

## Insectariums Target Malaria

Les insectariums sont des laboratoires dans lesquels les moustiques sont conservés, élevés et étudiés en cages. L'étude des moustiques en insectarium permet aux chercheurs d'élucider leur comportement. Le projet Target Malaria s'intéresse particulièrement à la manière dont les moustiques génétiquement modifiés se comportent par rapport aux moustiques de type sauvage.

Il faut bien noter qu'aucun insectarium Target Malaria ne travaille avec le parasite du paludisme, et aucun ne renferme des moustiques femelles infectés par le parasite du paludisme.

### Travail dans les laboratoires et insectariums

À l'heure actuelle, Target Malaria a des laboratoires et insectariums dans les pays suivants : le Royaume-Uni, l'Italie, le Burkina Faso, le Mali, le Ghana et l'Ouganda. Les travaux entrepris à chaque endroit et les moustiques étudiés ne sont pas tous les mêmes.

#### Imperial College London, Royaume-Uni

Le projet Target Malaria a débuté sous la forme d'un programme de recherche universitaire à Imperial College London. Les travaux sont axés sur la création de la modification génétique, qui est créée dans le laboratoire, puis injectée dans les moustiques dans l'insectarium. Le laboratoire et l'insectarium sont deux installations distinctes. Dans le travail réalisé à



Londres, il s'agit d'évaluer si, une fois introduite dans le moustique, il est possible de maintenir la modification génétique sur plusieurs générations dans une population en petite cage (17 cm x 17 cm, ou 30 cm x 30 cm), sans relever aucun impact négatif sur les moustiques.

#### Polo d'Innovazione di Genomica Genetica e Biologia (POLO GGB), Terni, Italie

L'insectarium Target Malaria en Italie est basé au Polo d'Innovazione di Genomica, Genetica e Biologia (PoloGGB), à Terni. Polo GGB collabore avec des universités, des sociétés et des laboratoires de diagnostic depuis 2011, mais cette installation a été construite en 2016 spécialement pour le projet Target Malaria.

L'insectarium renferme quatre « chambres climatiques », équipées d'une technologie d'avant-garde pour reproduire les conditions écologiques naturelles des espèces de moustiques étudiées (régulation et variation précises des niveaux lumineux, de la température et de l'humidité). Dans deux des chambres, les moustiques sont élevés en petite cage standard (0,005 m<sup>3</sup>). Les deux autres chambres sont équipées de 9 grandes cages (jusqu'à 9,2 m<sup>3</sup>) qui sont utilisées pour les expérimentations. Des panneaux coulissants permettent de redimensionner les cages selon les critères spécifiques de chaque étude.

Elles sont assez grandes pour recevoir des milliers de moustiques, ce qui permet d'étudier des populations de moustiques grandes ou petites, dans des conditions aussi proches que possible des conditions en « extérieur », mais en milieu confiné. Les grandes cages permettent aussi d'étudier des paramètres biologiques importants comme l'essaimage et le comportement complexe de reproduction, ce qui ne serait pas possible dans les petites cages.

Le rôle principal du laboratoire de PoloGGB est d'importer d'Afrique les souches de moustiques de type sauvage et de transférer la modification génétique de la souche de laboratoire vers la souche de type sauvage. Nous analysons ensuite le comportement et les caractéristiques des moustiques modifiés Target Malaria, pour déterminer s'ils se comportent comme des moustiques de type sauvage et s'ils pourraient survivre dans la nature. Les données recueillies sur les moustiques modifiés dans ces grandes cages sont comparées avec les informations provenant des équipes d'études entomologiques en Afrique. Ces études sont très importantes pour mieux comprendre la technologie et renseigner le processus réglementaire en vue de l'importation et du lâcher en Afrique.

## Insectariums en Afrique

- **Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso**
- **Malaria Research and Training Center, Université des Sciences Techniques et Technologiques de Bamako (MRTC-USTTB), Mali**
- **Uganda Virus Research Institute (UVRI), Entebbe, Ouganda**

Target Malaria a actuellement trois équipes qui préparent des études potentielles sur des moustiques modifiés dans leurs installations. Au Burkina Faso, l'équipe est basée à l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS) ; au Mali, l'équipe est basée au Centre de recherche et de formation sur le paludisme (MRTC-USTTB),

et en Ouganda, l'équipe est basée à l'Institut de recherche ougandais sur les virus (UVRI).

Dans tous les cas, les équipes ont rénové ou construit de nouvelles installations spécifiquement pour exécuter leurs travaux de recherche et développer les connaissances et les compétences de leur personnel en vue de travailler avec des moustiques génétiquement modifiés. La recherche ne peut pas intervenir sans l'autorisation des autorités nationales, qui examinent régulièrement le travail en cours et donnent leur accord pour des activités spécifiques.

Chaque équipe dispose d'un insectarium et d'un laboratoire qui permettent de procéder aux analyses sur les moustiques de type sauvage capturés sur le terrain par les équipes entomologiques. Une fois que les moustiques ont été capturés dans les villages, ils sont transportés au laboratoire, où ils sont examinés.

Le mode de capture est inscrit dans un registre, ainsi que le nombre de moustiques et s'il y avait des œufs. Les données permettent de connaître la dynamique de population des moustiques locaux et contribuent à la modélisation et aux études génétiques. Elles permettent également d'identifier des sites de terrain potentiels pour l'évaluation future d'un moustique à impulsion génétique.

