance du piège aux intempéries en conditions de terrain ? Comment évolue la fiabilité des capteurs sur une saison complète ?

Quelles précautions faut-il prendre pour éviter la dérive olfactive vers d'autres espèces non ciblées ? Ces éléments devront faire l'objet d'une évaluation rigoureuse avant un éventuel déploiement à grande échelle.

**Une réponse possible aux impasses actuelles**

Dans les régions fortement touchées par *A. tumida*, notamment en Floride, au Texas ou dans certaines provinces australiennes, les apiculteurs font face à des pertes régulières sans solution curative satisfaisante. Les interventions chimiques, quand elles sont autorisées, posent des problèmes de résidus. Le piégeage passif fonctionne mal en période de forte activité. Le recours à des agents entomopathogènes est encore au stade expérimental.

Un outil prédictif et autonome, combinant piégeage et alerte précoce, pourrait s'inscrire dans une approche de protection intégrée, compatible avec les exigences de la production "Bio". Il permettrait aussi de concentrer les efforts sur les périodes et les ruches les plus exposées, évitant les traitements systématiques.

**Une innovation à surveiller, même en Europe**

Si *Aethina tumida* reste absent de l'essentiel du territoire européen, les flux commerciaux, les évolutions climatiques et les fragilités de certaines colonies pourraient changer la donne. Le cas calabrais de 2014, maîtrisé par des destructions massives de colonies, a montré la difficulté d'intervenir une fois le parasite installé. L'existence d'outils de surveillance automatisée pourrait, dans un avenir proche, devenir un levier important dans les stratégies de biosécurité apicole.

Le projet d'Atreya Manaswi s'inscrit dans cette perspective. Il démontre que les technologies accessibles — impression 3D, capteurs simples, apprentissage machine — peuvent contribuer à renouveler les outils de gestion apicole. Encore faut-il que ces innovations soient testées sur le terrain, documentées dans la littérature, et intégrées à une réflexion plus large sur les interactions entre pathogènes, pratiques de conduite et environnement.

Pour l'instant, ce piège intelligent reste un prototype. Mais il illustre ce vers quoi pourrait tendre l'apiculture de demain : une activité fondée sur l'observation fine, l'autonomie des moyens et la réactivité face aux risques émergents.

**Résumé des points clés**

- **Innovation technologique :** Un piège intelligent imprimé en 3D, alimenté par énergie solaire et équipé de capteurs infrarouges, capable de détecter et capturer le petit coléoptère des ruches.
- **Efficacité prometteuse :** Capture de plus de 99% des coléoptères dans les tests préliminaires, avec un modèle prédictif fiable à 94%.
- **Approche intégrée :** Le dispositif combine piégeage physique et système d'alerte précoce via une application mobile.
- **Attractants ciblés :** Utilisation d'odeurs spécifiques (phéromones d'abeilles stressées, produits fermentés) pour attirer sélectivement les coléoptères.
- **Potentiel open source :** Conception reproductible et accessible grâce à des composants standards et l'impression 3D.
- **Solution aux impasses actuelles :** Alternative aux méthodes chimiques, compatible avec les pratiques biologiques.
- **Validation nécessaire :** Des tests en conditions réelles restent indispensables pour confirmer l'efficacité à long terme.

**Références**


- **Society For Science** : https://www.societyforscience.org/regeneron-sts...
- **Torto, B., Boucias, D. G., Arbogast, R. T., Tumlinson, J. H., & Teal, P. E. A.** (2005). Multifaceted chemical signals mediate host location and recognition in the small hive beetle, *Aethina tumida*. *Naturwissenschaften*, 92(11), 568–572. https://doi.org/10.1007/s00114-005-0059-0
- **Suazo, A., Torto, B., Teal, P. E. A., & Tumlinson, J. H.** (2003). Response of small hive beetles (*Coleoptera: Nitidulidae*) to odor of honey bee, *Apis mellifera*, colonies. *Journal of Apicultural Research*, 42(3), 75–79. https://doi.org/10.1080/00218839.2003.11101184
- **Stuhl, C., O'Hern, R., & Ellis, J. D.** (2020). Attract-and-kill strategy using ethyl esters to manage *Aethina tumida*. *Pest Management Science*, 76(1), 232–239. https://doi.org/10.1002/ps.5531


1

Le MLR n'est pas de l'IA « profonde », mais bien une méthode d'apprentissage automatique, pilier fondateur de l'intelligence artificielle moderne. Dans le cadre du projet d'Atreya Manaswi , le MLR permet au système de prendre des décisions prédictives à partir de données collectées en continu — ce qui constitue une forme d'autonomie algorithmique, caractéristique des systèmes intelligents.