



APPROCHE SIMPLIFIÉE DE LA MOUCHE SOLDAT NOIR (SIMBA)

UNITÉ DE REPRODUCTION

PROCÉDURE OPÉRATIONNELLE NORMALISÉE

Par : Stefan Diener, Bram Dortmans, Daniela Peguero, Christian Zurbrügg

Version : 15 octobre 2025

Référence bibliographique :

Stefan Diener, Bram Dortmans, Daniela Peguero, Christian Zurbrügg (2025). Approche simplifiée de la mouche soldat noire (SIMBA) – Unité de reproduction : procédure opérationnelle standard. Eawag : Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau, Dübendorf , Suisse.

Remerciements :

Ce document a été élaboré dans le cadre de deux projets :

- Projet BUGS-AFRICA (Utilisation de la biomasse par les insectes pour des solutions vertes en Afrique), dirigé par African Circular (financé par la Coalition pour le climat et l'air pur (CCAC) et Prevent Waste Alliance)
- Projet de technologies d'élevage d'insectes durables à base de déchets (SWIFT) (financé par le programme de recherche orientée vers les solutions pour le développement (SOR4D), subvention n° 400440_213241/1).



Les auteurs reconnaissent et remercient pour toutes les contributions les institutions partenaires de BUGS-Africa et SWIFT, comme indiqué ci-dessous.

Eclose GmbH

Eawag : Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau

Soil Food and Healthy Communities (SFHC)

Africa Circular

Bioconvision

Makerere University

Mzuzu University

Carbon Turnaround

Alliance PREVENT Waste

Bram Dortmans, Stefan Diener

Daniela Peguero, Christian Zurbrügg

Esther Lupafya, Laifolo Dakishoni, Rowland Watipasso Mhone

Piotr Barczak

Konstantin von Hoerner, Sheila von Hoerner

Allan John Komakech, Isaac Rubagumya

Frank Mnthambala, Gift Chawanda

Herwig A. Ragossnig

Martin Kerres

Le financement a été assuré par :



The overarching goal of the SOR4D programme is to produce better knowledge, solutions and innovation by needs-driven, transdisciplinary research that opens up new ways for advancing sustainable development and reducing poverty in the least developed, low and lower middle-income countries. www.sor4d.ch



CLIMATE & CLEAN AIR COALITION
TO REDUCE SHORT-LIVED CLIMATE POLLUTANTS



LE CADRE

Les procédures opérationnelles normalisées (PON) en élevage de BSF jouent un rôle essentiel pour garantir le succès, la sécurité et l'évolutivité nécessaires à une reproduction efficace tout au long du cycle de vie de la BSF, ainsi qu'un rendement et une qualité constants des larves, des frass et des sous-produits. Les PON contribuent à standardiser les tâches (et leur exécution à différentes étapes du processus). Cette PON se concentre sur l'unité de reproduction.

Les larves de la mouche soldat noire (MSB) peuvent être utilisées pour le traitement de la fraction organique des déchets solides. Elles transforment les nutriments contenus dans les déchets en produits commercialisables, comme les larves adultes utilisées pour l'alimentation animale, et les résidus du processus (appelés excréments) utilisés comme amendement du sol.

Gérer une ferme professionnelle de traitement des déchets BSF à moyenne et grande échelle nécessite de nombreuses tâches à différentes étapes du processus, effectuées quotidiennement. Cependant, une telle ferme peut également être **exploitée à temps partiel à plus petite échelle**, ne nécessitant que quelques heures par semaine, certains jours. C'est ce que nous appelons SIMBA - Système Intégré de la mouche soldat noire pour la Bioconversion, approche simplifiée.

Une approche BSF simplifiée (SIMBA) peut convenir pour :

- Une première étape dans le traitement des déchets BSF, menée dans le cadre d'une activité parallèle à temps partiel pour explorer et en apprendre davantage sur les aspects pratiques de la reproduction BSF ou l'utiliser comme démonstration du traitement des déchets BSF.
- Une petite ferme établie qui souhaite produire des larves de BSF comme aliment pour ses poulets, ses porcs et/ou ses poissons, mais qui dispose de ressources humaines limitées et ne peut consacrer que quelques heures par semaine aux activités de BSF.
- Un centre de recherche qui souhaite exploiter une unité de reproduction à petite échelle pour ensuite utiliser des mouches, des larves ou de frass à des fins de recherche, de formation et de démonstration.

Dans ce manuel, nous nous concentrons uniquement sur l'**unité de reproduction** de cette approche simplifiée. L'unité de reproduction a pour objectif de créer des conditions optimales pour maintenir le cycle de vie, incluant la nymphose, l'accouplement, la ponte, l'éclosion et les premiers jours d'alimentation des larves, tout en minimisant l'effort de travail. Cette procédure opérationnelle standard (POS) pour l'unité de reproduction complète une autre procédure opérationnelle standard, celle de l'unité de grossissement, qui se concentre sur la croissance des larves et la réduction des déchets organiques.

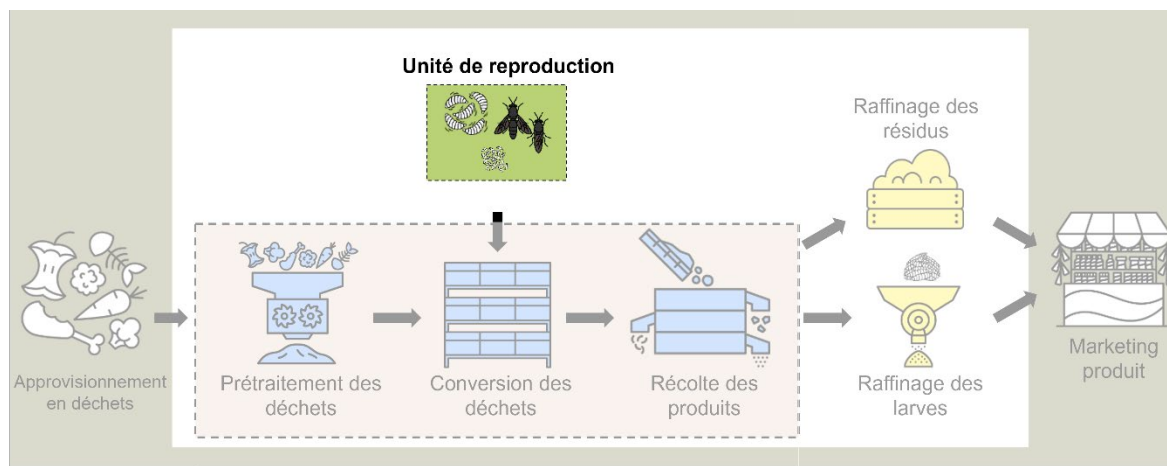


Figure 1: Schéma des éléments d'une installation BSF avec un accent sur l'unité de reproduction.

Cette procédure opérationnelle standard (POS) est une description des tâches effectuées dans l'unité de reproduction d'une installation SIMBA BSF, exploitée avec un apport de main-d'œuvre de seulement quelques heures sur deux jours par semaine.

Ce manuel suit un programme hebdomadaire de deux jours (par exemple, lundi/jeudi, mardi/vendredi ou mercredi/samedi). Comme une semaine compte sept jours, l'intervalle entre le premier et le deuxième jour de travail (par exemple, du lundi au jeudi) est plus court que l'intervalle entre le deuxième jour et le premier jour de travail de la semaine suivante (par exemple, du jeudi au lundi). Pour équilibrer ce programme, le travail du premier jour prévu doit être effectué le matin (avant le déjeuner) et celui du deuxième jour prévu l'après-midi (après le déjeuner). **Une installation utilisant ce programme peut produire suffisamment de larves pour traiter environ 250 kg de déchets organiques par semaine. Ce processus génère 30 à 40 kg de larves fraîches lors de la conversion des déchets, ce qui correspond à 7 à 10 kg de larves séchées** (Figure 2).

Si vous envisagez une approche à plus grande échelle que celle proposée dans ce guide, nous vous suggérons de consulter *Dortmans B.M.A., Egger J., Diener S., Zurbrügg C. (2021) Traitement des Biodéchets par la Mouche Soldat Noire - Un Guide Étape par Étape- 2ème Édition Eawag: Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau, Dübendorf, Suisse*; disponible gratuitement. Cependant, cela nécessitera alors plus d'heures de travail par semaine.