Une fois qu'une équipe commence les travaux sur une souche de moustiques génétiquement modifiés (avec la permission des autorités nationales), c'est dans l'insectarium que les études réglementées sont réalisées. Elles évaluent la présence et la stabilité de la modification génétique sur plusieurs générations et le comportement des moustiques pendant l'élevage (durée de développement, nombre d'œufs pondus par les femelles et proportion d'œufs qui parviennent à éclore et se développent jusqu'à l'âge adulte). Ces caractéristiques sont comparées avec les moustiques de type sauvage, elles contribuent de manière essentielle à la conception des études d'évaluation de terrain, si les travaux de recherche avancent et si ces études sont autorisées.

- **Université du Ghana, Accra, Ghana**

L'équipe de l'Université du Ghana ne réalise pas les mêmes travaux que les équipes au Burkina Faso, au Mali et en Ouganda. Elle étudie l'écologie des moustiques anophèles et cherche à développer des compétences pour l'élevage et le transport des moustiques.

Pour l'étude écologique, l'équipe procède à des relevés de terrain, détermine quels sont les prédateurs des moustiques présents et étudie le contenu de leur intestin pour comprendre la place qu'occupent les moustiques dans la chaîne alimentaire.

Les équipes tentent également de comprendre quel est l'éventuel rôle joué par les moustiques dans l'environnement en ce qui concerne la pollinisation.

Pour les études d'élevage et de transport, l'équipe est en train de construire une installation spéciale qui lui permettra de développer les méthodes optimales d'élevage, de manipulation et de transport des moustiques mâles, de sorte à ne pas nuire à leur taux de survie et à leur capacité de reproduction. La taille des cages utilisées pour ces études varie : petites cages, cages plus grandes semi-environnementales et cages de terrain. Aucun de ces travaux ne fait intervenir des moustiques génétiquement modifiés. Les moustiques sont capturés localement et colonisés.

## Mesures de sécurité dans les insectariums

La sécurité est une priorité pour le projet Target Malaria. Nos équipes collaborent avec des experts et les autorités de tutelle pour veiller au respect de toutes les exigences nécessaires pour effectuer notre travail de recherche. Tous nos insectariums respectent les directives internationales et les réglementations nationales concernant le confinement d'insectes, à savoir le « Niveau 2 de confinement d'arthropodes (ACL-2) ».

Le confinement de niveau 2 signifie que des mesures spéciales sont mises en œuvre pour empêcher les moustiques à l'intérieur de s'échapper et les moustiques extérieurs de pénétrer dans l'insectarium. Ces mesures incluent d'une part des procédures à respecter (p. ex. : restriction de l'accès, formation, documentation, audits) et, d'autre part, des mesures physiques (p. ex. : cages, chambres climatiques, plusieurs portes à franchir pour aller à l'extérieur, filtres à air et à eau) qui sont incorporées dans l'infrastructure de l'installation. Seuls les collaborateurs ayant suivi au préalable une formation spécifique ont accès à l'insectarium (accès via un badge, ou des empreintes digitales). Les visiteurs doivent être accompagnés à tout moment par un collaborateur désigné et assister obligatoirement, en premier lieu, à une séance d'initiation pour visiteurs.

Plusieurs mesures de sécurité sont en vigueur aux alentours de l'insectarium. L'accès à l'insectarium se fait en deux étapes. La porte extérieure ne peut s'ouvrir que si la porte intérieure est fermée, et vice versa. Les portes sont équipées de rideaux d'air puissants pour empêcher les moustiques volants de s'échapper si la porte est ouverte. En outre, à l'intérieur des installations, le maintien des moustiques fait intervenir en permanence plusieurs niveaux de confinement, comme par exemple des cages, qui se trouvent dans des chambres climatiques, isolées de l'extérieur par deux portes au minimum, en guise de mesures de sécurité supplémentaires. Les études que nous réalisons sur les moustiques doivent impérativement reproduire leur habitat naturel, et l'insectarium est maintenu à une température de 27+2 °C, à 80+10 % d'humidité. Un ordinateur enregistre la température et l'humidité pour veiller strictement au maintien des conditions propices. Tout déchet généré dans l'insectarium est passé à l'autoclave avant de sortir de l'installation, pour s'assurer que tous les déchets sont bien décontaminés et stérilisés avant leur élimination.

Tous les insectariums sont inspectés par les autorités nationales et les agences réglementaires pour vérifier qu'ils respectent

les exigences nationales en vigueur et que le personnel est bien formé pour travailler dans les règles de sécurité en insectarium avant que des travaux de recherche sur des moustiques modifiés puissent être engagés.

En outre, tous les insectariums Target Malaria sont soumis à un audit interne pour vérifier qu'ils respectent les normes internes du projet en matière d'« état de préparation des installations<sup>1</sup> » avant d'entreprendre une quelconque activité dans le cadre du projet.

Pour plus d'information sur les insectariums Target Malaria :

[Insectarium Target Malaria à Londres, Imperial College London](#)

[Visite de l'insectarium Target Malaria, situé dans le MRTC au Mali](#)

[Visite de l'insectarium Target Malaria, situé à l'IRSS au Burkina Faso](#)

1 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5770120/>