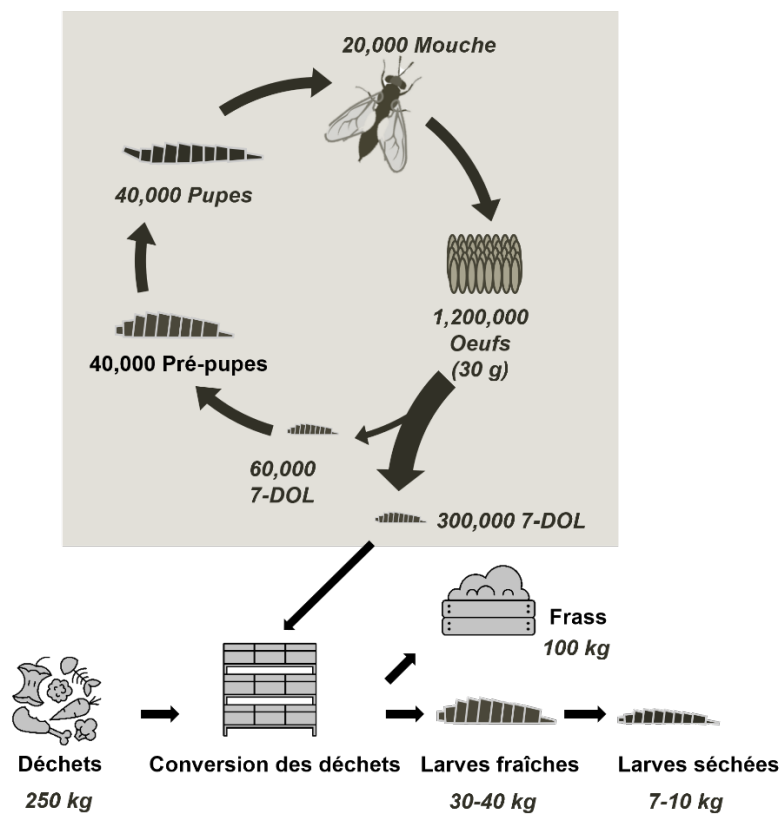


Figure 2: Indicateurs de performance (par semaine) pour une unité de reproduction exploitée selon SIMBA

Deux annexes accompagnent ce document :

- **L'annexe (A)** est une liste alphabétique avec une description des éléments d'équipement, décrivant leur composition possible et leurs fonctionnalités clés ainsi que fournissant des images d'exemples.
- **L'annexe (B)** est une « liste de contrôle des tâches et du calendrier », décrivant les tâches et soulignant le moment où ces tâches doivent être effectuées dans le calendrier de travail hebdomadaire.

EXIGENCES OPÉRATIONNELLES ESSENTIELLES

L'exploitation d'une unité de reproduction BSF a pour objectif de générer suffisamment de larves, de pré-pupes, de nymphes (pupes), de mouches, d'œufs et de nouveau-nés pour maintenir le cycle de reproduction et disposer d'un nombre fiable de jeunes larves disponibles pour grandir sur le substrat de déchets organiques sélectionné.

Les conditions préalables à l'exploitation d'une unité de reproduction simplifiée sont les suivantes :

- **Espace dédié** : Un espace dédié est nécessaire pour accueillir les différents stades de vie de la mouche soldat noire. Les femelles adultes peuvent facilement être distraites par l'odeur des larves ; il est donc idéal de séparer les deux stades de vie (larve et adulte).
 - Il est préférable de disposer d'espaces physiques séparés (bâtiments ou pièces) pour les stades larvaire et adulte. Il peut s'agir d'une simple structure couverte ou d'une serre. Les principales exigences sont un toit pour protéger du soleil et de la pluie et un emplacement lumineux mais ombragé pour les cages d'amour.
 - Chaque pièce doit avoir un espace minimum d'environ 15 m². Au total, vous aurez donc besoin d'environ 30 m² d'espace couvert.
- **Climat approprié** : Idéalement, la température moyenne quotidienne varie entre 25 et 32 °C. En dessous de 25 °C, l'activité peut ralentir, mais les larves et les mouches survivent. Si les températures restent supérieures à 32 °C pendant une période prolongée, il est essentiel de maintenir une humidité suffisante dans les cages et les récipients afin d'éviter la surchauffe et/ou le dessèchement du BSF. Une humidité relative de l'air de 60 à 80 % permet une reproduction optimale.
- **Changements saisonniers** : Les conditions environnementales évoluent tout au long de l'année. Il faudra donc adapter la teneur en eau des mélanges de substrats, l'eau appliquée dans les cages d'accouplement et l'exposition des cages à la lumière naturelle.
- **Responsable** : Responsable de l'unité de reproduction, supervisant l'exécution des tâches, s'assurant du bon entretien du matériel et de la disponibilité des consommables nécessaires. Cette personne doit posséder une bonne connaissance générale de la reproduction BSF et être l'interlocuteur privilégié du ou des opérateurs chargés de l'exécution des tâches.
- **Opérateur(s) engagé(s)** : Un opérateur doit consacrer environ 2 à 3 heures, deux fois par semaine (soit 4 à 6 heures par semaine) à l'exploitation de l'unité de reproduction. Il suit un protocole strict. La compréhension du cycle de vie complet et des besoins des BSF à leurs différents stades de développement est un atout, mais pas une obligation. Cependant, l'opérateur doit être attentif et faire part de ses observations au responsable.
- **Système de surveillance établi** : La mise en place d'un système de surveillance est essentielle pour suivre les indicateurs clés de performance tels que le nombre de larves, de pupes et de larves de 7 jours (7-DOL). Le responsable de la reproduction doit analyser attentivement ces chiffres afin d'évaluer les performances de la colonie. En cas d'écart significatif, il doit en rechercher la cause et prendre les mesures appropriées. Selon l'environnement de mise en œuvre de SIMBA, le système de surveillance peut inclure moins ou plus d'indicateurs de performance.

Le fonctionnement de l'installation de reproduction peut être divisé en trois sections (Figure 3) :

- **Section des œufs** : les œufs éclosent et les nouveau-nés reçoivent leur premier repas.
- **Section larvaire** : les petites larves grandissent jusqu'à être prêtes à se nymphoser.
- **Section adulte** : les adultes éclosent des pupes, s'accouplent et pondent des œufs

La terminologie spécifique des équipements est expliquée dans les descriptions d'activités respectives.

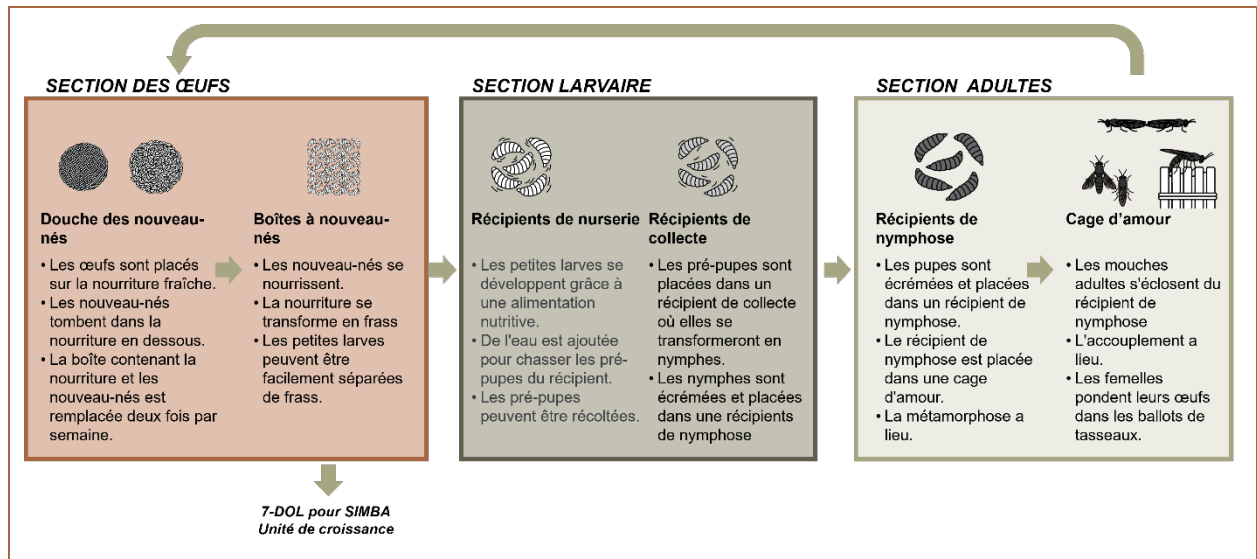


Figure 3: Les sections individuelles d'une unité de reproduction de la mouche soldat noire

Le cycle de reproduction complet dure environ huit semaines (figure 4). À pleine capacité, cette procédure opérationnelle standard d'une unité de reproduction simplifiée prévoit la présence permanente de quatre cages d'amour.

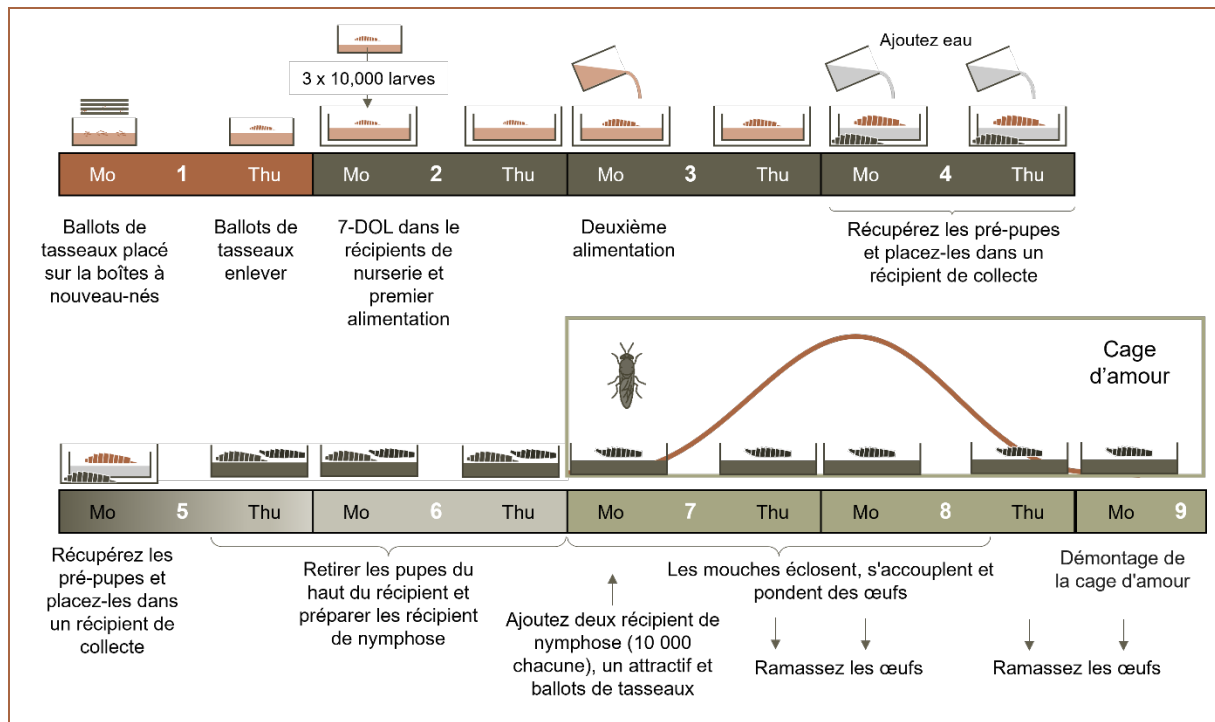


Figure 4: Il faut 8 semaines pour réaliser un cycle complet en utilisant l'approche SIMBA.

La section suivante du manuel décrit les principes de chaque section ainsi que les tâches et activités associées. Chaque équipement mentionné est mis en évidence dans le texte et répertorié par ordre alphabétique dans l'annexe A, où sont décrites ses principales caractéristiques fonctionnelles.

ACTIVITÉS DANS UNE UNITÉ DE REPRODUCTION MSN

SECTION DES ŒUFS

Les œufs sont régulièrement collectés dans les cages d'amour. Les mouches femelles les pondent dans des ballots de tasseaux, placés à l'intérieur de ces cages d'amour. Ces cages d'amour sont des cages où les mouches adultes sont confinées, où elles s'accouplent et pondent leurs œufs dans des ballots de tasseaux. Une fois retirés de la cage d'amour, les 24 ballots de tasseaux sont répartis dans deux boîtes à nouveau-nés contenant chacune 1,5 kg de nourriture (teneur en humidité : 70 %). Étiquetez la boîte à nouveau-nés avec la date du jour.

L'alimentation fournie doit être de qualité constante et de qualité satisfaisante, comme du son de riz, de maïs ou de blé, des drêches, des résidus de transformation du soja ou de la nourriture pour volaille. Pour réduire l'humidité et décourager la ponte des mouches domestiques, saupoudrez une fine couche de son de blé sur l'alimentation des poussins avant d'y déposer les ballots de tasseaux. L'éclosion des œufs s'étend sur plusieurs jours (par exemple, du lundi au jeudi) et les nouveau-nés (larves fraîchement écloses) tombent des ballots de tasseaux dans la boîte à nouveau-nés située en dessous. Ce système est appelé « Douche des nouveau-nés » (figure 6).



Figure 5: Autocollant de date indiquant la date à laquelle ce composant (par exemple, une cage d'amour ou une boîte à nouveau-nés) a été installé

Après 3 à 4 jours (généralement le jour ouvrable suivant), les ballots de tasseaux sont retirés de la douche des nouveau-nés. Cela signifie que toutes les larves d'une même boîte à nouveau-nés ont entre un et quatre jours. La boîte à nouveau-nés est ensuite laissée sans ballots de tasseaux pendant 3 à 4 jours supplémentaires (jusqu'au jour ouvrable suivant), ce qui permet aux larves de poursuivre leur croissance. Passé ce délai, les larves sont considérées comme âgées de sept jours (7-DOL) et sont récoltées dans la boîte à nouveau-nés. Le résidu de cette boîte devrait alors être bien sec.

Une fois les ballots de tasseaux retirés, vous pouvez les démonter et les nettoyer à l'eau. Il est important de ne pas utiliser de savon pour le nettoyage, car cela pourrait effacer ou masquer l'odeur naturelle des œufs qui persiste et attirer les mouches qui pondront des œufs lors de leur réutilisation.

Lors de l'exploitation d'une installation de reproduction à des fins de recherche : les ballots de tasseaux doivent être délicatement grattés après leur retrait des cages d'amour. La masse d'œufs pure peut être pesée avant d'être suspendue dans des passoirs au-dessus des boîtes à nouveau-nés. De plus, pour la recherche, il est avantageux que les larves soient toutes du même âge. Il est donc recommandé de remplacer la boîte à nouveau-nés toutes les 12 ou 24 heures par une nouvelle boîte pendant les 3 à 4 premiers jours.

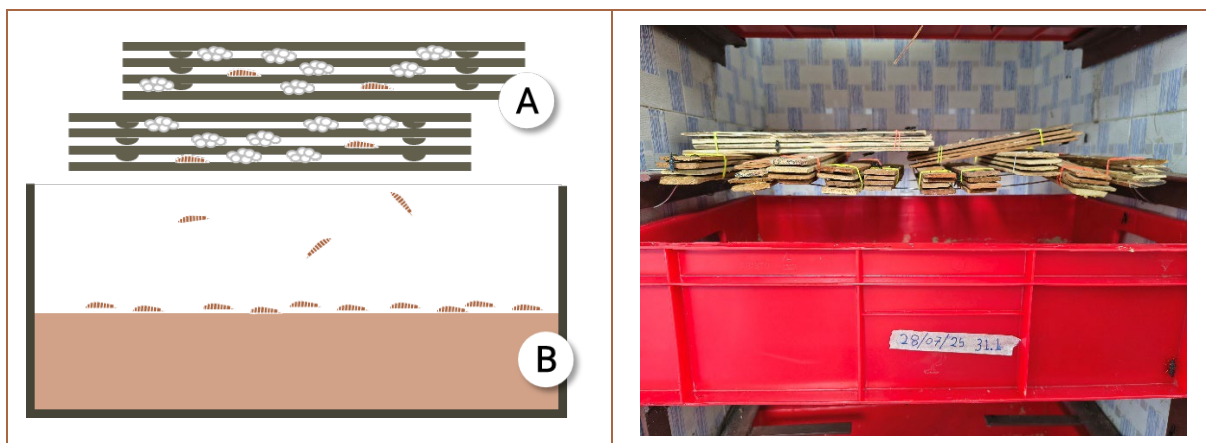


Figure 6: Douche des nouveau-nés comprend une boîte à incubation contenant de la nourriture et les ballots de tasseaux. Les œufs sont placés dans les interstices (A). Boîte à nouveau-nés : récipient contenant de la nourriture (70 % d'eau). Les nouveau-nés tombent dans la boîte et commencent à se nourrir (B).

Récolte du 7-DOL : Les larves, âgées de sept jours, sont récoltées dans les boîtes à nouveau-nés. Tapoter la paroi de la boîte crée des vibrations et les larves se regroupent pour s'éloigner des résidus. À l'aide d'une cuillère, retirez et jetez le plus de résidus possibles de la surface des boîtes à nouveau-nés (figure 7A).

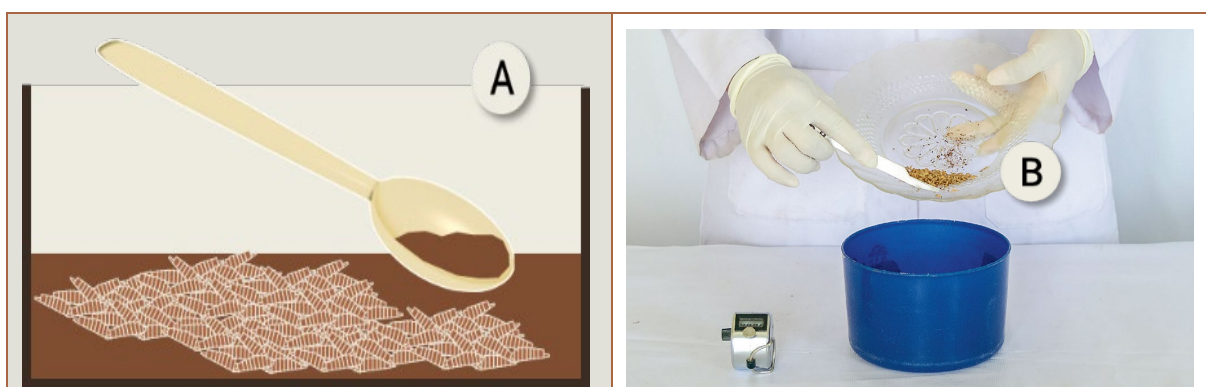


Figure 7: À partir des boîtes à nouveau-nés, 30 000 7-DOL sont séparés. Retirer les résidus/excréments de la boîte à nouveau-nés A ; Échantillon de comptage. B.

Une fois que vous avez retiré autant de résidus que possible (sans retirer aucune larve), mélangez soigneusement la masse larvaire restante avec une cuillère (il restera encore des résidus dans le mélange) et prenez une mesure aléatoire avec une cuillère et pesez environ deux grammes de ce mélange. Vous pouvez également utiliser un bouchon de bouteille en plastique (ou toute autre unité pratique) comme mesure. Comptez le nombre de larves contenues dans les deux grammes ou là cuillère/bouchon de bouteille. Pour ce faire, utilisez une assiette et une pince à épiler, puis poussez chaque larve par-dessus le bord de l'assiette dans un bol en dessous tout en les comptant (Figure 7B). Pour réduire le risque d'erreur de comptage, prévoyez un outil de comptage (morceau de bois, vis, pierre) pour chaque tranche de 50 ou 100 larves comptées. À la fin, comptez les morceaux mis de côté. Vous pouvez également utiliser la méthode de la poussée par-dessus le bord : étalez les larves sur une assiette et comptez rapidement avec un compteur à clic (Figure 8). Répétez le processus de prélèvement de 2 grammes et de comptage des larves collectées dans l'échantillon trois fois.



Figure 8 : Comptage du 7-DOL : répartir uniformément le 7-DOL sur deux rangées. Compter chaque rangée en pointant chaque larve et en cliquant sur le compteur. Une fois le comptage terminé, retirer les larves comptées et répéter la procédure avec deux nouvelles rangées.

En fonction de vos résultats de pesée et de comptage, les formules ci-dessous peuvent être utilisées pour calculer le nombre de larves ou de grammes nécessaires.

7-DOL par gramme	$\frac{7\text{-DOL}}{g} = \frac{\text{Nombre de larves comptées}}{\text{Taille de l'échantillon(gramme)}}$
------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Faites ce calcul pour vos trois mesures, puis faites la moyenne du résultat pour obtenir le paramètre « moyenne de 7-DOL par gramme (ou bouchon de bouteille) de mélange ».

Étant donné que la taille du 7-DOL ainsi que la pureté de l'échantillon peuvent varier d'une semaine à l'autre, il est nécessaire de répéter ce comptage et ce calcul chaque fois que vous récoltez du 7-DOL.

Pour élever suffisamment de pupes et de mouches adultes pour la production larvaire, nous aurons besoin de 30 000 larves de 7-DOL, qui deviendront des mouches au cours des prochaines semaines. À l'aide de la formule ci-dessous, calculez la quantité de grammes ou de bouchons de mélange nécessaire pour obtenir 30 000 7-DOL par jour. Pesez cette quantité et conservez-la temporairement dans un petit récipient.

Grammes de mélange nécessaires pour obtenir 30 000 7-DOL	$\text{gramme de mélange} = \frac{30,000}{\text{moyen 7DOL par gramme de mélange}}$
Nombre de bouchon de bouteille remplies de larves pour obtenir 30 000 7-DOL	$\# \text{ bouchon de bouteille de mélange} = \frac{30,000}{\text{moyen 7DOL par bouchon}}$

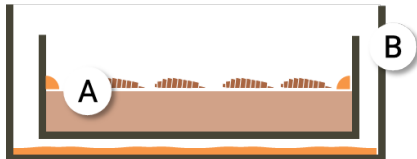
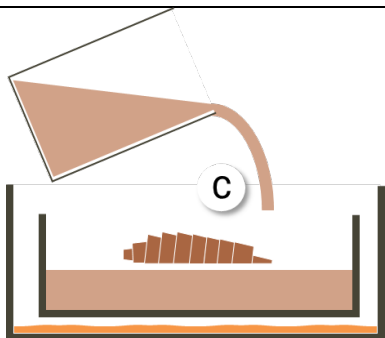
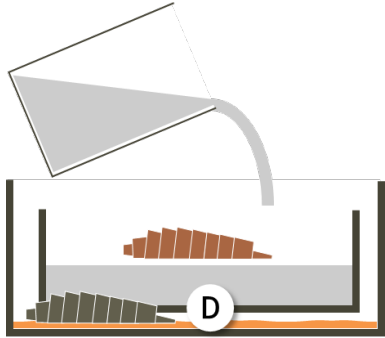
SECTION LARVAIRE

Pour produire suffisamment de mouches pour pondre le nombre d'œufs souhaité, vous aurez besoin chaque jour de 20 000 pré-pupes qui atteindront finalement le stade pupal. En supposant une mortalité d'environ 30 %, cela signifie que vous devrez préparer 30 000 7-DOL pour votre cycle de reproduction. Ces 7-DOL seront répartis dans trois récipients de nurserie (surface de $\pm 1\,500\text{ cm}^2$) contenant chacun 10 000 larves, et chaque récipient sera nourri deux fois par semaine. Après environ 14 jours de nourriture et de croissance, les 7-DOL sont prêtes pour la nymphose et se transforment en pré-pupes. Une fois à l'état de pré-pupes, elles chercheront un endroit sec pour se nymphoser. L'ajout d'eau dans le récipient de nurserie crée un environnement humide qui incite les pré-pupes à quitter le

réceptif. Pendant ce temps, les larves restantes, qui ne sont pas encore pré-pupales, continueront à se nourrir à l'intérieur du réceptif de la nurserie jusqu'à ce qu'elles soient également pré-pupes et prêtes à quitter le réceptif de la nurserie.

Il existe deux approches principales pour obtenir le nombre requis de pré-pupes :

- **Approche A : Élevage d'un nombre fixe de larves à l'intérieur de l'unité de reproduction à partir du 7-DOL jusqu'au stade pré-pupal.**
- **Approche B : Récolter le nombre souhaité de larves dans les unités de traitement/croissance des biodéchets et leur fournir une dernière petite alimentation jusqu'à ce qu'elles se transforment en pré-pupes.**

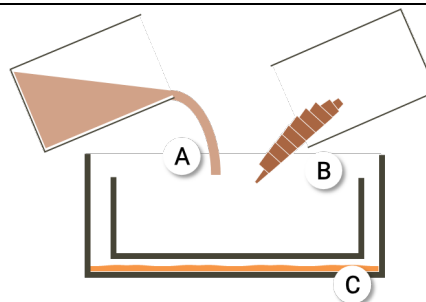
Approche A : Élevage des larves dans l'unité de reproduction	
<p>Dans cette méthode standard, les larves sont élevées au sein de l'unité de reproduction, généralement avec un régime alimentaire composé d'ingrédients prédéfinis (par exemple, son de maïs, aliments pour volaille), similaire à celui des cages d'éclosion. Des déchets organiques peuvent également être utilisés.</p>	
<p>Première alimentation : Préparez trois réceptifs de la nurserie et ajoutez le premier apport (3 kg d'aliment préparé, 70 % H₂O) dans chaque réceptif. Ajoutez quelques cuillères de matière sèche (par exemple, du son de blé, de la sciure) sur les bords du réceptif de la nurserie (orange) pour empêcher les larves de ramper hors du réceptif. Ajoutez ensuite 10 000 7-DOL dans chaque réceptif (A). Placez le réceptif de la nurserie dans une boîte plus grande – nous l'appelons le réceptif de collecte (surface de 2 400 cm²) – qui doit également contenir une couche de matière sèche (B). Placez le réceptif de collecte et son réceptif de la nurserie sur une étagère et étiquetez-les avec la date du jour.</p>	
<p>Deuxième alimentation : Une semaine plus tard, fournissez la deuxième alimentation de 5 kg (70 % H₂O) dans chaque réceptif de la nurserie.</p>	
<p>Récolte des pré-pupes : Une semaine plus tard, les pré-pupes commenceront à quitter le réceptif de la nurserie et à s'accumuler dans le réceptif de collecte. À ce stade, ajoutez 1 litre d'eau au réceptif de la nurserie pour inciter les autres pré-pupes à partir. Après 3 ou 4 jours supplémentaires (jour ouvrable suivant), récupérez les pré-pupes déjà sorties du réceptif de la nurserie (D) et ajoutez 1 kg d'eau supplémentaire pour encourager les pré-pupes restantes à partir. Après 3 ou 4 jours supplémentaires (jour ouvrable suivant), vous pouvez récolter les dernières pré-pupes et retirer le réceptif de la nurserie en même temps.</p>	

Approche B : Larves récoltées dans les unités de traitement/croissance des biodéchets

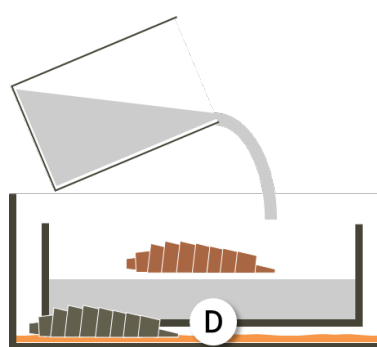
Dans les installations où les larves de BSF sont également utilisées pour le traitement des déchets, les larves nécessaires au cycle de reproduction peuvent également être obtenues à partir des larves récoltées dans l'unité de croissance. Il suffit ensuite de nourrir les larves récoltées jusqu'à leur dernier stade larvaire, le stade pré-pupal. Cette méthode élimine la nécessité d'un élevage larvaire complet au sein de l'unité de reproduction. Cependant, il est important de s'assurer que les déchets sont suffisamment nutritifs pour maintenir une population vigoureuse et saine et un cycle de vie stable.

Un document distinct « Approche simplifiée de la mouche soldat noire (SIMBA) – Unité de croissance : Procédure opérationnelle normalisée » est disponible pour en savoir plus sur la façon de préparer le substrat à partir des biodéchets, de nourrir les larves et de séparer les larves des frass.

Premier apport : Préparez trois récipients de nurserie et versez-y le premier apport (3 kg de biodéchets, 70 % H₂O). Ajoutez ensuite 10'000 larves de 17-DOL dans chaque récipient (B). Placez le récipient de nurserie dans une boîte plus grande – appelée récipient de collecte – qui doit également contenir une couche de sciure ou d'un autre matériau sec non alimentaire (C). Placez le récipient de collecte et son récipient de nurserie sur une étagère et étiquetez-les avec la date du jour.



Collecte des pré-pupes : Le jour ouvrable suivant, les pré-pupes commenceront à quitter le récipient de la nurserie et à s'accumuler dans le récipient de collecte. À ce stade, ajoutez 1 litre d'eau au récipient de la nurserie pour inciter les autres pré-pupes à partir. Après 3 ou 4 jours supplémentaires (jour ouvrable suivant), collectez les pré-pupes déjà sorties du récipient (D) et ajoutez 1 litre d'eau supplémentaire pour encourager les pré-pupes restantes à partir. Après 3 ou 4 jours supplémentaires, vous pouvez récolter les dernières pré-pupes et retirer le récipient de la nurserie simultanément.



Installation du récipient de nymphose : Ajoutez toutes les pré-pupes récoltées dans les récipients de collecte au récipient de nymphose nouvellement préparé, étiquetez-le avec la date du jour et placez-le sur une étagère. Le jour ouvrable suivant, préparez un nouveau récipient et ajoutez-y les pré-pupes collectées ce jour-là. Le récipient de nymphose n'a pas besoin de contenir de matériau pour faciliter la nymphose tant qu'il est placé dans un endroit sombre. Si la lumière naturelle atteint le plateau, une couche de sciure ou tout autre matériau sec non alimentaire similaire peut être ajoutée pour assurer l'obscurité des pré-pupes. Assurez-vous que la sciure ou tout autre matériau sec non alimentaire similaire ne contient aucune substance nocive ou toxique susceptible d'endommager les pupes ou d'avoir un effet négatif sur la nymphose.

UNITÉ ADULTES

La cage d'amour fournit toute l'infrastructure nécessaire pour satisfaire les besoins des mouches adultes : lumière, eau, espace et lieu de ponte. À l'intérieur, ajoutez un récipient d'eau, six ballots de tasseaux, un récipient d'attractif et deux récipients de nymphose (figure 8). Les éléments qui seront ajoutés à l'intérieur de la cage sont décrits ci-dessous.

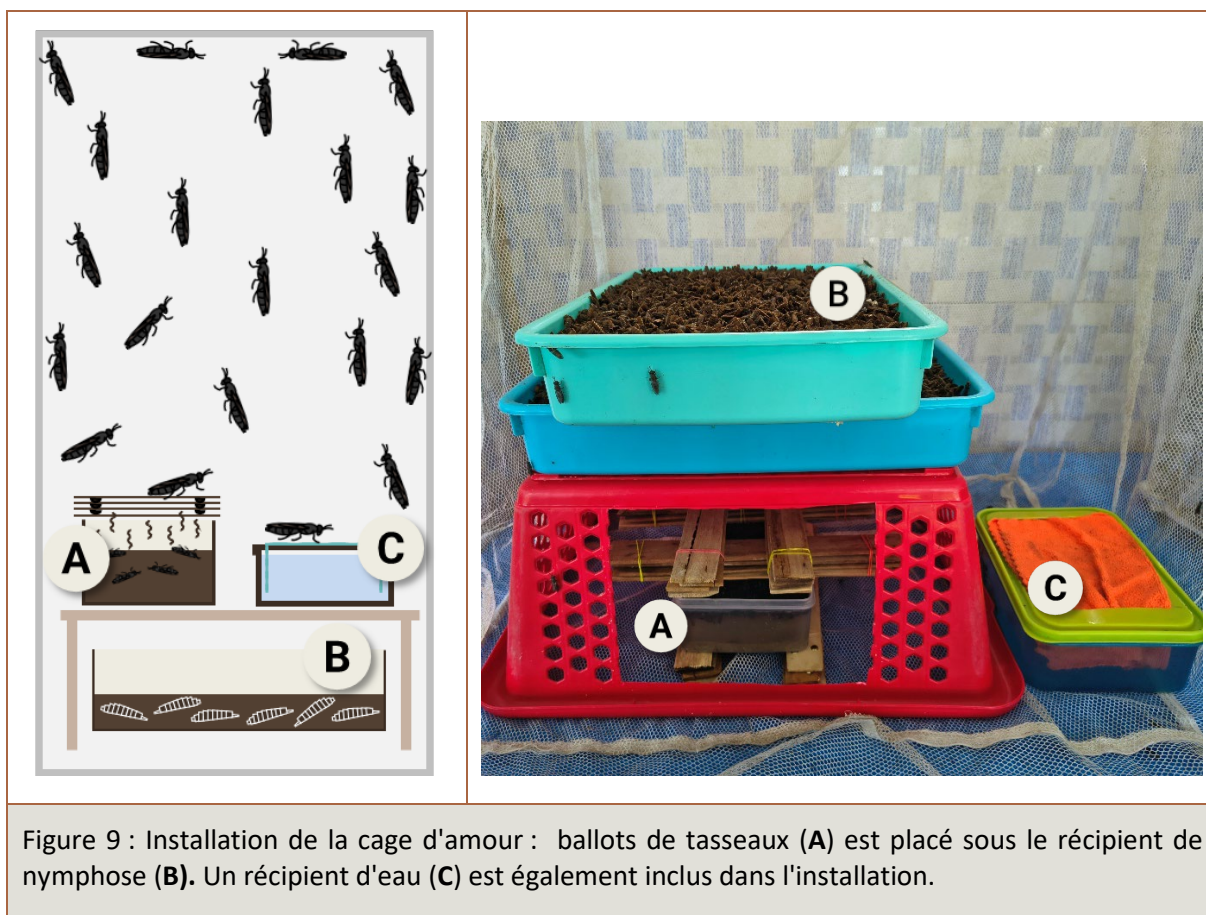


Figure 9 : Installation de la cage d'amour : ballots de tasseaux (A) est placé sous le récipient de nymphose (B). Un récipient d'eau (C) est également inclus dans l'installation.

Récipient de nymphose : Vous aurez besoin de 20 000 nymphes au total pour produire suffisamment de mouches pour la cage d'amour. Retirez et comptez deux lots de 10 000 nymphes que vous venez d'écrémer. Si vous n'atteignez pas 20 000 nymphes, ajoutez des pré-pupes du récipient le plus ancien jusqu'à atteindre 20 000. Placez chaque lot de 10 000 dans un récipient de nymphose distincte. Placez les deux récipients de nymphose (totalisant 20 000 pupes) dans une cage d'amour.

Réservoir d'eau : Un récipient d'eau dans la cage d'amour (Figure 9 – C) fournit de l'eau aux mouches. Il est important d'éviter les plans d'eau ouverts pour éviter la noyade. Remplissez le récipient d'eau et couvrez-le d'un couvercle. Le couvercle doit être muni de deux fentes. Passez un chiffon en coton sur le couvercle et à travers les deux fentes, les extrémités du chiffon devant être dans l'eau. Le chiffon absorbera l'eau du récipient par capillarité et formera ainsi une surface de coton constamment humide sur le couvercle. Pour que les mouches puissent boire. Vérifiez régulièrement le niveau d'eau dans le réservoir et assurez-vous que le chiffon en coton est en contact avec l'eau.

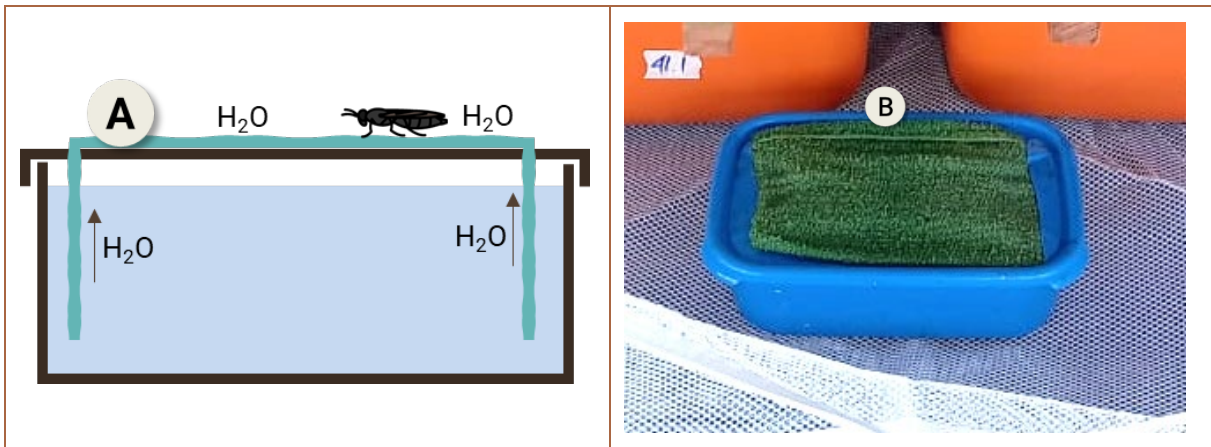


Figure 10: Installation du récipient d'eau dans la cage d'amour : **A** : Un tissu récupère l'eau du récipient, fournissant une surface humide comme source d'abreuvement pour les mouches adultes ; **B** : Des fentes sont découpées dans le couvercle du récipient et un tissu est inséré de manière à être en contact avec l'eau.

Attractif : Un récipient contenant un attractif doit également être ajouté à la cage d'amour. Cet attractif est un mélange de matériaux imitant la décomposition de la matière organique. Son odeur attire les femelles qui pondent à proximité (Figure 11). Un attractif pourrait être composé, par exemple, de deux cuillères à soupe de mouches mortes, de deux cuillères à soupe de résidus du plus vieux contenant de nurserie, mélangés à deux cuillères à soupe de nourriture pour poules et d'eau pour obtenir une bouillie. Vérifiez régulièrement l'attractif et ajoutez de l'eau s'il est sec.

Ballots de tasseaux et récolte des œufs : Vous devez également ajouter des ballots de tasseaux dans la cage d'amour. Les ballots de tasseaux sont d'un matériau et une structure qui répondent aux préférences des mouches (figure 11). Une fois les femelles pondues les œufs dans les ballots de tasseaux, il faut les retirer avant l'éclosion. Les œufs éclosent environ trois à quatre jours après leur ponte. Les œufs ne doivent pas éclore dans la cage d'amour. C'est pourquoi les ballots de tasseaux doivent être retirés de la cage au moins deux fois par semaine. Lorsqu'un ballot de tasseaux est retiré, il doit être remplacé par un vide.

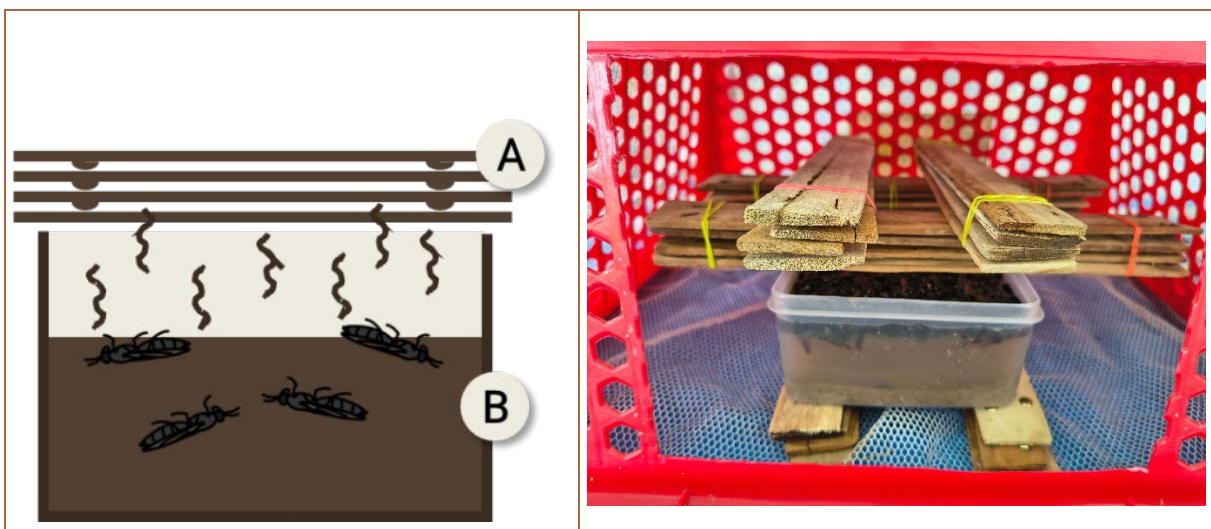






Figure 11: Mise en place des ballots de tasseaux et de l'attractif : **A**: *Ballots de tasseaux* : Feuilles de bois empilées séparées les unes des autres par des punaises ; **B** : *Attractif* : récipient contenant un mélange aqueux de résidus, de mouches mortes et de nourriture.




Installation de la cage d'amour : Pour une reproduction réussie, les mouches ont besoin de lumière naturelle. Dans la plupart des cas, il suffit de placer la cage d'amour sous un toit semi-transparent, à l'air libre, sur une surface solide pouvant accueillir tous les objets. Pour installer la cage d'amour, commencez par suspendre une cage propre sur la table. Placez ensuite deux ballots de tasseaux au fond, ajoutez le récipient d'attractif par-dessus, puis quatre œufs par-dessus. Placez un couvercle, comme le cadre rose de la figure 9 , sur le récipient d'attractif. Placez ensuite les boîtes de nymphose et les récipients d'eau par-dessus le couvercle. Collez un autocollant indiquant la date sur la cage d'amour.





Démontage de la cage d'amour : Après deux semaines, retirez tous les objets de la cage et démontez-la. À ce stade, la plupart des mouches devraient avoir quitté leurs nymphes, avoir terminé l'accouplement, pondu leurs œufs et la plupart être mortes. Lavez la cage d'amour à l'eau et au savon pour éviter la prolifération de bactéries et de champignons sur la cage.

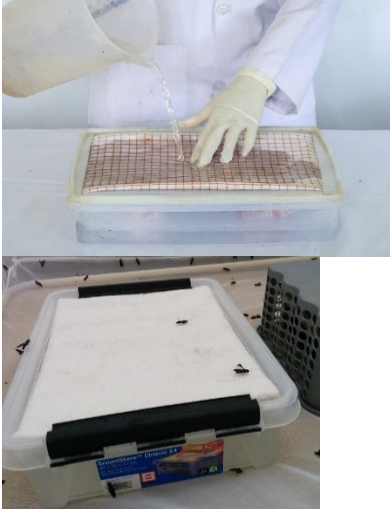
ANNEXE A : LISTE ALPHABÉTIQUE AVEC DESCRIPTION DES ÉQUIPEMENTS

<p>Réceptif attractif</p>	<p>Il s'agit d'un petit réceptif (30 x 20 x 10 cm) contenant un mélange de fruits en décomposition, de mouches mortes et de nourriture. Il attire les mouches qui souhaitent pondre leurs œufs. On le place généralement sous les œufs dans une cage d'amour pour guider les mouches vers le bon endroit pour pondre.</p>	
<p>Compteur de clics</p>	<p>Un appareil permettant de suivre le nombre de larves comptées. Vous pouvez le trouver chez les fournisseurs d'outils de bureau.</p>	
<p>Réceptif de collecte</p>	<p>Réceptif dans lequel les pré-pupes sont recueillies après leur sortie du réceptif de la nurserie. Ce réceptif est légèrement plus grand que le réceptif de la nurserie. Vous pouvez également placer plusieurs réceptifs de la nurserie dans un seul réceptif si celui-ci est suffisamment grand.</p>	
<p>Boîte de nymphose</p>	<p>Petite boîte (30 x 20 cm) où les (pré)pupes sont conservées pendant toute la durée de leur séjour dans les cages d'amour. Chaque boîte contient 10 000 (pré)pupes, généralement rigides et immobiles. Les mouches s'éclosent des nymphes pendant deux semaines. Aucun matériel supplémentaire n'est nécessaire pour la boîte de nymphose.</p>	

<p>Ballots de tasseaux</p>	<p>Des feuilles de bois non traitées, munies de punaises pour créer des espacements et d'élastiques pour maintenir ensemble, constituent un ballot de tasseaux. Six ballots de tasseaux sont nécessaires par cage d'amour. Un minimum de 36 ballots de tasseaux est requis pour SIMBA : 6 x (4 cages d'amour + douche pour les nouveau-nés + remplacement/nettoyage).</p>	
<p>Alimentation</p>	<p>Il s'agit du mélange de substances nutritives qui permettra au BSF de se développer pendant son stade larvaire. Dans la plupart des cas, un substrat nutritif mais constant (par exemple, du fumier de porc, du son de riz, de blé ou de maïs, ou des déchets de restaurant) peut être utilisé.</p>	
<p>Douche des nouveau-nés</p>	<p>Système permettant une « pluie » continue de nouveau-nés issus des ballots de tasseaux et tombant sur un substrat sur lequel ils commencent immédiatement à se nourrir. Il s'agit généralement d'un support à barreaux sur lequel les ballots de tasseaux peuvent être placés au-dessus de la boîte à éclore.</p>	
<p>Boîte à incubation</p>	<p>Le plateau dans lequel les larves se développent pendant les 7 premiers jours. La boîte à incubation est remplie d'aliment et les nouveau-nés tombent sur l'aliment depuis la douche des nouveau-nés. L'espace nécessaire est de 200 7-DOL/cm². Pour l'opération, nous avons donc besoin de deux boîtes de 2400 cm² (par exemple 60 x 40 cm) chaque semaine.</p>	

<p>Cage d'amour</p>	<p>Un filet lavable régulièrement. Autrement dit, il ne doit pas être fixé de manière permanente à un cadre, mais peut être facilement retiré. Il contient la boîte à nouveau-nés, le réservoir d'eau, l'attractif, les œufs et, bien sûr, les mouches. Le matériau doit être en filet, lavable en machine, et ne doit pas être traité avec un insecticide. Pour SIMBA, les dimensions doivent être comprises entre 75 x 75 x 150 cm (L x P x H). Cinq cages d'amour sont nécessaires sur le site : quatre en fonctionnement et une en cours de lavage.</p>	
<p>Ruban de masquage et stylo</p>	<p>Étiquetez les composants (par exemple, cage d'accouplement ou boîte à éclore) avec une étiquette de date afin de toujours avoir une vue d'ensemble de l'opération en cours. Vous pouvez utiliser le format de date standard (par exemple, 28.7.25) ou, pour faciliter les calculs, un code de date : semaine calendaire + jour de la semaine (par exemple, 31.1 = trente et unième semaine de l'année, le lundi).</p>	
<p>Réceptacle de la nurserie</p>	<p>Réceptacle dans lequel les larves se développent sur le substrat, se transforment en pré-pupes et sortent. Nous supposons une densité larvaire d'environ 5 larves/cm². Si vous travaillez avec 15 000 larves comme suggéré dans ce guide, vous aurez besoin d'un réceptacle d'une surface de 2 400 cm² (par exemple 60 x 40 cm). Un minimum de 30 réceptacles de nurserie est nécessaire pour le fonctionnement de base de SIMBA.</p>	

Plaques	Cet article permet de compter les larves de 5 à 7 jours afin de pouvoir les répartir. Une assiette en céramique est idéale. Une seule assiette suffit pour le comptage.	
Bouchon de bouteille en plastique	Utilisé pour diviser les larves en portions en vue du comptage. Il faut compter trois bouchons de bouteille pleins une fois par mois pour obtenir la quantité moyenne de larves contenues dans un bouchon. Cette quantité moyenne par bouchon permet de calculer le nombre de bouchons nécessaires pour un contenant de nurserie ou de croissance. N'importe quel bouchon de bouteille en plastique de 1 à 2 litres fera l'affaire.	
Récipient de nymphose	Plateau dans lequel sont placées les pré-pupes récoltées. Les plateaux mesurent environ 60 x 40 cm. Un minimum de 8 récipients de nymphose sont nécessaires pour l'opération.	
Unité de reproduction	Deux espaces couverts adjacents permettant de maintenir une température relativement constante de 25 à 32 °C et une humidité relative de 50 à 60 %. Pour un ensoleillement optimal, des toits transparents peuvent être utilisés. Chaque pièce doit disposer d'un espace minimum d'environ 15 m ² . Au total, vous aurez donc besoin d'environ 30 m ² d'espace couvert pour l'unité de reproduction.	
Passoire	Les ovules grattés . Ces passoires sont suspendues au-dessus des boîtes à éclore.	

<p>Réceptient d'eau et chiffon en coton</p>	<p>Un réceptient (par exemple, 20 x 10 x 7 cm) rempli d'eau. Un tissu est placé dans le réceptient pour répartir l'eau et empêcher les mouches de se noyer.</p>	
---------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

ANNEXE B : LISTE DES TÂCHES ET CALENDRIER

Imprimez ce tableau et plastifiez-le. Les champs marqués d'un **X** signifient que la tâche n'est pas requise ce jour-là. Cochez (✓). Chaque champ vide une fois la tâche terminée, avec un marqueur pour tableau blanc. Effacez toutes les marques après les deux semaines et réutilisez la feuille pour les deux semaines suivantes.

Semaine de l'année		
#	Jour (lun - 1; mar - 2; me - 3; jeu - 4; ven - 5; sam - 6; dim - 7)	1	4	1	4
Tâches générales					
G-1	Nettoyer tous les matériaux - Nettoyer tout le matériel utilisé dans le processus - Assurez-vous que tous les matériaux ont leur place fixe dans la pièce				
G-2	Nettoyer toutes les surfaces de travail - Nettoyer les surfaces de travail avec du détergent et de l'eau - Essuyer les surfaces de travail avec de l'éthanol				
G-3	Nettoyer les sols (hebdomadairement) - Balayer puis essuyer le sol avec du détergent et de l'eau	X		X	
G-4	Gestion des déchets (hebdomadaire) - Vider toutes les poubelles	X		X	
G-5	Laver les serviettes et les chiffons de travail (toutes les 2 semaines)	X		X	
Section adulte					
A-1	Enlever la vieille cage d'amour - Retirez les ballots de tasseaux de la cage d'amour (voir E-1). - Retirez tous les éléments de la cage d'amour (récipient d'eau, boîte d'ombrage, attractif, boîtes à nouveau-nés, mouches mortes et autocollant de date). - Nettoyez tous les éléments et séchez-les afin qu'ils puissent être utilisés pour l'installation de la nouvelle cage d'amour (voir A-3). - Retirez la cage d'amour et nettoyez la surface où elle se trouvait. Nettoyez-la et accrochez-la à nouveau au même endroit.				
A-2	Préparer et remplir la boîte à nouveau-nés - Prenez les récipients de nymphose les plus anciens et retirez les couches supérieures de nymphes de chacun. - Préparez deux lots de 10 000 pupes et ajoutez chaque lot de 10 000 à une boîte à nouveau-nés. Videz toujours d'abord les récipients de nymphose les plus anciens avant de commencer à retirer les (pré)nymphes des récipients de nymphose plus récents pour atteindre le total souhaité de 20 000 nymphes.				
A-3	Installer une nouvelle cage d'amour - Préparez un récipient attractif avec de l'attractif (mouches mortes, résidus du contenant de la pépinière, eau) et un récipient d'eau avec un chiffon humide et placez-les près de la cage. - Placez le récipient attractif dans la cage avec deux œufs propres en dessous et quatre œufs au-dessus du récipient. - Ajoutez un couvercle d'ombrage sur le récipient attractif et les œufs. - Ajoutez les deux boîtes à nouveau-nés contenant chacune 10 000 pupes pour un total de 20 000 pupes dans une cage. - Ajoutez le récipient d'eau. - Fermez la cage d'amour et ajoutez un autocollant avec la date d'aujourd'hui sous la cage.				
Section des œufs					

E-1	Manipuler les œufs <ul style="list-style-type: none"> - Retirer des œufs de chaque cage d'amour. - Ajoutez six nouveaux œufs à chaque cage d'amour, à l'exception de la cage qui doit être retirée aujourd'hui. - Retirez les vieux œufs des récipients d'éclosion. - Nettoyez les ballots de tasseaux et séchez-les sur une grille. Utilisez uniquement de l'eau pour les nettoyer. 				
E-2	Préparer les récipients d'éclosion <ul style="list-style-type: none"> - Prenez deux bacs de douche à éclore (60x40 cm) ou des bassins et assurez-vous qu'ils soient propres. - Préparez 6 kg d'aliments pour alevins en mélangeant 1,8 kg de son de riz sec avec 4,2 kg d'eau. - Ajoutez 3 kg du mélange dans chaque caisse. 				
E-3	Installer une douche pour les nouveau-nés <ul style="list-style-type: none"> - Prenez tous les œufs (24), collectés dans les cages d'amour aujourd'hui, et séparez-les en 2 groupes de 12 œufs avec une quantité similaire d'œufs combinés (inspectez visuellement). - Ajoutez chaque groupe de 12 les ballots de tasseaux sur une caisse de douche d'éclosion (60x40 cm) 				
Section larvaire					
L-1	Préparation des larves pour le comptage <ul style="list-style-type: none"> - Prenez la boîte à éclosion qui a été préparée il y a une semaine - Retirez autant de frass que possible sans retirer les larves. - Tapez plusieurs fois sur le récipient avec une cuillère ou un bâtonnet pour stimuler le mouvement des larves. Elles se regrouperont et vous permettront d'éliminer davantage de déjections. - Retirez à nouveau les excréments après 2 à 3 minutes. Si nécessaire, répétez cette opération jusqu'à ce que la plupart des excréments soient éliminés. 				
L-2	Compter les larves <ul style="list-style-type: none"> - Déterminer le poids du contenu (résidus de larves et de frass) de la boîte à éclosion après que la plupart des excréments ont été retirés - Bien mélanger ce contenu - Prélevez rapidement deux échantillons de 0,5 à 2 g ou en volume à l'aide d'un bouchon de bouteille - Notez le poids exact (net) des échantillons - Compter toutes les larves dans ces deux échantillons (voir méthodes de comptage) - Sur la base de ces résultats (moyenne), calculez le nombre de larves dans la boîte à nouveau-nés et enregistrez-le. 				
L-3A	Approche A : Mettre en place un récipient de la nurserie <ul style="list-style-type: none"> - Préparez trois lots de 10 000 larves - Versez la première portion (5 kg) dans un récipient. Ajoutez 50 g de son de riz sur les bords et au centre. Répétez l'opération pour l'autre récipient. - Ajoutez les trois lots de 10 000 larves sur le son de riz au centre de chacun des trois récipients - Étiqueter les contenants avec un autocollant indiquant la date du jour - Placez chaque récipient de la nurserie dans un récipient de collecte contenant une poignée de matière sèche (sciure) 				
L-3B	Approche B : Mettre en place un récipient de la nurserie <ul style="list-style-type: none"> - Préparez trois récipients de la nurserie - Versez la première dose (3 kg) dans chaque récipient. Ajoutez 50 g de son de blé sur les bords. 				

	<ul style="list-style-type: none"> - Répartir 30 000 larves adultes obtenues à partir de l'unité de croissance uniformément dans chaque contenant (10 000 par contenant) au milieu de l'alimentation. - Étiquetez les contenants avec un autocollant indiquant la date du jour. - Placez les récipients de la nurserie dans des boîtes plus grandes (récipients de collecte) contenant une poignée de matière sèche (par exemple de la sciure de bois) 				
L-4A	<p>Approche A : Nourrir les récipients de la nurserie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ajoutez la deuxième alimentation (7 kg) aux contenants de la nurserie qui ont été préparés il y a une semaine - Ajoutez 1 kg d'eau dans les contenants de la nurserie qui ont été préparés il y a deux semaines et celui d'avant. 				
L-4B	<p>Approche B : Nourrir les récipients de la nurserie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ajoutez 1 kg d'eau dans les contenants de la nurserie préparés la veille (3 ou 4 jours) 				
L-5	<p>Collection de pré-pupes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Récupérez les pré-pupes de tous les récipients de collecte qui ont au moins deux semaines - Tamiser la récolte avec un tamis de 4 mm - Pesez les pré-pupes collectées et notez-les sur la feuille de suivi. - Prélevez deux échantillons ponctuels de 40 g de toutes les pré-pupes collectées, comptez et déterminez le nombre de pré-pupes par gramme d'échantillon. - Calculez le nombre total de pré-pupes collectées à partir d'échantillons ponctuels et notez cette valeur. - Rassemblez toutes les pré-pupes dans un récipient de nymphose et étiquetez-le avec la date du jour. 				
L-6	<p>Démonter le récipient de la nurserie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vider le contenu du récipient de nurserie préparé il y a 2,5 semaines (5 jours ouvrables) dans l'unité de croissance - Mettre le récipient de côté pour le nettoyage 				